Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados

DIVERSIFICACIÓN 2015

MEMORIAS

CONFERENCIAS MAGISTRALES

A BRIEF LOOK AT THE STRUCTURE OF THE SOUTH AFRICAN SUGAR INDUSTRY

PANORÁMICA DE LA ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA AZUCARERA SURAFRICANA

Coenraad C.A. Labuschagne and Pierre Venter
Department of Finance and Investment Management, University of Johannesburg, PO Box 524, Auckland Park 2006, Johannesburg, South Africa
coenraad.labuschagne@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this paper is to provide a glimpse of the South African Sugar Industry, of how it is organized and who the major role players are.
Keywords: Sugar, South African Sugar Association, South African Cane growers' Association, South African Miller's Association, land reform, labor, production, export.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proporcionar una visión de la industria azucarera surafricana, cómo está organizada y quiénes son sus principales exponentes.
Palabras claves: Azúcar, asociación azucarera surafricana, asociación surafricana de cultivadores de caña de azúcar, asociación surafricana de productores de azúcar, reforma agraria, mano de obra, producción, exportación.

INTRODUCTION

The South African sugar industry is a R12 billion industry, which is a highly ranked producer of top quality sugar at a cost-competitive rate. It contributes to the economic growth and development of South Africa and the South African Customs Union (SACU) region by its agricultural and industrial investments, foreign exchange earnings and creation of job opportunities. This diverse industry combines sugarcane cultivation with production of raw and refined sugar, syrups, by-products and co-products. It is an industry that has the potential to be a producer of renewable energy, bio-fuels and bio-plastics.

The industry is a major provider of employment, creating approximately 79 000 direct jobs, which represents over 11% of the total agricultural workforce in South Africa. Indirect employment is estimated at 350 000 jobs. Approximately one million people or 2% of South Africa's population depend on the sugar industry for a living. The industry contributes to sustainable socio-economic development in South Africa, in particular, in rural areas. The industry contributes to skills-development by providing a diverse array of opportunities, which covers the whole spectrum from farm laborers to agricultural scientist.

The sugar industry contributes to land reform in South Africa. Land reform is a highly charged political and emotional issue in South Africa. The industry plays a role in changing land ownership imbalances of the past, in which white farmers owned most of the land. Prior to 1994, black ownership of land is estimated to be 5%. According to [4], the sugar industry has transferred 21% of freehold land under cane from white to black owners since 1994.

Organization of the Sugar Industry

Diagram 1. Organization of the Sugar Industry

Source: Researcher's own data

The industry consists of sugarcane production and the milling of sugar. The sugarcane producers are represented by the South African Cane Growers' Association (SACGA) and the sugar millers by the South African Millers Association (SASMA). These two organizations cooperate in and with the South African Sugar Association (SASA). The Council of SASA manages the partnership between the SACGA and SASMA. SASA is an autonomous organization which operates independent of the government. The sugar industry is self-governed, as guaranteed by the Sugar Act and the Sugar Industry Agreement, which also provide regulatory support for redistribution of proceeds to SACGA and SASMA.SACGA is a Section 21 Company (incorporated not for gain) which manages the interests of independent sugarcane growers.

Individual growers are members of a group of growers and the 26 grower groups make up the member organisations of SACGA. In each mill area, all member organizations are represented by a Local Grower Council. SASMA represents the interests of all sugar millers and refiners in South Africa. The members of SASMA are Illovo Sugar Limited, Tongaat-Hulett Sugar Limited, TSB Sugar RSA Limited, Glendow Sugar Company (Pty) Limited, UCL Company Limited and Umfolozi Sugar Mill (Pty) Limited.

The Sugar Supply Chain

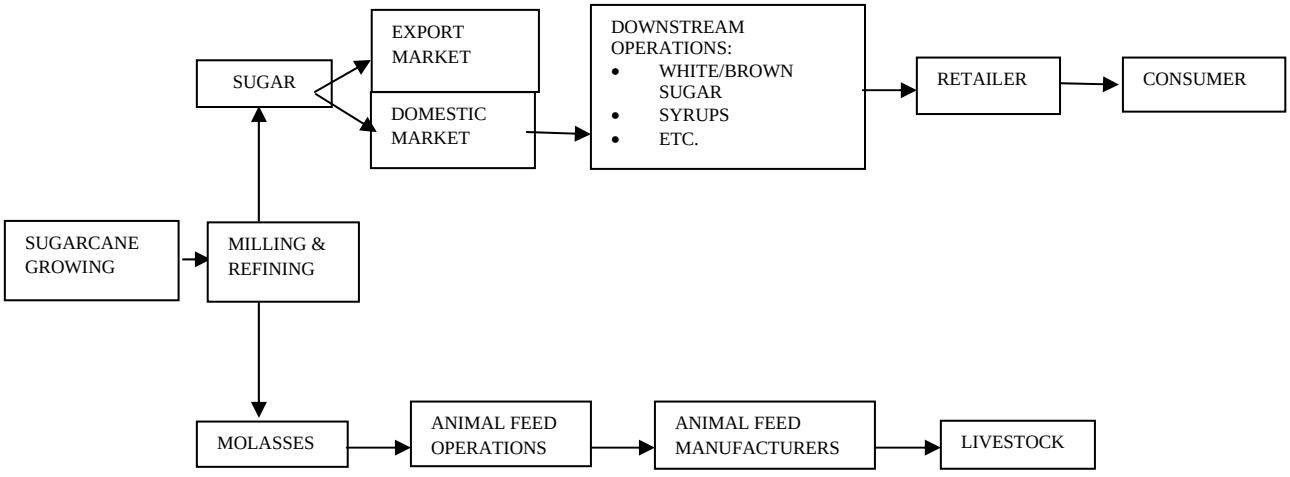


Diagram 2. The Sugar Supply Chain

Source: Researcher's own data

Sugarcane Growing

Sugarcane is a strategic crop for Kwazulu-Natal and Mpumalanga, as approximately 24 000 registered sugarcane growers farm in these two provinces of South Africa. This comprises nearly 50% of field crop gross farming income across the two provinces according to [4]. There is also some sugarcane growing in the Eastern Cape. According to FOASTAT estimates (see [1]), 267 000 Hectares of sugarcane was harvested in 2010. However, [4] reported 278 133 Hectares of sugar harvested for milling in 2010. Approximately 1413 large-scale growers produce 83.8% of the total sugarcane production, approximately 22 453 small-scale farmers produce 8.26% of the total crop, while the approximate remainder 7.94% of the crop is made up by the milling companies that own sugar estates.

The approximately 23 886 registered sugarcane growers annually produce on average 18.8 million tons of sugarcane from 14 mill supply areas, extending from Northern Pondoland in the Eastern Cape to the Mpumalanga in the Lowveld. Approximately 22 453 are small-scale growers, of whom 11 846 delivered cane last season, producing 8.26% of the total crop. With the growth of economic development and empowerment of previously disadvantaged people, the participation of black farmers in sugarcane production is constantly increasing.

Milling and Refining

According to [4], sugar is manufactured by six milling companies with 14 sugar mills operating in the cane-growing regions. There are 12 sugar mills in Kwazulu-Natal and 2 in Mpumalanga. Of the 12 mills in KwaZulu-Natal, Illovo Sugar Ltd and Tongaat-Hulett Sugar Ltd own four mills each, while TSB Sugar RSA Ltd, Gledhow Sugar Company (Pty) Ltd, UCL Company Ltd and Umfolozi Sugar Mill (Pty) Ltd own one mill each. The two mills situated in Mpumalanga are owned by TSB Sugar RSA Ltd. Four of the mills are known as *white end mills* as they produce their own refined sugar. One of the mills produces a range of other products which include ethyl alcohol and furfural and its derivatives. More than 7 000 people are employed by the milling sector.

Domestic and Export Market

The industry produces an average of 2.2 million tons of sugar per season. Approximately 75% of the sugar produced is marketed in SACU. According to [1, 4], approximately 25% of the sugar produced is exported to markets in Africa, Asia and the USA.The South African Sugar Terminal for export, which was built in 1965, is situated on Maydon Wharf, which is part of the Port of Durban (the busiest harbor in Africa). It provides storage and handling facilities for the South African Sugar Industry's export production of bulk raw and bagged (raw and refined) sugar. The unique Molasses Mixing Plant, which coats bulk raw sugar at the time of loading to produce variable levels of quality, as specified by the international buyers, is also housed in the Terminal. Sugar is also exported via the sugar terminal in Maputo, Mozambique, as Maputo is easily accessible from the sugar growing regions in Mpumalanga.

The value of the South African Rand has declined regularly and significantly against the U.S. Dollar - the currency of the world sugar price. Thus, it seems that if the world sugar price should decline significantly in the near future, the export price of sugar in rand terms will not decline at the same rate, cushioning the future South African export price of sugar (see [3]).

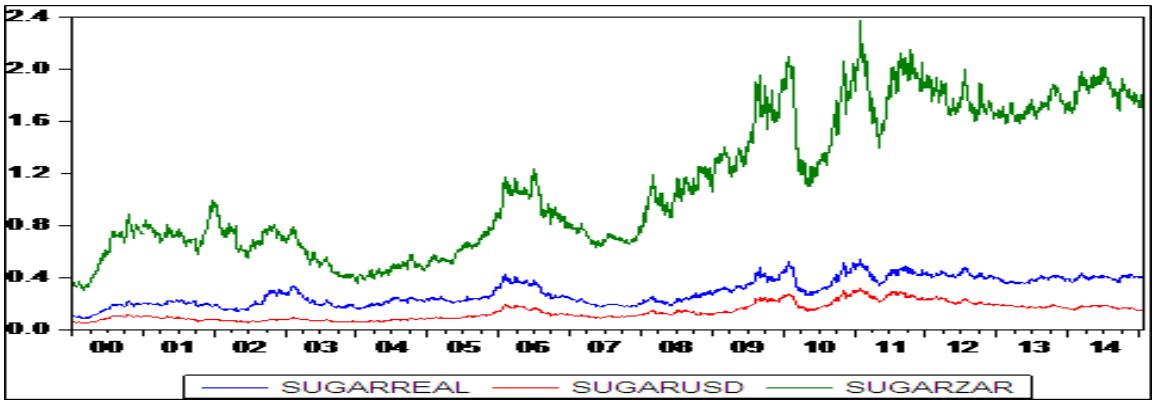


Figure 1: Historical sugar prices

Source: Researcher's own data

The graph seems to indicate that South African sugar exporters are better off than those from Brazil (for example) for the indicated period. This picture may be distorted as production costs are not taken into account. According to [3], exports are hampered by subsidy-induced overproduction in some major sugar-producing countries, and by high tariffs and preferential trade arrangements in the form of tariff rate quotas.

By-products and Co-products

The refining process yields sugar and molasses. From sugar, white and brown sugar, specialty sugars and syrups, and other downstream products are produced. Molasses is mainly channeled into livestock feed. South Africa is experiencing an energy crisis of epic proportions, with its major (and only) electricity supplier ESKOM in total disarray and probably close to declaring bankruptcy. Daily electricity blackouts have become a regular occurrence in a country where a few years ago, this was unheard of. The sugar industry has been investigated to supply alternative energy sources via by-products and co-products of sugar.

However, [3] concluded that it appears that the co-generation of electricity would be economically and financially viable and that it would benefit the mill owners, cane suppliers and rural population in general. The results of the analysis indicate that the production of electricity from sugar bagasse would be very lucrative and should be encouraged. One of the recommendation as contained in [3] is that the production of ethanol without Government support would not be financially viable.

CONCLUSION

South Africa is one of the world's most cost competitive producers of high quality sugar. The contributing factors to its success are efficient industry organization, world-renowned agricultural and industrial research platforms and an excellent export infrastructure. Profitable export to the world market is sometimes difficult due to price erosion by subsidy-induced overproduction in some major sugar-producing countries. Furthermore, high tariffs and preferential trade arrangements, in the form of tariff rate quotas, restrict access to the major markets for raw and refined sugar.

REFERENCES

[1] Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT) http://www.faostat3.fao.org [Accessed 5 May 2015]
[2] Growing the Sugar Industry in South Africa Document 1: Overview of the Sugar Industry in South Africa: Contribution to Social and Economic Development and Contentious Issues, 30 January 2013

http://www.namc.co.za/upload/Document%201%20Overview%20of%20Sugar%20Industry_%2012Feb2013%20FINAL.pdf [Accessed 5 May 2015]
[3] Growing the Sugar Industry in South Africa Document 5: Investigation and Evaluation of Alternative Uses and Products from Sugarcane: A Cost Benefit and MacroEconomic Impact Analysis, February 2013 http://www.namc.co.za/upload/Document%205%20Alternative%20Uses.pdf [Accessed 5 May 2015]
[4]South African Sugar Association (SASA) http://www.sasa.org.za [Accessed 5 May 2015]

PRESENTACIONES ORALES

ENERGÍA

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LA INTEGRACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOBUTANOL EN UNA DESTILERÍA AUTÓNOMA

ENERGETIC EVALUATION OF THE INTEGRATION OF BIOBUTANOL PRODUCTION PROCESS IN AN EXISTING DESTILLERY

Autores: Silva L, E E[a]; Escobar P, J C[a]; Vargas N, D L[a]; Martínez R, A M[a]; Almazán del O, O[b]

a. Núcleo de Excelencia en Generación Termoeléctrica y Distribuida (NEST, Brasil); b. Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA, Cuba). Email: Escobar (jocescobar@gmail.com), Martínez (ammr451111@yahoo.es), Silva (esl43@yahool.com), Almazán (oscar.almazan@icidca.azcuba.cu).

RESUMEN

En este trabajo se realiza un análisis energético del proceso de producción de bioetanol, utilizando el bagazo como materia prima en una destilería autónoma convencional, mediante la modelación del sistema en el software HYSYS v 6.0, determinándose los consumos energéticos y de agua, para dos escenarios: destilería convencional de bioetanol y con la integración del proceso de producción de biobutanol. Se consideraron las diferentes etapas del tratamiento del bagazo, y otros procesos. Los resultados muestran un incremento en los consumos energéticos de (54,7 MJ/l) debido a las etapas de pre-tratamiento del bagazo y la purificación del biobutanol, y un consumo de agua de 3.0 t agua/t caña. Por otro lado, la integración de los procesos y la diversificación de los productos condujeron a un aumento del aprovechamiento de la energía primaria de la caña de 58 %, un potencial de electricidad generada de 146 kWh/t caña, y una productividad energética de 248 GJ/ha de caña cultivada.
Palabras claves: Biobutanol, bioetanol, biorefinería

ABSTRACT

The objective of this study is to perform an energetic analysis of the integration of the biobutanol production from bagasse in a bioethanol distillery. The proposal includes process simulation on *Hysys 6.0* software to obtain mass and energy balances. By the energy consumption side, were simulated the alternative solvents recovery, characterized by high energy consumption on distillation process. This study proposes a comparison, from the energy point of view, between a conventional bioethanol distillery and the same distillery with biobutanol process integration. Those scenarios will have a cogeneration system to supply heat and power. This analysis showed high energy consumption (54,7 MJ/L) during the bagasse treatment and biobutanol purification stage and high consumption of water (3.0 t water/t cane) in substrate washing and hydrolysis. A process integration and product diversification lead to rise of 58% of primary energy from sugarcane, 146 kWh/t cane of energy generated and 248 GJ/he of liquid energy productivity.
Key words: Biobutanol, bioethanol, biorefinery,

INTRODUCCIÒN

Los trabajos de I&D sobre la conversión energética de materias primas lignocelulósicas permitirán la expansión de la producción de biocombustibles con una perspectiva sustentable, ofreciendo ventajas de seguridad energética, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como de la polución del aire (Elbehri y otros, 2013).

En años recientes, existe gran interés en la producción de biobutanol como combustible, utilizando bagazo de caña, como es el caso de una planta de 100 000 t/año, en Brasil (Silva y otros, 2012).
Por otro lado, el biobutanol es uno de los alcoholes refinados de mayor comercialización en el mundo de la industria química para solventes, pinturas y adhesivos (Yuan y Hui-feng 2012).
El biobutanol, respecto al bioetanol, presenta mayor poder calorífico (30 % más), baja afinidad con el agua (disminuye la corrosión), puede utilizarse en los motores de combustión interna con una relación aire/combustible similar a la de la gasolina, las destilerías de bioetanol pueden ser adaptadas para incorporar la producción de biobutanol, con bajo costo y flexibilidad, lo que evidencia la importancia de los estudios en torno a la obtención del mismo, de lo que forma parte el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio de la producción de biobutanol se realiza mediante la modelación y simulación con el software HYSYS v 6.0 y considera dos escenarios. Escenario 1: una destilería convencional que tiene como productos: vinaza, bioetanol anhidro y bioetanol hidratado. Escenario 2: se analiza la incorporación a dicha destilería, de una planta en la que el bagazo y la paja excedentes se someten a un pretratamiento, se realiza el proceso de hidrólisis enzimática, luego la fermentación y – por último – la destilación, obteniéndose biobutanol y acetona, en tanto que parte del bagazo se deriva hacia el sistema de cogeneración (Escobar y otros, 2011), (Dias y otros, 2013).
Los cálculos se realizan para 500 t/h de caña y el sistema de cogeneración con 85 bar y 480 °C en la entrada a la turbina y 0,1 bar en el condensador, tiene 3 extracciones, a diferentes presiones del proceso productivo y otra para el desaereador.
Los principales indicadores para evaluar el efecto de la integración de la planta de biobutanol son: la eficiencia global, que es la energía obtenida en los productos y los excedentes, respecto a la contenida en la caña, y que se determina por la productividad energética del cultivo de ella (7,3 GJ/t caña) y la productividad agrícola (68,9 t caña/ha), según (Leal, 2010); el potencial de generación de energía eléctrica y el consumo de agua.
La productividad de energía líquida por hectárea (GJ/ha) es la variable que representa la fracción de la energía de la caña que fue efectivamente convertida en energía en los productos de la planta (etanol, butanol, electricidad, etc).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los principales resultados de los consumos de combustible y de vapor obtenidos en la simulación de la planta para el Escenario 2, así como de las cantidades de productos y residuos, todos referidos a cada tonelada de caña.
Los dos procesos de mayor consumo de vapor fueron el pretratamiento con explosión de vapor y la destilación para la purificación del biobutanol (193,7 y 140,3 kg/t caña, respectivamente).
La eficiencia global en el Escenario 1 fue de 41 %, a lo que corresponde una productividad energética de 174 GJ/t caña, y la electricidad generada 174,5 kWh /t caña; mientras que en el Escenario 2 la eficiencia es 58, 2 % y la generación eléctrica es de 146,5 kWh/t caña, lo que conduce a una productividad en el cultivo de 248 GJ/ t caña.
El consumo de agua es uno de los problemas fundamentales cuando se analizan ambos escenarios, ya que para la destilería convencional es de 0,5 t agua/t caña y para el sistema ya integrado alcanza 3,0, debido – principalmente – a la hidrólisis de la celulosa, que consume más del 60 % del total. Según el protocolo agroambiental del sector sucroalcoholero del estado de São Paulo, Brasil, el consumo de agua en los centrales azucareros no debe superar 1,45 t/t caña (Salazar, 2012), por lo que en el escenario 2 se duplica ese consumo

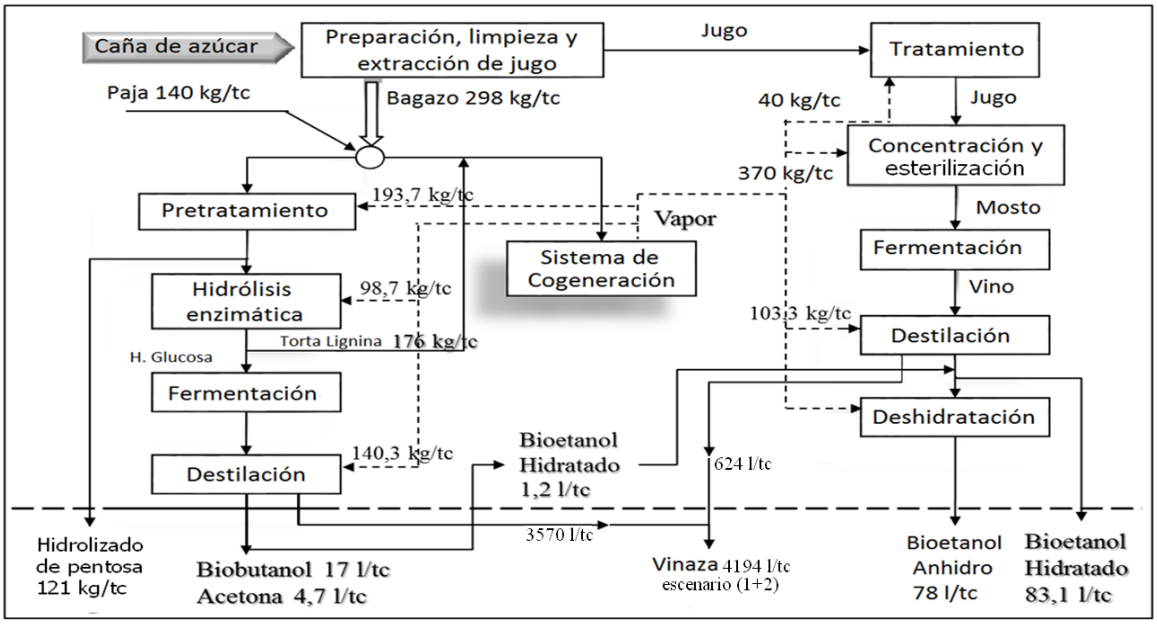


Figura 1 Esquema de los insumos, consumos y productos de los procesos de la planta integrada

La figura 2 muestra el diagrama de Sankey del Escenario 2 con la distribución de la energía proveniente de la caña de azúcar y los procesos de conversión de los principales productos y los porcentajes que representan de la energía disponible de la caña de azúcar.

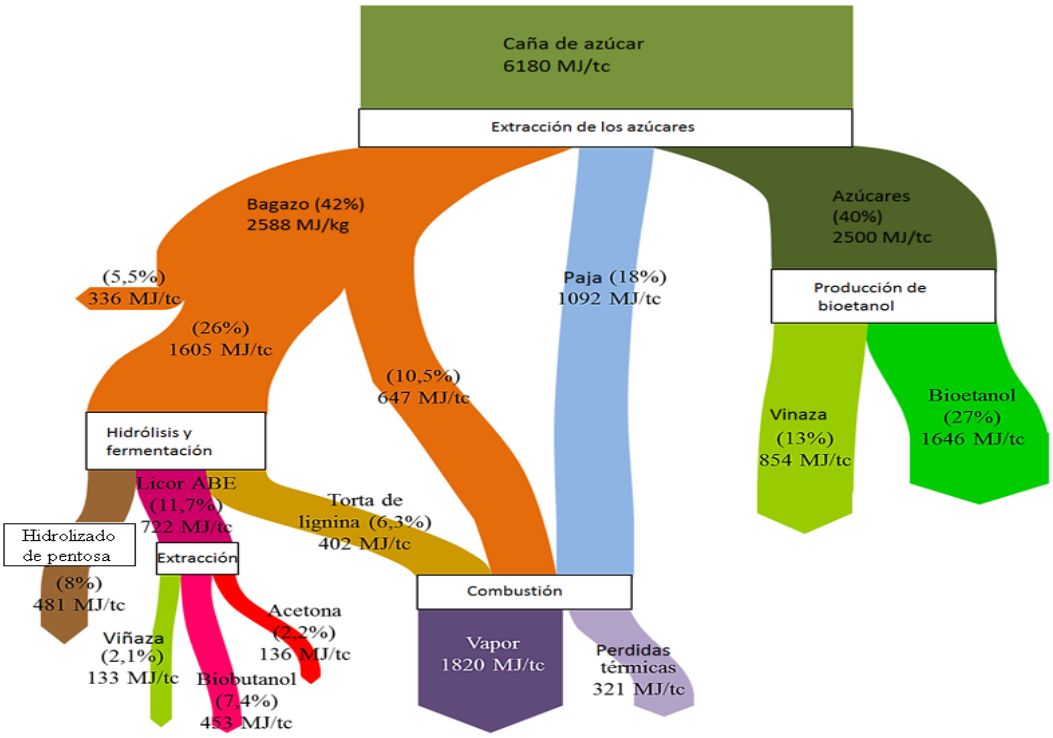


Figura 2 Diagrama de Sankey de la conversión de la energía primaria de la caña en energía útil de los productos y las pérdidas térmicas

Estos resultados evidencian que la diversificación del proceso permite una mayor utilización de la energía primaria en la transformación a energía secundaria útil, cuyo valor es superior a 34 %.
Se observa que la torta de lignina contribuye como combustible con el 6,3 % al sistema de cogeneración y que la energía de los diferentes componentes de la vinaza (15 %) podría ser reutilizada en los cultivos.
La inclusión del proceso de producción de biobutanol representó un aumento de 20% en la utilización de la energía contenida en la materia prima.

CONCLUSIONES

La simulación efectuada en HYSYS v 6.0 de la producción de bioetanol y biobutanol permitió estimar los balances de masa y energía, donde se destacan los consumos energéticos y de agua en el Escenario 2, por causa del pretratamiento del bagazo.
El biobutanol y el bioetanol representan, en conjunto, el 34 % de la energía primaria de la caña, lo cual es una cifra satisfactoria, ya que el primero constituye un 20 % más en el aprovechamiento de la energía de la materia prima. La eficiencia global mejora en un 17 % para el Escenario 2 respecto al 1, aunque desde el punto de vista de consumo de agua es seis veces mayor.
Los resultados generales confirman la posibilidad de la integración de plantas de biobutanol a las refinerías convencionales existentes, desde el punto de vista energético

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Pesquisas Científicas (CNPq), a la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES) y a la Fundación de Apoyo y Pesquisas de Minas Gerais (FAPEMIG), de Brasil, por el financiamiento de los trabajos de investigación cuyos resultados se reportan en este artículo

REFERENCIA

1. Elbehri, A; Segerstedt, A; Liu, P (2013), Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstock. Rome, Italy, pp, 188
2. Escobar, J C; Lora, E S; Venturini, O J; Santos, V A; Renó, M L (2011), Cogeneration options for improving the competitiveness of a cane-based ethanol plant in Brazil. International Sugar Journal, 113(0000), pp, 56–62.
3. Dias, M O S; Junqueira, T L; Cavalett, O; Cunha, M P; Jesus, C D F; Mantelatto, P E; Bonomi, A (2013). Cogeneration in integrated first and second generation ethanol from sugarcane. Chemical Engineering Research and Design, 91(8), pp, 1411–1417.
4. Leal, M R L V (2010). Cana energia. In CGEE (Ed.), Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo, SP. Blucher, pp, 751–760
5. Salazar, K J M (2012). Uso de água e análise exergética na produção integrada de etanol de primeira e segunda geração a partir de cana de açúcar (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campinas, UNICAMP.
6. Silva Lora, E E; Almazan del Olmo, O; Vargas Nuncira, D L (2012), Biobutanol: La marcha hacia el futuro de los biocombustibles. Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba, *73*(2), pp, 33–36.
7. Yuan, L I U; Hui-feng, X U E (2012), OXO Market Supply and Demand Forecast & Investment Economic Analysis. Finance Research, *1*(2), pp, 1–7.

REGULACIONES PARA EL USO DEL ETANOL COMBUSTIBLE
REGULATIONS FOR FUEL ETHANOL USE

Autora: Marianela Cordovés Herrera

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
marianela.cordoves@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen algunas de las políticas y regulaciones adoptadas por países seleccionados dirigidas al uso del bioetanol como combustible en el transporte automotor, para disminuir la contaminación atmosférica producida por los combustibles fósiles. Estas regulaciones abarcan desde las materias primas utilizadas para la producción del bioetanol hasta aquellas que se dirigen a su comercialización en el mercado nacional e internacional.
Los países seleccionados son los EEUU y la Unión Europea, dos de los mayores productores, exportadores e importadores de bioetanol a nivel mundial.
PALABRAS CLAVE: bioetanol, regulaciones, producción, comercialización

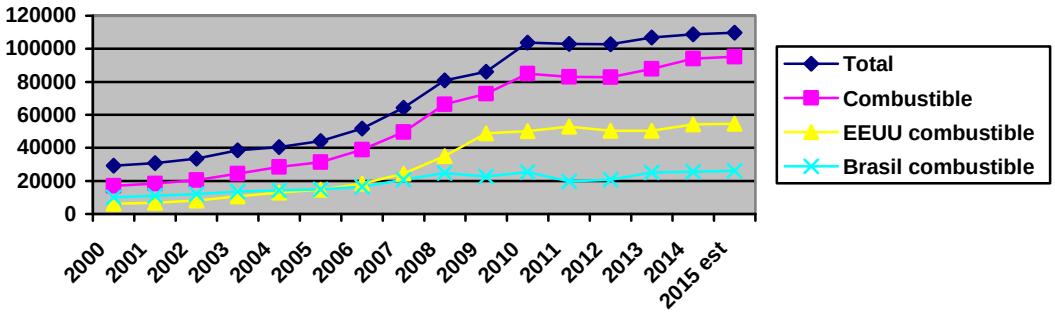
ABSTRACT

This paper refers to some of the policies and regulations adopted by the selected countries directed to the use of bioethanol as fuel in the automotor transport to diminish atmospheric contamination produced by fossil fuels. These regulations cover from raw materials for producing ethanol, to those concerning its commercialization in domestic and international markets.
Selected countries are United States of America and the European Union, two of the main producers, exporters and importers of bioethanol at worldwide level.
KEY WORDS: bioethanol, regulations, production, marketing

INTRODUCCIÓN

Las preocupaciones y evidencias existentes a nivel mundial relacionadas con la contaminación ambiental, el efecto invernadero, el cambio climático y sus efectos, han urgido a los gobiernos y factores nacionales e internacionales a proponer y tomar una serie de medidas que conllevan a la prevención, disminución y, en el mejor de los casos, a la eliminación de las causas que los motivan. Algunas soluciones para la contaminación atmosférica llevaron al uso de los biocombustibles para el transporte automotor lo que a su vez provocó el debate sobre las características alimenticias y costos de las materias primas empleadas en su obtención, lo que se intensificó a nivel mundial a partir del año 2007 y siguientes.
Entre los biocombustibles líquidos que mayor utilización han alcanzado en el mundo se encuentra el bioetanol o etanol combustible que se emplea en mezclas con gasolina (etanol anhidro) en automóviles que no necesitan adaptaciones del motor; y el etanol hidratado que se emplea en autos especialmente diseñados y en los flexifuel, introducidos en el año 2003 en Brasil. Los niveles alcanzados en la producción y utilización del etanol combustible en países como por ej. los Estados Unidos y Brasil [1], los mayores productores y exportadores, han sido por la política de apoyo gubernamental adoptada inicialmente por esos países, en forma de regímenes fiscales favorables: subsidios, exención de impuestos u otros incentivos, para hacer al etanol competitivo con el precio del combustible que sustituye y así contribuir con la disminución de la contaminación ambiental provocada por los combustibles fósiles, mediante el empleo de una materia prima renovable.

Fig. 1
PRODUCCIÓN DE ETANOL (MM de L) [1]



Se ha establecido que los beneficios ambientales de la utilización del bioetanol en relación con los combustibles fósiles son superiores, porque las emisiones de gases de escape y vapores de combustible son menos tóxicas, así como porque la emisión de dióxido de carbono (CO_2) resultante del proceso de producción y uso del producto, principal responsable de la intensificación del efecto invernadero, la puede absorber la caña de azúcar a través del proceso de fotosíntesis [2].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la búsqueda de alternativas que disminuyan la emisión de gases de efecto invernadero, que no utilicen materias primas alimenticias, y que prohíban o regulen el desvío de tierras para la producción de biocombustibles, cabe destacar por su importancia tres regulaciones adoptadas por los Estados Unidos y la Unión Europea que afectan a la industria mundial de los biocombustibles, y por ende a la del bioetanol [3].
El objetivo final de estas tres regulaciones es el de proporcionar un marco de referencia para distinguir entre combustibles sostenibles y no-sostenibles, previéndose que las mismas tengan amplios efectos en los flujos comerciales:

a) La Guía para la Implementación del Estándar para Combustibles Renovables 2007 (RFS por sus siglas en inglés), de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU.
b) El Estándar de Combustible de Bajo Carbono (LCFS por sus siglas en inglés), de California, EEUU.
c) La Directiva de Energía Renovable (RED por sus siglas en inglés), de la Unión Europea.

A continuación se presenta un resumen de las citadas regulaciones y directivas relacionadas con las mismas:

a) **Estándar de Combustible Renovable (RFS)** de los Estados Unidos (EEUU) [4]

- Constituye un conjunto de normas que regula la producción y utilización de biocombustibles en el país, se estableció en el 2005 expandiéndose (RFS2) en el 2007. Bajo la ley, los refinadores e importadores de gasolina y diésel son requeridos a mezclar combustibles renovables en proporción al volumen de gasolina y diésel vendidos, de acuerdo con los niveles establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para cada año calendario. Estos volúmenes son llamados Obligaciones de Volumen de Renovables (RVO) y se expresan en porcentajes. Existen cuatro requerimientos en el RFS interrelacionados bajo una estructura: (1) combustibles renovables totales, (2) biocombustibles avanzados, (3) diésel en base a biomasa y (4) biocombustibles celulósicos (ver Tabla I).
El RFS2 de la Ley de Seguridad e Independencia Energética (EISA) de 2007 obliga a aumentar en Estados Unidos la proporción de carburantes que provienen del etanol o de otras fuentes renovables. El RFS2 hace

responsables a los mezcladores individuales por su parte del mandato, adjudicándoles obligaciones de consumo de renovables (RVO) que deben satisfacer adquiriendo números de identificación de renovables (RIN). A cada litro de etanol producido se le asigna un RIN. Al adquirir etanol y mezclarlo con la gasolina los mezcladores adquieren RIN que luego pueden utilizar para demostrar que han satisfecho sus RVO. Los RIN pueden comercializarse [5].

Tabla I [6]
ESTÁNDAR DE COMBUSTIBLE RENOVABLE (RFS)

Estados Unidos: Estándar de Combustible Renovable (mil MM de litros)												
AÑO	A: Requisito de combustible renovable total		B: Biocombustible convencional (etanol de maíz)		C: Biocombustibles avanzados		D: Biocombustibles celulósicos		E: Biodiesel		F: Otros biocombustibles avanzados	
	A= B+C				C=D+E+F							
	EISA 2007	EPA 2015	EISA 2007	EPA 2015	EISA 2007	EPA 2015	EISA 2007	EPA 2015	EISA 2007	EPA 2015	EISA 2007	EPA 2015
2014	68,70	60,30	54,50	50,15	14,19	10,14	6,62	0,12	3,79	6,17	3,79	3,85
2015	77,59	61,70	56,78	50,72	20,82	10,98	11,36	0,40	3,79	6,43	5,68	4,14
2016	84,22	65,86	56,78	52,99	27,44	12,87	16,09	0,78	3,79	6,81	7,57	5,28
2017	90,84	n.a	56,78	n.a.	34,07	n.a.		n.a	3,79	7,19	9,46	n.a.
	Fuente: EPA											

Nuevas directrices emitidas en el 2007, establecieron que el biocombustible producido en nuevas instalaciones – inclusive el etanol de maíz, azúcar, plantas y otras fuentes - tiene que alcanzar una reducción de por lo menos 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con las de la gasolina tradicional [7]. También como parte del Estándar de combustible Renovable, se exige el registro y aprobación de las destilerías que pretenden exportar su producto para los EEUU [8].

La Agencia Americana de Protección Ambiental (EPA) clasificó al etanol producido a partir de la caña de azúcar como un biocombustible avanzado, que reduce la emisión de dióxido de carbono (CO_2) en 61% comparado con la gasolina [9]. Los biocombustibles avanzados tienen que conseguir unas emisiones de gases de efecto invernadero en todo su ciclo vital que sean al menos 50% inferiores a las de la gasolina.

b) Estándar de Combustible de Bajo Carbono (LCFS) de California, EEUU

- Este Estándar [4], aprobado por el Consejo de Calidad del Aire de California (California Air Resources Board o CARB por sus siglas en inglés) y que está vigente desde el 1ro de enero del 2011, requiere que los refinadores, manufactureros, e importadores de combustible vendido en el estado, reduzcan la concentración de carbono en sus productos en un 10% para el 2020. Los cálculos sobre la intensidad del carbono de los biocombustibles para el transporte incluyeron el cambio indirecto del uso de la tierra (ILC) [10]. En contraste con la Directiva Europea, este enfoque significa, por ej., que menos cantidad de alcohol de caña, en comparación con el de maíz, sería necesario para alcanzar idénticos ahorros de gases de efecto invernadero (GEI).

Dentro de la regulación aprobada por el Consejo de Calidad del Aire de California (California Air Resources Board o CARB por sus siglas en inglés) el etanol brasileño de caña también es reconocido como producto de bajo carbono, necesario en aquel estado norteamericano conocido por su posicionamiento más audaz cuando involucra cuestiones ambientales.

Tanto en el caso de la EPA, como en el de CARB el registro y aprobación de las usinas es un proceso simple que puede ser completado en gran parte “on-line” a través de los sitios de las dos entidades.

c) Directiva de Energía Renovable (RED) de la Unión Europea (UE)

- La Directiva de Energía Renovable (RED) [4] obliga a usar “combustibles sostenibles certificados” en los Estados miembros de la Comunidad, por lo que los criterios de sostenibilidad están en el corazón de la parte de biocombustibles de la RED. Estos criterios tienen tres elementos:
- Ahorros mínimos obligatorios (35%) de gases de efecto invernadero (GEI),
- Restricciones en el uso de la tierra para el incremento de los cultivos destinados a biocombustibles,
- Estándares sociales que deben cumplirse.

La "certificación verde" se exige para tener la seguridad de estar adquiriendo biocombustibles producidos de forma ecológicamente correcta. Siete sistemas de certificación voluntaria para garantizar que los biocombustibles sean ambientalmente sustentables y ecológicamente correctos fueron aprobados por la Unión Europea (UE). Con el producto la UE pretende reducir en 20% las emisiones de carbono para el 2020. Las certificaciones serán suministradas solo a biocombustibles que emiten de la producción a la utilización, como mínimo, 35% menos gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. El porcentual va a aumentar a un 50% para el 2017 y un 60% para el 2018 [11].

El 28 de abril del presente año el Parlamento Europeo aceptó el texto transaccional final propuesto por el Consejo sobre la reforma de la RED que limita al 7% el uso de biocarburantes de “primera generación” en el transporte para 2020. Bajo la actual legislación de la UE los renovables deben representar al menos el 10% del consumo de energía en el transporte para el año 2020. Se espera que el voto del Parlamento Europeo que modifica la actual legislación europea sobre biocarburantes sea ratificado por el Consejo de la UE en junio, poniendo fin a un procedimiento legislativo que se ha prolongado durante 3 años [6].

CONCLUSIONES

A nivel mundial se han adoptado políticas y promulgado leyes que definen el marco legal que regula la producción y uso de biocombustibles en el transporte automotor implementándose mandatos para el consumo de los mismos. Adicionalmente, países importadores están exigiendo a los exportadores, que el etanol producido cumpla determinados estandares de calidad y posea certificación que garantice la producción ecologicamente correcta de la materia prima utilizada para la producción del biocombustible.

REFERENCIAS

1.- World Ethanol Production Estimate 2015. F.O.Licht GmbH, 2014, Vol.13, No.4; World Fuel Ethanol, ISO, Quarterly Market Outlook, 2015, MECAS (15)10, 31-40**.** ISSN 1994-4969

2.- Producción y uso del etanol combustible en Brasil. Respuesta a las preguntas frecuentes. Sao Paulo, Brasil: UNICA, 2007. 72 pág.

3.- World Ethanol and Biofuels Report, F.O.Licht´s, Vol.7, Nº19/09.06.2009, pág. 387

4.- Part 2: Fuel Ethanol Policy and Outlook in Key Markets, Government Fuel Ethanol Policy, ISO, 2014 MECAS (14)18, 13-38

5.- Perspectiva trimestral de Mercado, OIA, MECAS (12) 21, noviembre 2012

6.- OIA, Informe de Mercado y Resumen de prensa, MECAS (15)07, abril 2015, pág. vi

7.- The New York Times, Jornal Cana 12/02/2010

8.- Informe de Mercado y Resumen de Prensa OIA, MECAS (10)16, , Set 2010

9.- O Estado de São Paulo 04/02/2010; ONLINE INFORMA Año VI, Nº 351/Belo Horizonte/ 04 de Fevereiro de 2010

10.- Market Report & Press Summary, ISO, MECAS (11)02, 2011, pág vii

11.- JornalCana 08/07/2011

LA GENERACION Y USO DEL HIDROGENO PARA EL SUMINISTRO DE CAÑA A LA INDUSTRIA AZUCARERA
GENERATION AND HYDROGEN USE FOR SUPPLYING SUGAR CANE TO FACTORIES

Dr. Ing. Antonio Valdés Delgado

CUBAENERGIA
avaldes@cubaenergia.cu

RESUMEN
Tecnologías disponibles actualmente posibilitan generar en fabricas de azúcar más de 100 kW-h de energía eléctrica por toneladas de caña procesada. Una fábrica de azúcar consume entre 25-30 kW-h/ton caña, por lo que pudiera existir una disponibilidad de energía eléctrica de unos 75 kW-h/ton caña.
Siendo la electrólisis una de las tecnologías disponibles para la obtención de hidrógeno, significa la posibilidad de producir este combustible en una fábrica de azúcar. Se analizan alternativas de producción de hidrogeno que posibilitan disponer del combustible necesario para el suministro de la caña a las fábricas.
Palabras clave: Cogeneración, generación, hidrogeno, electrolisis.

ABSTRACT
Actual technologies allows generation of more than 100 kW-h of electric energy per ton of processed cane. A sugar factory consume between 25-30 kW-h/ton cane, so it is possible to achieve a surplus of around 75 25-30 kW-h/ton cane
One of available technologies to produce hydrogen is by electrolysis which signifies the possibility of its production at sugar factories. Alternatives for hydrogen production are analyzed for allowing a disposal of the necessary fuel to supply the sugar cane to factories.
Key words: Cogeneration, generation, hydrogen, electrolysis

Introducción

Las tecnologías energéticas disponibles en la industria azucarera de la caña de azúcar posibilitan producir más de 100 kW-h por toneladas de caña procesada; si se utilizan además los residuos agrícolas de la cosecha este valor casi se puede duplicar. (1).
La fábrica de azúcar consume de 25 - 30 kW-h / ton caña, (2), luego se puede apreciar como existe una disponibilidad de energía eléctrica hasta de 75 kW-h / ton caña. En instalaciones actuales esta energía se entrega a la red nacional para suplir necesidades de la población o de otras industrias.
Siendo la electrólisis una de las tecnologías disponibles para la obtención de hidrógeno, significa la posibilidad de producir este combustible a partir de la electricidad generada en una fábrica de azúcar. Este trabajo analiza la posibilidad de satisfacer las necesidades de combustible automotor de la fábrica de azúcar a partir del uso del hidrógeno producido por electrólisis; (3). la energía eléctrica empleada se obtiene de su sobrante del proceso de producción del azúcar.

Materiales y métodos

Alternativas organizativas y tecnológicas.

Estudios de un caso: La posibilidad de sustituir el combustible fósil en el transporte de la caña, a partir del uso del hidrógeno, (4). (5). producido utilizando la energía eléctrica generada en la fábrica de azúcar, para

ello se analiza una fábrica con una capacidad de procesar 10 000 toneladas de caña, un período de cosecha de 180 días y un rendimiento de 80 toneladas de caña por hectárea.

I.- Etapa de cosecha.

Se considera un sistema de cosecha con un suministro directo de caña a la fábrica (TD) por medio de camiones se estima una distancia máxima de 12 kilómetros de transportación. Se emplean camiones con capacidad de carga de 10 toneladas y un remolque con similar capacidad, para un total de 20 toneladas por viaje-camión y un consumo de diesel de 0.55 litros/kilómetro. (6).

Considerando la distancia media de 12 kilómetros, significa un recorrido de 24 Km / viaje-camión y considerando la capacidad de caña procesada diariamente, significa un recorrido total diario de 12 000 kilómetros. Sobre la base del consumo fijado, se necesitan 5.6 toneladas de diesel diariamente, o sea, 1 008 ton/zafra. En la tabla I se exponen los datos recopilados .

Tabla I. Consumo combustible para la transportación de caña a la fabrica de azúcar.

Sistema	Distancia a recorrer por camión día (km)	Consumo de combustible camiones (ton / zafra)
Tiro Directo	12 000	1 008

II.- Etapa de generación de electricidad.

En el caso considerado se analizan cuatro valores de presión: 28, 42, 56 y 84 kg/cm^2, con una presión de escape o extracción de 1.8 kg/cm^2. (7). En la tabla II se muestra la cantidad de energía eléctrica posible de producir para un consumo de 50 kg vapor/ton caña en el proceso tecnológico, empleando un turbogenerador de contrapresión y una generación de vapor de 2.0 ton / ton bagazo.

Tabla II. Cantidad de energía eléctrica producida

Presión de vapor (kg /cm^2)	Energía eléctrica generada	
	kW-h	kW-h/ton caña
28	21 157	50.7
42	25 728	61.7
56	28 470	68.3
84	32 012	76.7

Se puede observar como se producen incrementos significativos en la generación por el efecto del aumento en la presión de vapor.

III.- Etapa de producción y consumo de hidrógeno.

La producción de hidrógeno por el procedimiento de la electrólisis consume unos 5 kW - h / m^3 . (8). La cantidad necesaria para el caso en estudio se expone en la tabla III.

Tabla III. Hidrógeno necesario para el sistema de cosecha estudiado.

Sistema cosecha	Cantidad total diesel		Hidrógeno necesario	
	ton / día	ton / zafra	m^3/día (10^3)	m^3/zafra (10^6)
Tiro Directo	5.6	1 008	19.96	3.59

La energía eléctrica necesaria para satisfacer la producción del hidrógeno, se expone su consumo en tabla IV.

Tabla IV. Energía eléctrica necesaria para producir el hidrógeno empleado .

Sistema	Consumo de energía eléctrica	
	MW / día	GW / zafra
Tiro Directo	99.8	17.96

En relación con la cantidad de energía eléctrica que se necesita consumir en función de la cantidad generada y considerando las alternativas estudiadas se muestran en la tabla V las magnitudes de esta energía. Es de señalar que se establece un consumo de 30 kW-h / ton caña para la producción del azúcar.

Tabla V. Cantidad de energía eléctrica consumida para la generación **de** hidrógeno del total producido para las alternativas estudiadas.

Presión de vapor	Energía eléctrica			Cantidad consumida en la producción del hidrógeno del disponible de la producción de azúcar
	Generada	Disponible a partir	del consumo	
		en fábrica de azúcar	en la producción de hidrógeno	
(kg/cm2)	MW / día	MW / día	MW / día	(%)
28	507.8	207.8	108.0	48.0
42	617.5	317.5	217.7	31.4
56	683.3	383.3	283.5	26.0
84	768.3	468.3	368.5	21.3

IV.- Incidencia del uso del hidrógeno sobre la producción de gases del efecto invernadero.

El hidrógeno usado en motores de combustión interna produce como residual el vapor de agua no aportando gases que contribuyan al efecto invernadero; la sustitución del combustible fósil - el diesel - que consumen los camiones para la transportación de la caña usando este combustible ecológico permite eliminar el envío de estos gases a la atmósfera.

Conclusiones:

La cantidad de energía eléctrica que se genera en una fábrica de azúcar de caña es suficiente para cubrir sus propias necesidades y se puede obtener una cantidad adicional para generar un combustible automotor: el hidrógeno.
La cantidad de combustible necesario para la transportación actual de la caña indica cifras tales que empleando solo una parte de la energía eléctrica que se puede producir en la fábrica de azúcar en la generación de hidrógeno, se puede satisfacer totalmente las necesidades de combustible para la transportación de la caña.

Referencias bibliograficas:

1. Valdes A Alternativas generación y cogeneración de energía eléctrica. Memorias Seminario Energía en la Industria del Azúcar y el Alcohol Itajuba Brasil (2004) Julio
2. Hugot E. Handbook of cane sugar engineering. Durod, París 1970 pág. 949
3. Valdes A. La potencialidad de la biomasa cañera para la producción de hidrogeno. HYPOTHESIS VI Symposium Internacional La Habana Cuba (2005) Mayo
4. Agro energía Un Desafío para Chile Valdes A. Capitulo X Generación y almacenamiento de Hidrogeno Fuentes Alternativas y Potencial p. 121-136 Universidad de Chile Serie Ciencias Agronómicas (2006) No 11
5. Valdes A Alternativas para la producción de Hidrogeno a partir de la industria azucarera. HYPOTHESIS VII Symposium Internacional . (2007) Ciudad de Mérida, México
6. Valdes A. Generación y uso del Hidrogeno para el suministro de la caña a la industria azucarera. Memorias de la XII Conferencia Mundial del Hidrogeno como Combustible. (1998) Argentina..
7. Valdes A. La cogeneración en industrias de la caña de azúcar. Experiencias y perspectivas. Memorias Jornadas Iberoamericanas. Antigua . (2006) Guatemala
8. Arguimbau F. Combustible y combustión. De. José Monteso, Barcelona, 1950 pág. 328.

PELLETS DE BAGAZO Y PAJA DE CAÑA. UNA OPORTUNIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA Y LA EXPORTACIÓN.
SUGAR CANE BAGASSE AND STRAW PELLETS. AN OPPORTUNITY FOR THE GENERATION OF ENERGY AND EXPORT.

Alejandro J. Abril González[1], Marlen Ramil Mesa[2]

[1]Dr. C. Director de Gestión del Conocimiento. ICIDCA. alejandro.abril@icidca.azcuba.cu
[2]MSc. Jefe del Departamento de Tecnología Azucarera. ICIDCA. marlen.ramil@icidca.azcuba.cu

Resumen
Los pellets son una de las tres formas empleadas en la actualidad para la densificación de los residuos agrícolas y forestales. Las otras son las pacas y las briquetas.
La principal ventaja de los pellets son sus características de fluidez como sólido, siendo posible su transportación en tuberías con aire a presión.
Los pellets de biomasa se han convertido en un "commodity", con un mercado en crecimiento del 11% anual y precios entre US$125-150/t. Se presenta un proyecto para una planta de pellets de 1t/h a partir de bagazo en Brasil por parte de una empresa China que permitiría obtener utilidades del orden de 35 USD/t y una recuperación de año y medio.
Estas peletizadoras a partir de bagazo y paja, podría instalarse en Cuba y constituir un nuevo derivado para la diversificación con amplias posibilidades para la generación de energía y la exportación.
Palabras Clave: Pellets de biomasa, peletizadoras, bagazo, paja de caña.

Abstract
Pellets are one of the three forms currently used for densify of agriculture and forestall residues. The other ones are briquettes and packs.
The main advantage of the pellets is their fluidity capacity as a solid, with the possibility to be transported by pipes with pressured air.
Pellets are becoming a commodity with a growing market of 11% /y, and prices between US$125-150/t. Is presented a project for the installation of a pellet plant in Brazil, from sugar cane bagasse by a Chinese company that could gave utilities in the order of 35 USD/t and a recovering period of 18 months.
This kind of pelletizing machines for bagasse and straw could be installed in Cuba and become a new byproduct for diversification with wide possibilities for energy generation and export.
Key words: Biomass pellets, Pelletizers machines, Bagasse, sugar cane straw.

Introducción
La generación de energía a partir de los residuos agrícolas y forestales, es una alternativa de grandes perspectivas en el campo de las energías renovables. A pesar de las ventajas de ser un recurso renovable, con un aceptable calor de combustión, una gran disponibilidad y ser en ocasiones un desecho, su aprovechamiento se ha visto limitado por los diferentes problemas que conllevan su utilización. A diferencia de los combustibles fósiles, que en general existen en altas concentraciones en sus lugares de extracción, con una infraestructura desarrollada y un sistema de transporte y logística eficientes, el aprovechamiento de los residuos agrícolas y forestales , requieren de un proceso de recolección, preparación, transporte y almacenamiento, lo cual hace en ocasiones incosteable su empleo. Otra desventaja es su baja densidad de bulto y en ocasiones altos contenidos de humedad, lo que dificulta su manipulación y transporte y hace necesario su secado para su combustión eficiente.
Los pellets son una de las tres formas empleadas en la actualidad para la densificación de los residuos agrícolas y forestales. . La otras dos son las pacas de alta, media y baja densidad y las briquetas.

Figura 1. Pellets de biomasa vegetal. Figura 2.Terminal portuaria para embarque de pellets.

En general, las pacas se emplean en usos locales, donde no se requiera una transportación a grandes distancias. Las briquetas, se emplean fundamentalmente en hornos y calderas, que disponen de fuentes de biomasa disponibles s distancias relativamente cortas. Las principales ventajas de la utilización de los pellets son las siguientes: (PFI, 2002)

- Permiten transformar los residuos de biomasa vegetal o cultivos energéticos, en un combustible eficiente, fácil de manipular, almacenable sin sufrir deterioros y con posibilidades de comercializar en el país y constituir un fondo exportable.
- Reduce la dependencia en combustibles tales como el carbón, el petróleo y sus derivados de origen fósil y de importación. No contribuyen al incremento del efecto invernadero.
- Constituye una fuente de energía renovable. Su calor de combustión es elevado, en el orden de 3400 a 4200 Kcal/Kg.
- Por sus características de fluidez como sólido, es posible su transportación en tuberías con aire a presión. Esta es su principal ventaja en comparación con otras formas de densificación de la biomasa, la cuales en general no permiten su transporte en tuberías. En la Figura 2, aparece una terminal portuaria para el llenado a granel de barcos con pellets de 1000 t /h.
- Producen una baja cantidad de residuos tanto sólidos como gaseosos al momento de su combustión.
- Es aceptado como combustible en la actualidad en los sectores residenciales e industriales.
- Cuando se emplea de forma adecuada, no genera partículas contaminantes Pm_5 y Pm_{10}.

En el presente trabajo, se hace un estimado de las ventajas económicas que tendría una planta de producción de pellets a partir de bagazo y paja de caña para la generación de electricidad y la exportación.

Resultados y Discusión

Mercado Internacional

El empleo de pellets está ampliamente difundido y en crecimiento en los países europeos, Estados Unidos, Canadá, Japón, China y otros países de Asia.

Para el período 2015-2019, los precios (FOB) de los pellets en el mercado se estiman entre US$125-150/t, en bolsas, big bags de 1 tonelada y a granel. (GBPM, 2015). El Mercado mundial de pellets se espera crezca a un ritmo del 11% en el período.

La figura 3, muestra el crecimiento esperado del mercado de pellets en los principales productores/consumidores hasta el 2020. El mayor crecimiento se espera en Europa occidental y es de destacar el caso de China que se espera triplicará sus demandas para ese año. (Wood pellets As. Of Canada Jan. 2015)

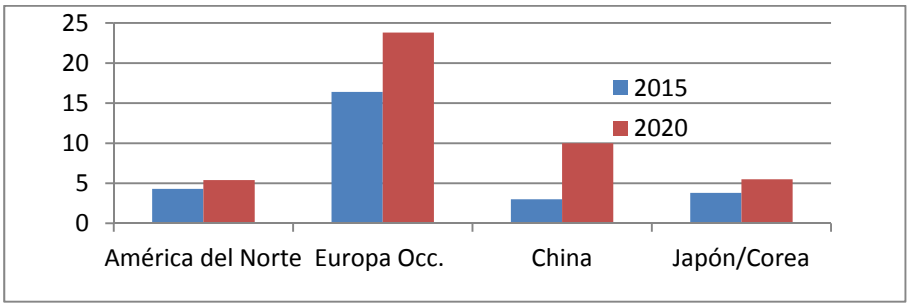


Figura 3. Consumo esperado de pellets para el 2020. MM t

La producción de pellets a partir del bagazo y paja de caña.

Existe una amplia experiencia en la producción de pellets de residuos forestales, plantaciones energéticas y diferentes residuos agrícolas, sin embargo, no existen muchas referencias sobre el empleo del bagazo y la paja de caña para este fin, posiblemente porque su empleo tradicional ha sido como combustible directo en las calderas en general poco eficientes en la generación de bagazo sobrante. Las calderas modernas, y el incremento en la eficiencia de los centrales, pueden lograr excedentes de bagazo del orden del 30%, lo cual podría constituir un problema para su almacenamiento si no se emplea en la cogeneración.

Las plantas de cogeneración o bioeléctricas son inversiones de un alto costo y requieren de un aseguramiento estable de biomasa para su funcionamiento, por lo que las inversiones de plantas de producción de pellets, de un relativamente bajo costo de inversión, para el mercado interno o la exportación pudieran constituir una opción interesante para la industria azucarera.

Evaluación económica preliminar de planta de peletizado de bagazo y paja de caña de 1t/h.

Se utilizó como referencia, un proyecto para una planta Peletizadora de bagazo de caña en Brasil, ofertada por la firma China AZEUS machinery co. ltd. (Azeus,2015)

Tabla I. Base de cálculo

Base de cálculo	Valor	Observaciones
Producción diaria del central	3000 t	Se consideró un central de pequeña escala
Días	120	
Bagazo obtenido (50% humedad)	100 800 t	28% de bagazo húmedo por tonelada de caña (Gálvez y otros, 2000)
Bagazo sobrante (10%)(50% humedad)	10 080 t	Se considera que con calderas y operaciones eficientes se puede lograr hasta un 30% de bagazo sobrante. (Gálvez y otros, 2000)
Bagazo base 8% humedad	5 480 t	Humedad requerida para la confección de pellets
Producción de pellets. (Capacidad)	3 829 t	Rendimiento pellets/bagazo (70%)
Producción de pellets real	**2 680 t**	70% eficiencia
Producción diaria	22 t/d	
Producción horaria.	1 t/h	Para 22 horas diarias

Tabla II. Costos de inversión en maquinaria.

Edificaciones	20 000 USD	6000 m^2
Equipos		
Secador	25 000 USD	Capacidad 3t/h
Panel de control	1950 USD	
Peletizadora	26 000 USD	1t/h

Transportador de banda	2000 USD	
Otros gastos	40 000 USD	
Total inversiones	114 955 USD	

Tabla III. Costos de operación y utilidades.

Ítem	Costo	Observaciones
Bagazo (50% humedad)	19.45USD/t	
Transportación	3.24USD/t	Recolección, transporte y descarga
Molida	0	
Electricidad para secado	1.39USD/t	Secador de 7.5KV (0.70ton/h)
Electricidad para peletizado	11.67USD/t	90KW (1ton/h)
Envasado	5.19USD/t	25kg/bolsa 0.13USD/bolsa
Fuerza de trabajo directa	8.10 USD/t	8 obreros en tres brigadas. 11.34USD/día por trabajador
Impuestos	5.33USD/t	19435 USD para 10 años
Amortización de los equipos	3.25USD/t	80976 USD para 26 días/mes en 5 años
Costo de mantenimiento	4.86USD/t	Incluye repuestos fundamentales.
Capital de trabajo	40147.74USD	Estimado para materias primas y otros gastos
Costo Total	62.48USD/t	
Precio de Venta FOB (Brasil)	97.17 USD/t	
Utilidades	34.69 USD/t	

Usando los datos de Brasil, para una producción de 2680 t en una zafra de 120 días, los ingresos serían de 260 415 USD con utilidades netas de 92 969,20 USD.
La recuperación de la inversión sería de aproximadamente año y medio.

Conclusiones

Los pellets de biomasa se han convertido en un “commodity” en la actualidad, con un mercado estable y en crecimiento, con precios que están en el rango de 125-150 USD/t.
La producción de pellets de bagazo y paja en Cuba, puede constituir una oportunidad para el desarrollo de un nuevo derivado de la caña para el país, teniendo en cuenta el incremento en la eficiencia de los centrales y las calderas, así como el incremento en el tiro directo de caña al central, lo que incrementará la disponibilidad de paja, que de no encontrar un uso eficiente, pudiera constituir un problema ambiental.
Existen pocos estudios acerca de la obtención de pellets de bagazo y casi inexistentes sobre su mezcla con paja, por lo que se requiere realizar los estudios correspondientes.

Referencias

- AZEUS, machinery co. ltd. [en línea]. China, 2015. Citado 3 de febrero 2015. <Disponible en http://www.biopelletmachine.com/uploads/soft/201408/2_05155021.pdf. >[29 mayo 2015].
- Gálvez, L.O y colectivo de autores (2000). Manual de los Derivados 3ra Ed. Imprenta MINAZ, La Habana, pp 6.
- GBPM. Global Biomass Pellets Market 2015-2019. [en línea]EEUU, 2015. Citado 15 mayo 2015 <Disponible en http://www.researchandmarkets.com/reports/3072811/global-biomass-pellets-market-2015-2019#summary Global Biomass Pellets Market 2015-2019>[25 mayo 2015].
- PFI. Pellet Fuel Institute. Pellets. [en línea]. EEUU, 2002. Citado 12 de noviembre de 2014<Disponible en http://www.pelletheat.org. Pellet Fuel Institute> [8 enero 2015].

CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA CAÑERA PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES DE MAYOR VALOR AGREGADO

CHARACTERIZATION OF SUGARCANE BIOMASS FOR OBTAINING FUELS OF HIGHER ADDED VALUE

Fernández, J.; Pérez, J.A.

Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña Azúcar.
juanferrod52@gmail.com, jose.alberto@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
En este trabajo se realizó una caracterización del bagazo y los residuos agrícolas de la caña (RAC) con fines energéticos. Se determinaron la composición ligno-celulósica, el análisis químico elemental, el termo-grama y el poder calórico de cada material, los cuales sirvieron para ejecutar experimentos de pirolisis y gasificación, en una unidad experimental del ICIDCA. La biomasa cañera constituye una materia prima apta para su termo-conversión en combustibles de mayor valor agregado como el biocombustible piroleñoso y el gas pobre o gas de síntesis. La descomposición térmica del bagazo y de los RAC es parecida, transcurriendo en tres etapas que caracterizan la pérdida de peso del material. En esta unidad experimental, con reactor de lecho fluidizado, la temperatura de 450-500 °C es la adecuada para la pirolisis, obteniéndose, por la condensación rápida de los volátiles, el biocombustible con un valor calórico entre 10.5 - 14 MJ/kg; en tanto que la temperatura de 800-850 ° C es la recomendable para la gasificación, obteniéndose el gas pobre de 5.15 MJ/Nm3 de valor calórico.
Palabras clave: caracterización, bagazo, residuos agrícolas, pirolisis, gasificación.

ABSTRACT
This paper deals with the characterization of bagasse and the sugarcane agricultural residuals with energetic intention. It was determined the lingo-cellulosic composition, the elementary chemical analysis, the thermo-gram and the caloric value of both materials, which were useful for performing experiments on pyrolysis and gasification, in an experimental unit of ICIDCA. The sugarcane biomass constitutes a raw material adequate for its thermo-conversion in fuels of more value added like the Biooil and the poor gas or synthesis gas. The thermal decomposition of bagasse and of the sugarcane agricultural residuals is similar, elapsing in three stages that characterize the loss of weight of the material. In this experimental unit, equipped with a bubble fluidized reactor, the temperature of 450-500 °C is the appropriate one for the pyrolysis, being obtained, by the quick condensation of the volatile gases, the Biooil having a caloric value among 10.5 - 14 MJ/kg. On the other hand, the temperature of 800-850 °C is the advisable one for the gasification, being obtained the poor gas of 5.15 MJ/Nm^3 of caloric value.
Key words: characterization, bagasse, agricultural residues, pyrolysis, gasification

INTRODUCCIÓN

La biomasa cañera, integrada por el bagazo como residuo industrial de la caña y las hojas y el cogollo como residuos agrícolas de la caña (RAC), constituye una valiosa fuente de fibras naturales con un aceptable valor calórico y relativamente bajos costos que garantiza su uso con fines energéticos y propicia que muchos ingenios, a escala mundial, diversifiquen su objeto social hacia el mercado de producción de energía mediante la cogeneración o hacia la creación de nuevas facilidades como las plantas bioeléctricas (López,2005), las plantas de gasificación (Jorapur,1997) y las plantas de producción de biocombustible piroleñoso (Fernández, 2012; Figueroa, 2013), todas estas variantes con la marcada intención de ahorrar

combustible fósil e incrementar el valor agregado de combustibles obtenidos a través de la termo-conversión de la biomasa . Sin embargo, todavía es limitada la experiencia comercial que se tiene del uso de la biomasa cañera para estos fines, especialmente lo relacionado con la adecuación tecnológica y por los problemas que aún hoy subsisten con la recolección, manejo y almacenamiento de los residuos agrícolas de la caña.
El objetivo de este trabajo es caracterizar energéticamente la biomasa cañera como materia prima para las plantas de gasificación y de biocombustible piroleñoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El bagazo utilizado en la caracterización provino del ingenio Manuel Fajardo, en tanto, los residuos agrícolas se recolectaron en el lote 54, sembrado con la variedad C8656, en la UBPC Pablo Noriega, ambos del municipio de Quivicán en Mayabeque. Estos materiales se secaron a humedad de equilibrio y se molieron en un molino de discos hasta obtener la granulometría requerida con un tamaño de partícula de 0.350 mm y 0. 480 mm para el bagazo y los RAC, respectivamente.
Los ensayos de pirolisis y gasificación se realizaron a una mezcla bagazo: RAC (85:15) en una unidad experimental, de la cual se puede apreciar en la figura 1, el sistema de alimentación de bagazo al reactor de lecho fluidizado de 2.7 L, así como los sistemas de separación de sólidos y de enfriamiento de gases. Como inerte en el lecho se utilizó arena sílice de 1.15 mm de tamaño de partícula.

Figura 1. Reactor de lecho fluidizado utilizado experimentalmente

En la determinación de las propiedades químicas y físicas de la biomasa se aplicaron las normas TAPPI e ISO. En un equipo de análisis químico elemental (Eager 200), por el método ESTRUCTU, se determinaron los contenidos de C, H, O, N y S, mientras que en la determinación del pH se utilizó el método potenciométrico. Los análisis termo-gravimétricos se realizaron en una termobalanza METTLER TG50 que mide de forma continua el peso del material carbonizado, en presencia de nitrógeno (5 L/h), dentro de un horno y 10 °C/min de incrementos de temperatura. En la determinación del poder calórico de la biomasa se empleó el método analítico y para los combustibles líquidos se empleó un calorímetro. En la determinación de la viscosidad, densidad y contenido de agua de los combustibles se aplicaron las normas ASTM. El análisis de la composición del gas pobre se realizó por cromatografía gaseosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se reflejan los resultados del análisis químico por separado de los RAC y el bagazo.

Tabla I. Análisis químico de la biomasa cañera

Análisis	RAC	Bagazo integral	Análisis elemental	RAC	Bagazo integral
Celulosa	45,13	46, 60	C	41,4	46,2
Lignina	14.11	20, 70	H	5,1	6.10
Pentosanos	29,5	25, 10	O	43.22	44.41
Cenizas	9.2	2,60	N	0.53	0.32
Pectina	4, 28	-	S	0.15	0.07
Solubilidad agua	9.78	2,26	Cl	0.4	0.30
Solubilidad agua caliente	13.35	4.11			
Solubilidad en sosa al 1 %	40.2	34.9			
Extractivos en alcohol-benceno	3.54	2.7			

Estos materiales lignocelulósicos, tienen una composición química parecida, diferenciándose fundamentalmente en el contenido de lignina, el cual es mayor en el bagazo. Los RAC presentan mayores solubilidades, especialmente en sosa al 1 %, mostrando que contienen componentes fácilmente degradables.
El contenido de azufre en la biomasa cañera es relativamente bajo, lo cual es positivo. Los elevados contenidos de oxígeno inciden en la baja densidad energética de la biomasa, lo cual se acentúa en los RAC debido a un mayor contenido de cenizas. En la tabla II se reporta el análisis inmediato de la biomasa cañera.

Tabla II. Análisis inmediato de la biomasa cañera

Materia prima	Volátiles (%)	Carbono fijo (%)	Cenizas (%)	PCS (kJ/kg)	PCI (kJ/kg)
RAC	84.2	6.6	9.2	14620	13100
Bagazo	88.6	8.8	2.6	17765	16500

El contenido de material volátil de un combustible sólido expresa la cantidad de materia que se convierte en gas, en tanto el carbono fijo da una idea de la cantidad de residuo sólido que quedaría después de un proceso de combustión de la biomasa. Tanto el bagazo como los RAC presentan altos contenidos de volátiles.
En la figura 2 se muestra la descomposición de la biomasa cañera en función de la temperatura. En este termograma se distinguen tres etapas. Desde los 50 a los 110º C ocurre fundamentalmente la deshidratación del material y luego se empiezan a desprender los volátiles de más bajo peso molecular a partir de 200º C, para continuar una disminución brusca del peso, donde ocurre una importante termo-conversión de la biomasa , hasta aproximadamente los 350ºC. Mediante la condensación brusca de los volátiles se obtiene el biocombustible piroleñoso. La tercera etapa está en el entorno de los 350 a los 550º C, donde ocurren reacciones de rupturas de las cadenas de los compuestos de mayor peso molecular, desprendiéndose volátiles más pesados. Por encima de 550 º C se obtiene el residuo carbonoso, manteniéndose la curva prácticamente constante.
El biocombustible piroleñoso se obtuvo con un rendimiento del 60 %, bajo un régimen de operación de 450- 470°C en el reactor de pirólisis, un flujo de biomasa de 50 g/min, un flujo de nitrógeno de 132 L/min y un flujo de aire de 26 L/min.

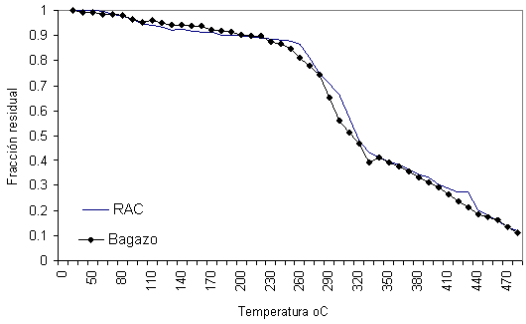


Figura 2. Termograma de la biomasa cañera

En la tabla III se presentan las propiedades del biocombustible piroleñoso obtenido

Tabla III. Propiedades del biocombustible piroleñoso obtenido en este estudio

Propiedades	Valor calórico	Viscosidad a (80 °C)	pH	Agua	Densidad
Unidades	MJ/kg	cSt	-	% en peso	kg/L
Valores	10.5-14	2.9-4.5	3.1-3.9	26-32	1.08-1.16

La densidad y la viscosidad del biocombustible son más altas que la del diesel. El alto contenido de oxígeno y agua del biocombustible piroleñoso, reduce su valor calórico, que resulta ser significativamente menor que la del petróleo

En la tabla IV se reporta la composición del gas pobre, en función de los gases combustibles, obtenido con una alimentación de aire del 25 % con relación al aire estequiométrico, un flujo de biomasa de 50 g/min y temperatura entre 800 y 850 °C.

Tabla IV. Composición y valor calórico del gas pobre obtenido

Componente	CO	H_2	CH_4	Gas pobre
% volumétrico del componente	23	17	1.2	100
Valor calórico inferior por componente MJ/Nm^3	12.6	10.7	35.8	
Valor calórico inferior del gas MJ/Nm^3	2.9	1.8	0.45	5.15

CONCLUSIONES

La caracterización de la biomasa cañera demostró que la misma constituye una materia prima potencial para su termoconversión en portadores de mayor densidad energética. Operando el reactor de lecho fluidizado a temperatura de 450-470°C, en régimen de pirólisis y a 800-850°C en gasificación, se obtuvieron combustibles de un valor calórico 10.5-14 MJ/kg y de 5.15 MJ/Nm^3 respectivamente cuyo manejo y aplicaciones le confieren mayor valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández, J; Pérez, J.A; González, F. (2012). Obtención de biocombustible piroleñoso a partir del bagazo de la caña de azúcar en una planta experimental cubana. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, vol. 46, no. 2 (mayo-agosto), pp. 42 -48.

Figueroa, J. E., Ardila, Y. C., Lunelli, B., Filho, R., Maciel, M. R., (2013) Evaluation of pyrolysis and steam gasification processes of sugarcane bagasse in a fixed bed reactor, *Chemical Engineering Transactions*, 32, 925-930, DOI: 10.3303/CET1332155

Jorapur, R and Anil K. Rajvanshi (1997). Sugarcane leaf-bagasse gasifiers for industrial heating applications. Biomass and Bioenergy Vol 13, No. 3, pp141. 146,

López, P (2005) Proyecto de Cogeneración de Calor y Electricidad Héctor Molina. Empresa azucarera Héctor Molina. La Habana,

ANÁLISIS ENERGÉTICO Y EXERGÉTICO DE ESQUEMAS DE COGENERACIÓN PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA

ENERGETIC AND EXERGETIC ANALYSIS IN COGENERATION SYSTEMS FOR SUGAR INDUSTRIES.

Dra. Meilyn González Cortés[1], Ing. Hanserth Abreu Elizundia[1], Ing. Odlanier Rico Ramírez[2], Dra. Marlen Zamora Morales[1], PT. Msc. Rubén Espinosa Pedraja[1]

[1]Departamento de Ingeniería Química. Facultad de química Farmacia. Universidad Central de las Villas.
[2] Empresa azucarera 5 de septiembre. Cienfuegos. Cuba.
mgonzalez@uclv.edu.cu

RESUMEN

Se simulan y evalúan cinco alternativas de cogeneración, promoviendo un aumento de las producciones de energías térmicas y eléctricas así como su correcta administración. Las tres primeras alternativas están dirigidas al aumento de la presión de la caldera y un cambio de las turbinas de vapor las cuales serán del tipo extracción-condensación; en la cuarta se propuso un cambio de caldera para implementar una de lecho fluidizado burbujeante y finalmente en la quinta alternativa, se analiza un esquema de gasificación de biomasa. Los esquemas son analizados energéticamente y exergéticamente.

Las alternativas de cogeneración fueron simuladas en ASPEN PLUS. Lo mayores excedentes de bagazo y electricidad se obtienen con el esquema de gasificación de biomasa y los peores resultados en estos parámetros se obtienen en la alternativa 1.

Palabras clave: sistemas de cogeneración, análisis exergético, industria azucarera

ABSTRACT

In this paper we simulate and evaluate five alternatives of cogeneration that improve the performance of CHP systems, promoting increased production of thermal and electric energy and its proper administration. The first three are directed to increasing the boiler pressure and a change of steam turbines which are the extraction-condensation type, and then the four alternative boiler change was proposed to implement a bubbling fluidized bed and finally in the fifth alternative scheme is analyzed biomass gasification. All energy patterns are analyzed and exergetically, the balances of both systems are compared and improvements involving each of the alternatives are analyzed. The five cogeneration alternatives were simulated in ASPEN PLUS; they showed that the largest surplus bagasse and electricity are obtained with the outline of a biomass gasification and the worst results in these parameters Alternative 1.

Keywords: cogeneration systems, exergetic analysis, biomass gasification, sugar industry

INTRODUCCIÓN

El uso del bagazo como combustible para la cogeneración permite a las fábricas de azúcar ser auto-suficientes en las necesidades de energía térmica y eléctrica, incluso con sistemas de baja eficiencia.

La nueva realidad que enfrentan los ingenieros de procesos en estas fábricas que prevé vender excedentes de electricidad por las fábricas así como tratar de lograr mayores excedentes de bagazo para su uso como materia prima para otros procesos, implica la necesidad de buscar un compromiso entre estos factores (bagazo para obtención de otros productos, (etanol, furfural, lignina) o bagazo para la producción de electricidad.

La baja eficiencia de los sistemas de cogeneración actuales, así como el no aprovechamiento de corrientes con calidad térmica en el proceso productivo aumenta el consumo de vapor provocando también un aumento en el consumo de bagazo, limitándose de esta manera la producción electricidad y los excedentes de bagazo.

Con la aplicación de herramientas de simulación e integración de procesos y un análisis energético y exergético de diferentes esquemas de cogeneración, es posible determinar los esquemas más eficientes con

mayores ganancias en cuanto a la producción de electricidad y excedentes de bagazo, es por lo anterior que este trabajo se propuso analizar energética y exergéticamente esquemas de cogeneración de mayor eficiencia para la industria azucarera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se realizan los siguientes aspectos:

1. Identificación de las limitaciones en los esquemas de cogeneración del proceso de producción de azúcar.
2. Propuesta de alternativas de cogeneración que conduzcan a mayores excedentes de bagazo y generación de energía eléctrica.
3. Simulación y evaluación de las alternativas de cogeneración propuestas.
4. Análisis exergético de las alternativas de cogeneración propuestas.
5. Evaluación de la factibilidad económica de los esquemas de cogeneración evaluados.

Atendiendo a que los sistemas actuales de cogeneración en la industria azucarera cubana y en específico en el proceso en estudio, están constituidos por calderas que generan vapor a baja presión y temperatura, y que las turbinas de vapor de contrapresión también presentan limitaciones que no favorecen la obtención de mayores excedentes de electricidad, se propone realizar un estudio de sistemas de cogeneración de mayor eficiencia y que han sido propuestos por investigadores que han realizado estudios en este sentido.
En este estudio las alternativas analizadas fueron:

Primera alternativa

Se planteó una modificación al caso base, donde las actuales calderas bagaceras, de 20 bar de presión y baja eficiencia energética (62%), se reemplazan por unidades modernas de 43 bar y mayor eficiencia (85%). Se cambiaron los turbogeneradores de contrapresión por uno de extracción - contrapresión, que pudo operar a la nueva presión de admisión de 43 bar.

Segunda alternativa

Se incrementó la presión de generación en calderas a 65 bar, manteniendo las condiciones de consumo y pérdidas de vapor de fábrica en la línea de escape como fue planteado en la alternativa 1.

Tercera alternativa

Se incrementó la presión de generación en calderas a 85 bar, manteniendo las condiciones de consumo y pérdidas de vapor de fábrica en la línea de escape como fue planteado en la alternativa 1 y 2.

Cuarta alternativa.

Se propuso un aumento de la capacidad del central hasta 10000 t/d debido a que la sala estaría compuesta por 1 caldera de lecho fluidizado burbujeante de procedencia brasileña, la caldera tiene una producción de vapor de 220 t/h a una presión de 67 bar y una temperatura de 540^0C.

Quinta alternativa.

Esta alternativa consiste en mantener la capacidad de producción en 10000 t/d pero se remodelaría el proceso con una gasificación de biomasa, en la cual se tendría inicialmente un gasificador que trabaja a una temperatura de 1000^0C y una presión de 2000 kPa, luego los gases de síntesis pasarían por un sistema de limpieza para eliminar los gases que podrían dañar el sistema más adelante, después los gases serían llevados a la caldera donde se producirá el vapor para luego distribuirlo por el proceso.
La simulación se realizó con ayuda del software ASPEN PLUS. Las reacciones de combustión consideradas para la simulación fueron las consideradas en el trabajo **(Morales Zamora, 2012):**
Para la estimación de propiedades se escogió el paquete termodinámico VANL-RK de la base de datos del ASPEN PLUS.
Para los cálculos exergéticos se determina la exergía física de todas las corrientes involucradas en el sistema y en el caso del bagazo se determina también la exergía química, de acuerdo a lo reportado por **(Mendoza, 2012).**

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla 1, figura 1 y 2, se muestra un resumen de los cálculos exergéticos realizados en cada una de las alternativas evaluadas.

Tabla 1. Resumen del rendimiento exergético en cada alternativa.

Variantes	Caso base (19 bar, TCP)	Alternativa 1 (43 bar, TEC)	Alternativa 2 (65 bar, TEC)	Alternativa 3 (85 bar, TEC)	Alternativa 4 (67 bar, TEC)	Alternativa 5 (67 bar, TEC)
η(exerg) (%)	24,1	18,6	20	20,9	21,2	33

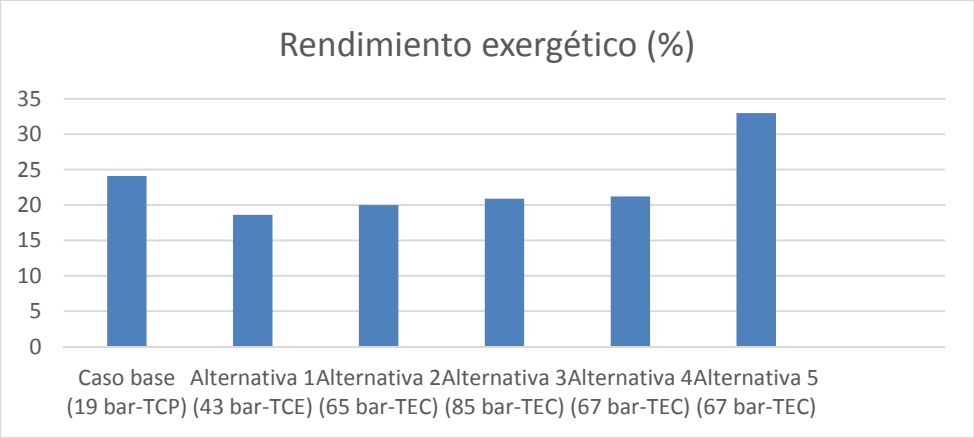


Figura 1. Rendimiento exergético de las Alternativas.

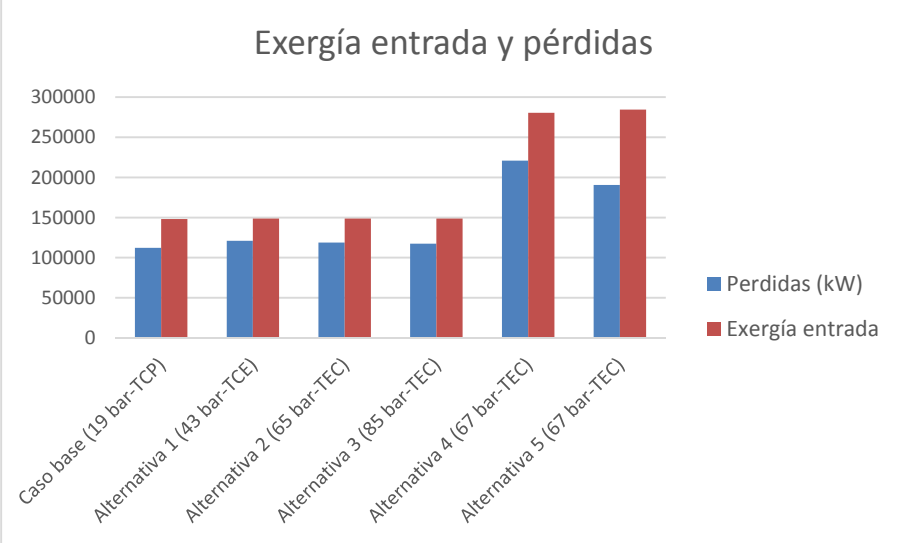


Figura 2. Comparación exergía de entrada y pérdidas exergéticas.

De acuerdo a los datos arrojados por la simulación, la alternativa 1 con la cual se trabajó con una presión de 43 bar en la caldera y se cambió el turbogenerador de contrapresión por uno de extracción-condensación, da una generación de energía eléctrica de 14 133,168 kWh de la cual se entrega al SEN 9 226,5 kWh. La alternativa 2 a la cual se incrementó la presión de la caldera a 65 bar de acuerdo a los resultados obtenidos se produce una energía eléctrica de 16 250,8 kWh de la cual se entrega al SEN 11 344,14 kWh. En la alternativa 3 se aumentó la presión de la caldera a 85 bar y esto trajo consigo que la producción de

electricidad fuera de 17 654,36 kWh de la misma 12 747,7 kWh se entregan al SEN. En la alternativa 4 se realizó un cambio de caldera del tipo de lecho fluidizado burbujeante de una capacidad de 220 t/h y esto trajo consigo que la producción de energía eléctrica fuera de 33 424,14 kWh, con una entrega al SEN de 28 517,48 kWh y por último la alternativa 5 consistió en una gasificación de biomasa la cual da una producción de electricidad de 61 460,09 kWh, con un venta al SEN de 56 553,42 kWh. De estos datos se puede resumir que en lo que a venta de electricidad se refiere la alternativa 5 sería la mejor ya que es la que más aporta.
En los análisis exergéticos se observa que las eficiencias exergéticas disminuyen en las alternativas 1, 2, 3, 4 las cuales dan valores de 18,6%, 20%, 20,9% y 21,2% respectivamente con respecto al caso base exceptuando el caso de las alternativa 5 que se obtienen un 33%, esto se debe a que se aprovecha al máximo el bagazo con respecto al caso base el cual da una eficiencia exergética de 24,1%.
Para arribar a la conclusión de cuál sería la alternativa más factible, sería necesario realizar un análisis económico lo cual es lo que se va a realizar en el capítulo que sigue debido a que según los datos obtenidos la vía más factible para la obtención de electricidad es la gasificación de biomasa pero la misma todavía no se encuentra en estado comercial todavía debido a sus altos costos.

CONCLUSIONES

1. El balance energético realizado al proceso de producción de azúcar en Cinco Septiembre arrojó que en este proceso se consumen 2 120 t/d de vapor.
2. La integración energética realiza en el proceso de fabricación de azúcar permitió la identificación de 15 corrientes calientes y 12 corrientes frías para este proceso, así como un consumo mínimo de utilidades calientes de 63 468 kW y 90 719,4 kW utilidades frías, demostrándose por esta vía de que el proceso tiene un sobreconsumo de vapor de 6863,36 kW.
3. El análisis exergético del caso base permitió estimar que este proceso tiene unas pérdidas de 112 323,91 kW y una eficiencia exergética de 24,18, encontrándose las mayores pérdidas en el subsistema de generación de vapor.
4. La evaluación de las diferentes alternativas de cogeneración arrojó que las mayores excedentes de bagazo y electricidad se obtienen con el esquema de gasificación de biomasa con una generación eléctrica de 59 893,53 kW y los peores resultados en estos parámetros se obtienen en la alternativa 1.
5. El análisis exergético de las alternativas evaluadas demostró que las pérdidas en estos esquemas se encuentran en valores de 112 323,91 kW hasta 220 833,29 kW y el rendimiento exergético de 18,6 hasta 33 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo Pinzón, J. C. 2009. Simulación de las unidades de cogeneracion de energía a partir de bagazo de caña de azúcar., Universidad Industrial de Santander.
2. Chanampa Quispe, N. C. 2010. Análisis energético de un sistema de cogeneración con ciclo combinado y gasificación para la industria azucarera. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico. , Universidad de Piura.
3. Ensinas ,A,V; Nebra ,S,S; Lozano,M,A; Serra,L. Optimization of thermal energy consumption in sugar cane factories.Proceedings of ECOS 2006 Aghia Pelagia, Crete, Greece July 12-14, 2006
4. Ensinas ,A,V; Nebra ,S,S; Lozano,M,A; Serra,L. Analysis of cogeneration systems in sugar cane factories-Alternative of steam and combined cycle power plants. Proceedings of ECOS 2006 Aghia Pelagia, Crete, Greece July 12-14, 2006
5. Morales Zamora, M. 2012. Estrategia para la reconversión de una industria integrada de azúcar y derivados para la producción de etanol y coproductos a partir del bagazo. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
6. Mendoza J., Bula A., Gómez R., Corredor L., 2012. Análisis Exergético de la Gasificación de Biomasa. Información Tecnológica Vol. 23(5) 85-96. doi: 10.4067/S0718-07642012000500009

LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE BIOELÉCTRICAS DOS AÑOS DESPUÉS: 2013-2015
BIOPOWER PLANTS DEVELOPMENT STRATEGY 2 YEARS LATER: 2013-2015

Jorge Tomás Lodos Fernández

Director de Negocios de ZERUS, AZCUBA, jorge.lodos@zerus.azcuba.cu

RESUMEN

Se comentan los cambios sucedidos desde "Diversificación 2013" en las concepciones y en la práctica de los principales elementos que pudieran influir sobre el desarrollo de las Bioeléctricas en Cuba. En particular se discuten el precio del kWh, la extensión de la campaña eléctrica, la disponibilidad y precio de la biomasa secundaria, la normalización de los sistemas y la inversión unitaria. Se concluye que se ha avanzado en todas las definiciones, aunque algunas de ellas siguen siendo polémicas, en particular, las vinculadas a la extensión de la campaña eléctrica, la normalización y la inversión unitaria.

Palabras claves: Caña, Biomasa, Cogeneración, Electricidad,

ABSTRACT

Changes in concepts and implementation of main elements that could influence the development of Biopower Plants since "Diversificación 2013" are reviewed. Particularly kWh price, extension of power campaign, price and availability of secondary biomasses, system standardization and unitary investment are discussed. It is concluded that an advance in definitions has been achieved nevertheless some of them remain polemic, particularly those related to power campaign extension, standardization and unitary investment.

Keywords: Cane, Biomass, Cogeneration, Electricity

1. INTRODUCCION.

Dos años atrás, en documentos presentados en Diversificación 2013 y, también, para negociar Bioeléctricas en la modalidad de inversión extranjera "Empresa Mixta" y para discusiones diversas, se planteaban como aspectos fundamentales que podían limitar el desarrollo de una estrategia de Bioeléctricas, los siguientes:

- El precio del kWh
- La extensión de la campaña eléctrica.
- La disponibilidad de biomasa.
- El Costo/Precio de la biomasa secundaria.
- La normalización del sistema.
- La inversión unitaria.

El objetivo de este trabajo es actualizar cómo se han desarrollado en los últimos dos años las ideas alrededor de estas restricciones potenciales de la estrategia de desarrollo de Bioeléctricas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Los materiales y métodos utilizados son bibliográficos y están basados en el estudio de los resultados de las discusiones sobre Bioeléctricas que utilizan biomasa cañera, en proceso de contratación, de sus estudios de pre-factibilidad y de los documentos o ideas presentados en distintos foros, en particular, en la Comisión de Expertos de AZCUBA y en CEETA de la Universidad de Las Villas sobre esta temática. Para facilitar el

análisis se ha considerado que la Bioeléctrica es una Planta técnicamente independiente de la fábrica de azúcar, aun cuando está íntimamente vinculada a la misma por diferentes vías, lo que se discutirá también.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Evidentemente, para producir más electricidad en una fábrica de azúcar, ya agotadas las posibilidades tradicionales, habría que utilizar calderas con la mayor eficiencia posible (más vapor/t de biomasa), trabajar a la mayor presión y temperatura posibles (mas electricidad/t de vapor), utilizar turbogeneradores de extracción-condensación (para extraer mas electricidad del vapor que no se va a utilizar en el proceso), reducir el consumo de vapor de proceso (más vapor para condensar) y aprovechar al máximo la capacidad instalada (trabajar fuera de zafra), entre otras acciones, siempre que reporten un beneficio económico. A continuación se discuten los avances que se han producido en estos temas en los últimos dos años para facilitar la toma de decisiones sobre qué Bioeléctrica debe instalarse en nuestras condiciones.

3.1. El precio del kWh. Hace dos años se proponía para las Empresas Mixtas (EM) 0.15 USD/kWh, mientras se pagaba el financiamiento recibido durante 5-7 años, y 0.10 USD/kWh posteriormente. Esto introducía incertidumbre en la UNE, al no conocer previamente cuándo cambiaba la tarifa. Una solución pudiera haber sido acotar los años de repago, pero se optó por una tarifa permanente de 0.14 USD/kWh. De esa manera, aunque se reduce la liquidez de la EM, sobre todo en los primeros dos años, esto se compensa ampliamente por la superior y permanente tarifa propuesta. El resultado es que se elimina la incertidumbre de la UNE pero el balance para el país empeora significativamente. En ambos casos, la falta de vínculo en el tiempo entre el precio del kWh y una supuesta inflación "cubana", dificulta la negociación con los socios extranjeros. En el caso de las Empresas 100% cubanas, se mantiene la tarifa fija de (0.15 CUC + 0.12 CUP)/kWh, que debería ser más que suficiente para que fuesen económicamente atractivas.

3.2. La extensión de la campaña eléctrica. Operar a plena capacidad con bagazo y otros residuos propios durante la zafra da ventaja al complejo Central-Bioeléctrica, pues maximiza la cogeneración. Sin embargo, cuando la Bioeléctrica se constituye en una Entidad independiente, inclusive con otro propietario, y su objetivo es maximizar la producción de electricidad, se aprovecha poco la inversión hecha, se eleva el costo fijo de operación y se obliga a la UNE a tener capacidades disponibles para el resto del año. Hace dos años, se aceptaba que era necesario operar no menos de 250-270 días (Las Bioeléctricas Biopower y Rabi se calculaban para 290 días), utilizando biomasa cercana, particularmente marabú. Actualmente, solo se garantiza biomasa cañera, lo que limita la campaña eléctrica a 150-200 días, insuficientes para una EM e, inclusive, para una 100% cubana. Eso también afecta la capacidad de la Bioeléctrica pues, para incrementar los días, se reduce la misma y el consumo de bagazo, cuyo exceso se almacena. Bajo esas condiciones no se repaga el financiamiento en plazos razonables ni se logra una rentabilidad aceptable. Es imprescindible llegar a más de 250-270 días con una segunda biomasa o, como hacen muchas Bioeléctricas, con carbón.

3.3. La disponibilidad de biomasa. El bagazo, que es alrededor del 30% de la caña, es la biomasa primaria de la Bioeléctrica. Como biomasa secundaria, algunos autores recomiendan las hojas secas y los topes (RAC) que se quedan en el campo [1, 2] y que, hace dos años, debían suministrar el 22% del bagazo que alimenta a la Bioeléctrica, equivalente a más del 6.5% de la caña. Sin embargo, el % de RAC depende, fundamentalmente, del rendimiento agrícola, pues el crecimiento de la caña es su mejor sistema de limpieza. Su valor tenderá a ser de menos del 15% de la caña, que es el que posee cuando su rendimiento agrícola es superior a 65 t caña/ha, que es de interés del Central y de la Bioeléctrica [3, 4]. Además, una parte de la misma debe dejarse en el campo para proteger a la plantación, y otra acompaña a la caña que llega al Central, según la eficiencia de limpieza de la cosechadora. Por ello, es poco probable que, estratégicamente, se pueda colectar más del 3-4% del RAC existente en el campo. A esto hay que sumarle el esfuerzo, los medios y el consumo de energía que se utilizan en su separación y preparación. Actualmente, igual que hace dos años, predomina la idea de que el RAC casi no tiene costo y que llegará a suministrar el 22% del bagazo. Por otro

lado, las mediciones satelitales y en tierra del marabú existente en un radio de solo 15 km. alrededor de Biopower, por ejemplo, arrojaron la cifra de más de 5 MM de toneladas métricas equivalente en bagazo, varias veces superior a lo estimado previamente y a lo que se consideraba en la zona [5].

3.4. El Costo/Precio de la biomasa secundaria. Cuando el Central intercambia con la Bioeléctrica el bagazo (y el condensado) por el vapor y la electricidad que necesita, el precio del bagazo expresado como el ingreso dejado de percibir por la Bioeléctrica en la electricidad que entregó y en la que dejó de producir por no condensar el vapor de baja presión que fue al Central, es de unos 35 USD/t. En principio, cualquier biomasa disponible cerca de la Bioeléctrica, como residuos forestales y citrícolas, cáscara y paja de arroz o árboles energéticos, por ejemplo, puede ser aprovechada. En las condiciones de Cuba, el marabú ocupa un lugar especial por su extensión, rendimiento y necesidad de limpiar los campos del mismo, como condición previa para sembrar otros cultivos. En los dos años transcurridos se han evaluado 3 cosechadoras de marabú de diferentes orígenes, se definió la factibilidad de cosecharlo, por el momento a 8-10 t/h que debe llegar a 10-15 t/h. En esas condiciones, es atractivo intercambiar marabú por la limpieza del campo, que se haría sin costo para el propietario. El costo de la cosecha de marabú, depreciación incluida, se ha calculado en base a pruebas de campo en 20-25 USD/t, en astillas puesto en la Bioeléctrica [6]. Todo parece indicar que un precio cercano a 25 USD/t de biomasa es satisfactorio para todos los participantes. Hace dos años no se tenían esta cifras. Actualmente, se habla de fijar el precio del bagazo sobrante en 25 USD/t compatible con lo anterior. Almacenar el bagazo "sobrante" u otras biomasas para operar ya terminada la zafra es un problema técnicamente resuelto, aunque no deja de ser complejo por su baja densidad (gran área), por el riesgo de incendio mientras se auto-seca en el tiempo y por su manipulación, que incrementa sus pérdidas. Su densidad a granel es ~0.15, que llega a ~0.3 empacado, a ~0.5 briqueteado al 30% de humedad y a ~1.0, peletizado al 10-15%. La inversión y el gasto de energía para empacar y briquetear son opciones que pueden analizarse, mientras que peletizar es costoso y alto consumidor de energía, como confirma la experiencia de Camilo Cienfuegos. Este tema hace dos años y actualmente, tiene elementos aun pendientes de desarrollar.

3.5. La normalización del sistema. Sin lugar a dudas que se favorece desarrollar un plan de instalación de Bioeléctricas para una misma corporación, cuando los equipos y parámetros fundamentales de las mismas se estandarizan, pues permite hacer compras casi mayoristas, simplifica el mantenimiento y reduce el inventario de piezas de repuesto, por ejemplo. Sin embargo, simultáneamente, se favorece también la reducción de la capacidad de las plantas, sobre todo porque los Centrales no están "estandartizados". Hace dos años se discutían 3 casos que deberían de cubrir un amplio espectro de oportunidades y permitir llegar a criterios basados en hechos: EM Biopower, suministrada "llave en mano", diseñada para no-zafra con 60 MW, anexa al Central Ciro Redondo de 7000 tcpd, moliendo al 100% de capacidad auxiliada por marabú, con 85-90 bar y 520°C [7], Bioeléctrica del Central Jesús Rabí, 100% cubana, suministrada como "planta completa", diseñada para una zafra de 4 500 tcpd, trabajando al 85% de capacidad, con 20 MW, 60-70 bar y 480°C [8] y la expansión del área energética del Central 5 de Septiembre de 12 a 60 MW, con recursos adquiridos en Brasil, moliendo al 85% de su capacidad, en la modalidad de administración productiva, originalmente a 100 bar, 540°C y con una caldera de lecho fluidizado [9]. Además, se accedió a la experiencia mundial, según la cual se han incrementado las Bioeléctricas de 85-100 bar y 520-540°C, con más de 50 de ellas en los últimos años, siendo ya una tecnología constituida y predominante, operando con biomasa cañera en zafra y, en no zafra, como regla, con carbón [10, 11]. No obstante, actualmente, sin esperar por los hechos, se definió diseñarlas todas para zafra, para 80-85% de la capacidad del Central, a 67 bar y hasta 520°C e, inclusive, preparar la Fábrica de Calderas para ello. Además, simultáneamente, se des-estandarizaron las combinaciones de calderas de baja o alta presión con turbogeneradores de contrapresión, de condensación o de extracción–condensación, entre otras variantes [12]: se dio un paso atrás.

3.6. La inversión unitaria. Hace 2 años, se consideraba que 2 300 USD/kW, como inversión total para una EM era razonable (incluyendo el valor del terreno y de todas las servicios, salarios y materiales en CUP convertidos a CUC, a veces con recargo), basado en la experiencia de Biopower, de la que, en el caso de una

100% cubana, podían segregarse unos 1800 USD/kW de componentes importados, basado en la experiencia de Rabí. En el caso de la expansión del área energética, podría ser de menos de 1 000 USD/kW, basado en la experiencia de 5 de Septiembre. Actualmente, se ha considerado empezar cualquier discusión a partir de 1800 USD/kW, como valor total, que es demasiado optimista. No puede dejar de mencionarse la interrelación entre inversión unitaria, precio y producción de electricidad para hacer al negocio rentable, donde la extensión de la campaña eléctrica, por ejemplo, depende de la inversión unitaria real que se logre.

4. CONCLUSIONES.

En los dos años transcurridos se modificó el precio del kWh, fijándose en 0.14 USD/kWh, de tal manera que se redujo al inicio (era 0.15 USD/kWh) y se incrementó posteriormente (era 0.10 USD/kWh), dificultando la liquidez inicial pero favoreciendo al negocio integralmente. En las Bioeléctricas 100% cubanas se mantuvo 0.27/kWh de moneda total. Otro cambio importante fue que la extensión de la campaña eléctrica solo se garantiza con biomasa cañera, por lo que se redujo a 200 días, lo que compromete al negocio, excepto que la inversión unitaria sea inferior a 1800 USD/kW, que es otro cambio que ha tenido lugar (desde 2 300 USD/kW anteriormente). Se avanzó en evaluar un posible precio de la biomasa sobrante de ~25 USD/t. Actualmente, sigue predominando la idea de que el RAC casi no tiene costo y que suministrará el 22% del bagazo. También, se sigue desestimando la disponibilidad de marabú, así como los resultados obtenidos en su cosecha mecanizada. Se propuso directiva y apresuradamente normalizar el sistema, prefijando la molida del Central y la presión, temperatura y potencia de cada Bioeléctrica, ajustándola solo a la zafra, con un criterio azucarero y limitado, que imposibilita optimizar y maximizar la producción de electricidad. Sin embargo, se admiten esquemas con turbogeneradores de condensación, contrapresión y extracción-condensación. En general, los cambios que han tenido lugar no han sido para favorecer a las Bioeléctricas sino para subordinarlas a las necesidades del Central y a los criterios azucareros.

5. REFERENCIAS.

1. Deepchand, K. “Economics of Electricity Production from Sugar Cane Tops and Leaves, a preliminary study”. International Sugar Journal. 1986, 88 (1055), 210-216.
2. Sabadi, R. et al. “Cogeneration issues in a greenfield Project”. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. (ISSCT), 2013, Vol. 28.
3. Lodos, J. “Los efectos del uso de descogolladores”. ISJ 1993, Vol. 95, No. 1135, págs. 255-260.
4. Motta, G. et al. “Proyecto de empaque y separación de RAC para la generación de energía limpia”, Odebrecht Agroindustrial. Junio del2014, 20 páginas.
5. Bell, J. Sheridan A. et al. “Biomass (marabou) estimation using remote sensing”. University of Leicester Report. October 2012, 12 pages..
6. Bell, J. “Marabu Harvesting Cost”. Report Scottish Agricultural College. March 2015, 6 pages.
7. Biopower S.A. “Ciro Redondo Biomass Power Generation Project. Volume 1: Instructions to Tenderers EPC Contract Package”. December 2012, 50 pages.
8. Suárez, W. et al. “Estudio de Oportunidad Bioeléctrica 20 MW en Central Jesús Rabí”. IPROYAZ, mayo 2012.
9. Longhini, W. et.al. “Factibilidad de Bioeléctrica en 5 de Septiembre”, presentado al grupo de Expertos de AZCUBA y al CEIN, febrero 2015, 12 páginas.
10. ISGEC. “Bagasse and Biomass Fired Boilers, a few recent references”. 2014, 4 pages.
11. Grupo Mitr Phol. “Seminar on Renewable Energy Technology Implementation Biomass Power: High Efficiency Boiler Technology for Sugar Industry”. Thailand, 2012.
12. Grupo de Expertos. “Política para la construcción de Bioeléctricas en AZCUBA”. mayo del 2013.

ECONOMÍA y MERCADO

VOLATILITY MODELING OF SUGAR NO. 11 AND SUGAR NO. 16

MODELADO VOLÁTIL DEL AZÚCAR NO. 11 Y NO. 16 AZÚCAR

Coenraad C. A. Labuschagne, Pierre Venter, Sven T. von Boetticher

Programme in Quantitative Finance, Department of Finance and Investment Management, University of Johannesburg, PO Box 524, Auckland Park 2006, Johannesburg, South Africa
coenraad.labuschagne@gmail.com

ABSTRACT

GARCH, GJR-GARCH and EGARCH models are used to investigate changes in the volatility of prices of Sugar No. 11 Futures and Sugar No.16 Futures. The analysis reveals that the EGARCH model fits the data best for both Sugar No. 11 and Sugar No. 16. The EGARCH generated implied volatility skew is almost flat for Sugar No. 11, while the GJR-GARCH generated volatility skews for both Sugar No. 11 and Sugar No. 16 have the typical shape of a supply skew, and are almost parallel. The EGARCH generated implied volatility skew for Sugar No. 16 also resembles a supply skew.
Keywords: GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, volatility, volatility skew, supply skew, sugar.

RESUMEN

Se utilizan modelos GARCH, GJR-GARCH y EGARCH para investigar los cambios en la volatilidad de los precios del azúcar No. 11 Futuros y del azúcar No.16 Futuros. El análisis revela que el modelo EGARCH se ajusta mejor a los datos para ambos casos, el azúcar No. 11 y azúcar No. 16. El sesgo de la volatilidad generada por el EGARCH es casi plano para el azúcar No. 11, mientras que el sesgo de la volatilidad generada por el GJR – GARCH, en ambos azúcares N ° 11 y N ° 16, tiene la forma típica de un sesgo de oferta, siendo casi paralelas . El sesgo de la volatilidad generada por el EGARCH para el azúcar No. 16 también se asemeja a un sesgo de oferta.
Palabras clave: GARCH, EGARCH, GJR - GARCH, volatilidad, sesgo de la volatilidad, sesgo de oferta, azúcar.

INTRODUCTION

Sugar is one of the main soft commodities of Cuba and with the lifting of embargoes and sanctions by the U.S. in the future will inevitably remain and increase as an important contribution to the country's economic prosperity. In this presentation, GARCH models are used to analyse this commodity to measure market reaction to the deviations in volatility persistence resulting from economic, climate and political factors in the world.

MATERIAL AND METHODS

The dataset under consideration comprises the daily closing values for Intercontinental Exchange Sugar No. 11 Futures and Sugar No. 16 Futures obtained from Thomson Reuters Eikon, for the period 29 September 2008 until 31 March 2015.The dataset is analysed by means of three GARCH family models, namely GARCH, GJR-GARCH and EGARCH. Brooks (2014) specifies the GARCH (1,1) model as:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 ,$$

where σ equals the estimated conditional variance for one-period ahead based on any past information that is relevant. The GJR-GARCH model captures the asymmetric effects of positive and negative random shocks in the market and, according to Brooks (2014), the model specifications are:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma u_{t-1}^2 \mathbb{1}_{\{u_{t-1}<0\}} .$$

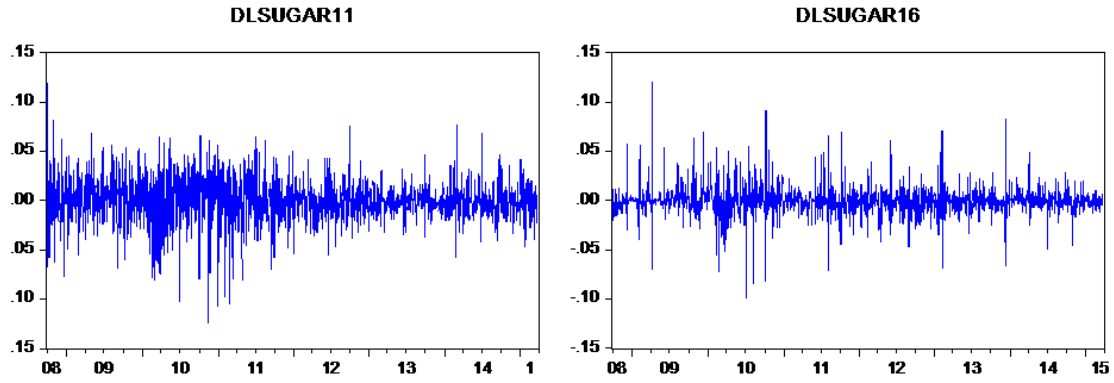
The leverage effect in the GJR-GARCH model is captured by the positive value of the asymmetry term (γ). The EGARCH model, as defined by Nelson (1991), captures asymmetric effects. The asymmetric effect is the leverage effect in relationship to the impact on volatility of news. The effect captured by the EGARCH relates to the increase in volatility when the underlying equity prices decrease i.e. bad news rather than an increase in prices i.e. good news on a similar level. The leverage effect cannot be clarified by the ARCH and GARCH models. The model specification of the EGARCH model used as defined by Brooks (2014) is:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] .$$

The Duan et al. (2006) option pricing method, which uses the GJR-GARCH and EGARCH calibrated implied volatility and the Black-Scholes-Merton option pricing model, is employed to generate the implied volatility skews for Sugar No. 11 and Sugar No. 16. A volatility skew is a curve in the *XY-plane* obtained by plotting implied volatility versus strike price. To free a volatility skew of the unit of currency of the strike price, the strike price K is substituted by *moneyness*, i.e. K/S_0, where S_0 is the first observed price of the stock in the data sample. See Chen Eisenman (2014) and Kotze et al. (2014) for more information on volatility skews.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1: Line graphs depicting logarithmic returns of Sugar No. 11 and Sugar No. 16.



Source: Researchers' findings.

Figure 1 seems to indicate that Sugar No.11 and Sugar No. 16 tend to exhibit signs of volatility clustering.

Table 1: Dickey Fuller and Phillips Perron Unit Root Tests, and ARCH LM Tests

	ADF UNIT ROOT TEST		**ARCH LM TEST**	
	ADF	**PP**	**F-Statistic**	**Obs*R-squared**
Sugar #11	-45.3376***	-45.3381***	12.59***	12.5266***
Sugar #16	-47.9084***	-47.8616***	24.6708***	24.4066***
*(**) [***]: Statistically significant at a 10(5)[1] % level				

Source: Researchers' findings.

In Table 1, the unit root tests above show that the returns series are stationary at level, at a one percent level of significance. Moreover, the ARCH LM test confirms that there is evidence of ARCH effects.

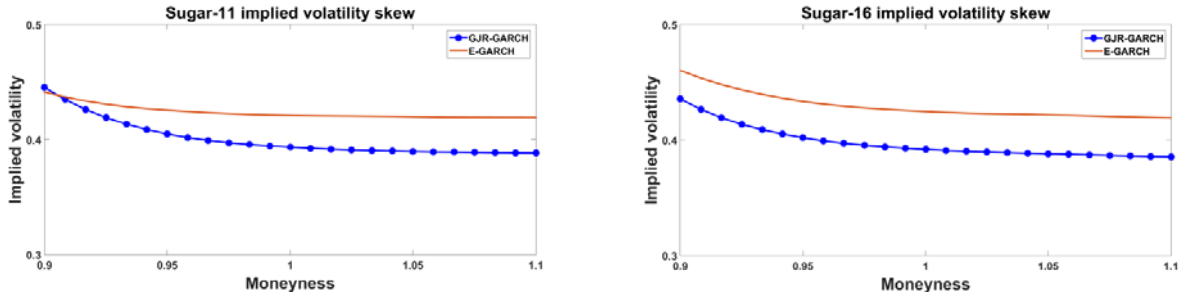
Table 2: GARCH parameter estimates

		ω	α	ß	γ	AIC	SIC
GARCH (1,1)	Sugar #11	2.97E-06	0.0482***	0.9453***	-	-4.9056	-4.8923
	Sugar #16	1.02E-04	0.5213***	0.1129***	-	-5.7845	-5.7711
GJR-GARCH	Sugar #11	3.05E-06	0.0523***	0.9442***	-0.0066	-4.9046	-4.8879
	Sugar #16	9.56E-05	0.4354***	0.1542***	0.1382*	-5.7839	-5.7672
EGARCH	Sugar #11	-0.1459	0.0946***	0.9905***	0.0179***	-4.9107	-4.8939
	Sugar #16	-4.3056	0.6414***	0.5499***	-0.0466*	-5.8037	-5.787
*(**) [***]: Statistically significant at a 10(5)[1] % level							

Source: Researchers' findings.

The α and β coefficients of the models above are statistically significant at a one percent level of significance. The sum of the α and βcoefficients of Sugar No. 11 is close to unity. This suggests that a shock to Sugar No. 11 will be persistent. The γ coefficient (GJR-model) of Sugar No. 11 is statistically insignificant; this implies that there is no asymmetry in the news (see Asteriou and Hall (2014)). There is evidence of the leverage effect at a ten percent level of significance when the Sugar No. 16 coefficients are considered according to the GJR-GARCH model and the EGARCH model. The information criterion indicates that the EGARCH model is the best for Sugar No. 11 and Sugar No.16.

Figure 2: Volatility skews generated by GJR-GARCH and EGARCH implied volatility. The duration of the option is 30 days and the interest rate is 2.25% (the benchmark interest rate in Cuban).



Source: Researchers' findings.

Figure 2 indicates that the E-GARCH model yields almost a straight line for the implied volatility for Sugar No.11, while the GJR-GARCH generated implied volatility skew yields a steeper curve. For Sugar No. 16, both the model generated implied volatility skews resemble that of the GJR-GARCH generated volatility skew of Sugar No. 11 and the curves are almost parallel. All the volatility skews in Figure 2 have higher implied volatility for lower strikes and lower implied volatility for higher strikes. Such skews are known as supply skews. Supply refers to the natural hedging activity of the major market players who have a supply of something they need to hedge. The natural hedge for producers of sugar is to buy puts in order to protect the value of their supply of sugar and sell calls to offset the prices of the puts.

CONCLUSION

Sugar No.11 and Sugar No. 16 tend to exhibit signs of volatility clustering; Sugar No. 11 is the more volatile of the two. A shock to Sugar No. 11 will be persistent, but this does not hold for Sugar No. 16. There is no

asymmetry for Sugar No. 11 and there is leverage for Sugar No. 16. The EGARCH model fits the data best for both Sugar No. 11 and Sugar No. 16.The EGARC generated implied volatility skew is almost flat for Sugar No. 11, while the GJR-GARCH generated volatility skews for both Sugar No. 11 and Sugar No. 16 are almost parallel. All the implied volatility skews are supply skews for which the natural hedging strategy is to buy puts for protection and sell calls to cover the prices of the puts.

ACKNOWLEDGEMENT

The research of the first named author was supported by the NRF (Grant No. 87502). The authors would also like to thank Guillermo Curbera, Dario Darji and Antonie Kotze for helpful comments.

BIBLIOGRAPHY

[1] Brooks,C. Introductory Econometrics for Finance. Cambridge: University Press, 2014, ISBN: 9780521694681.
[2] Nelson, D. 1991. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach.Econometrica,1991, 59**,** 347-370.
[3] Duan, J-C, Gauthier, G, Simonata, J-G, Sasseville. Approximating the GJR-GARCH and the EGARCH option pricing models analytically. Journal of Computational Finance, 2006, 9 (3), 1-41.
[4] Chen Eisenman, K. Agricultural Volatility and Options. Bloomberg, 2014. http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/download/Arquivo3.pdf [Accessed 25 May, 2105]
[5] Kotze A, Oosthuizen R, Pindza E. Implied and local volatility surfaces for South African Index and foreign exchange options. Journal of Risk and Financial Management, 2015, 8, 43-82.
[6] Asteriou, D., Hall, G. Applied Econometrics Second Edition, Palgrave Macmillan. 2011, ISBN 10 0230271820.

SUGAR PRODUCTION AND EXPORT TRENDS

TENDENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE AZÚCAR

Corlise le Roux
University of Johannesburg, Department of Finance and Investment Management, South Africa
corlisel@uj.ac.za

ABSTRACT

Sugar production and export trends will be investigated to identify growth patterns in these variables. The area harvested in terms of hectares and the yield of the crop in terms of hectograms per hectare as well as the average precipitation in mm of the countries and region included will be compared to the production and export values over the period from 1990 - 2015. 19 countries and 1 region are included in the study, namely, Argentina, Australia, Brazil, China, Colombia, Cuba, Egypt, European Union, Guatemala, India, Indonesia, Mexico, Pakistan, Philippines, Russia, South Africa, Thailand, Turkey, Ukraine, and United States. The strongest growth patterns are seen in Brazil, China, Guatemala, Mexico, Pakistan and Thailand who had both an increase in the area harvested and yield. Of interest is the countries that decreased the area harvested but increased the yield of the crop, namely Cuba, Russia, Turkey and Ukraine.
Keywords: Sugar, production, export, precipitation.

RESUMEN

Las tendencias de la producción y exportación de azúcar son investigadas para identificar patrones de crecimiento en esas variables. El área cosechada en términos de hectáreas y el rendimiento en términos de hectogramos por hectáreas así como la precipitación promedio en milímetros de los países y la región analizados se comparan con los valores de producción y exportación en el período 1990 – 2015. Diecinueve países y una región se incluyen en el estudio, siendo, Argentina, Australia, Brasil, China, Colombia, Cuba, Egipto, Unión Europea, Guatemala, India, Indonesia, México, Pakistán, Filipinas, Rusia, Suráfrica, Tailandia, Turquía, Ucrania y los Estados Unidos. Los mayores patrones de crecimiento se observan en Brasil, China, Guatemala, México, Pakistán y Tailandia, que tienen tanto un incremento en el área cosechada como el rendimiento. Es de interés que países como Cuba, Rusia, Turquía y Ucrania presenten una disminución del área cosechada y un incremento en el rendimiento.
Palabras claves: azúcar, producción, exportación, precipitación.

INTRODUCTION

Commodities are valuable resources for the world today and are used in many different ways depending on which commodity is in question. Sugar, being a soft agricultural commodity is dependent on numerous factors to serve the population. Factors such as the environment, including available land, correct soil, precipitation and sunshine are all basic factors required for growth. In addition to the environmental factors, technology also plays an important role as with technology, mechanical and scientific the production can be increased per set area and the speed at which the crop is managed is improved.

Sugar is a commodity that is used in almost every household and workplace in the world in many different forms and processes (Jati, 2013). The growth trends of sugar will be investigated to identify possible areas of interest for the investor and for further research. The remainder of the paper is structured as follows; part 2

discusses the methodology and explanation of the data. Part 3 illustrates the results and discussed the findings. The final part, part 4, discusses the conclusion of the study.

MATERIAL AND METHODS

The annual sugar production and sugar export values in terms of thousands metric ton for 19 countries and 1 region will be compared in terms of historical data obtained from Thomson Reuters Datastream from the United States Department of Agriculture (2015) database and line graphs from EViews. The countries and regions were selected according to the sugar production list published by the United States Department of Agriculture (2015). The sample period included in the study is from 1990 – 2015. The production and export pattern will be compared to the average precipitation in depth (mm per year), which is the long-term average in depth of annual precipitation, obtained from the World Bank (2015) as well as the area harvested and yield of the crop (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, 2015).

A brief comparison will be done to identify trends in sugar production and export, related to the area harvested, the yield of the crop as well as the annual precipitation of the 19 countries and 1 region to provide a comparison which can be used for further studies when exploring the sugar commodity market. The other countries that produce sugar have been excluded from this study as their individual production per year is very small.

RESULTS AND DISCUSSION

The 19 countries and 1 region included in the paper are stated below along with the Thomson Reuters Datastream codes which are included in this paper in the tables shown in the remainder of the results and discussion section. The codes for production (ending in CSCPRT) and exports (CSCEXT) are shown per country below in Table I.

Table I: Country specific information

Country	**Production code**	**Range (1000 Metric Ton)**	**Current World Ranking**	**Export code**	**Range (1000 Metric Ton)**	**Current World Ranking**	**Average rainfall (mm)**
Argentina	AGCSCPRT	800 – 2600	16	AGCSCEXT	0 – 800	NA	591
Australia	AUCSCPRT	3000 – 6000	9	AUCSCEXT	2000 – 4800	3	534
Brazil	BRCSCPRT	5000 – 40000	1	BRCSCEXT	0 – 28000	1	1761
Colombia	CBCSCPRT	1400 – 2800	14	CBCSCEXT	200 – 1400	9	3240
China	CHCSCPRT	4000 – 16000	4	CHCSCEXT	0 – 1600	NA	645
Cuba	CUCSCPRT	1000 – 9000	17	CUCSCEXT	0 – 8000	8	1335
European Union	ECCSCPRT*	14000 - 22000	3	ECCSCEXT*	1000 – 9000	6	Not stated
Egypt	EYCSCPRT	800 – 2200	16	EYCSCEXT	0 – 600	NA	51
Guatemala	GWCSCPRT	800 – 3200	11	GWCSCE	400 – 2000	4	1996

				XT			
Indonesia	IDCSCPRT	1400 – 2600	12	IDCSCEXT	0 – 20	NA	2702
India	INCSCPRT	8000 – 32000	2	INCSCEXT	0 – 7000	7	1083
Mexico	MXCSCPRT	3000 – 8000	7	MXCSCEXT	0 – 2800	5	758
Philippines	PHCSCPRT	1600 – 2600	12	PHCSCEXT	0 – 600	NA	2348
Pakistan	PKCSCPRT	1500 – 5500	8	PKCSCEXT	0 – 1200	NA	494
Russia	RSCSCPRT	1000 – 6000	10	RSCSCEXT	0 – 500	NA	460
South Africa	SACSCPRT	1200 – 3200	15	SACSCEXT	0 – 1600	10	495
Thailand	THCSCPRT	3000 – 12000	5	THCSCEXT	2000 – 9000	2	1622
Turkey	TKCSCPRT	1200 – 3200	13	TKCSCEXT	0 – 900	NA	593
Ukraine	URCSCPRT	1000 – 6000	18	URCSCEXT	0 – 5000	NA	565
United States	USCSCPRT	6000 - 8400	6	USCSCEXT	100 – 700	NA	715

Source: Thomson Reuters Datastream (United States Department of Agriculture) and the World Bank, 2015
*The codes for the European Union on Thomson Reuters Datastream are separated into year groups, the other codes are EX and EZ for the sample period selected, however the codes have been combined into EC.

In Table II the selected figures, namely the 1993, 2003 and 2013 figures for area harvested and the yield of the sugar cane crop for each country and region included in the study are shown.

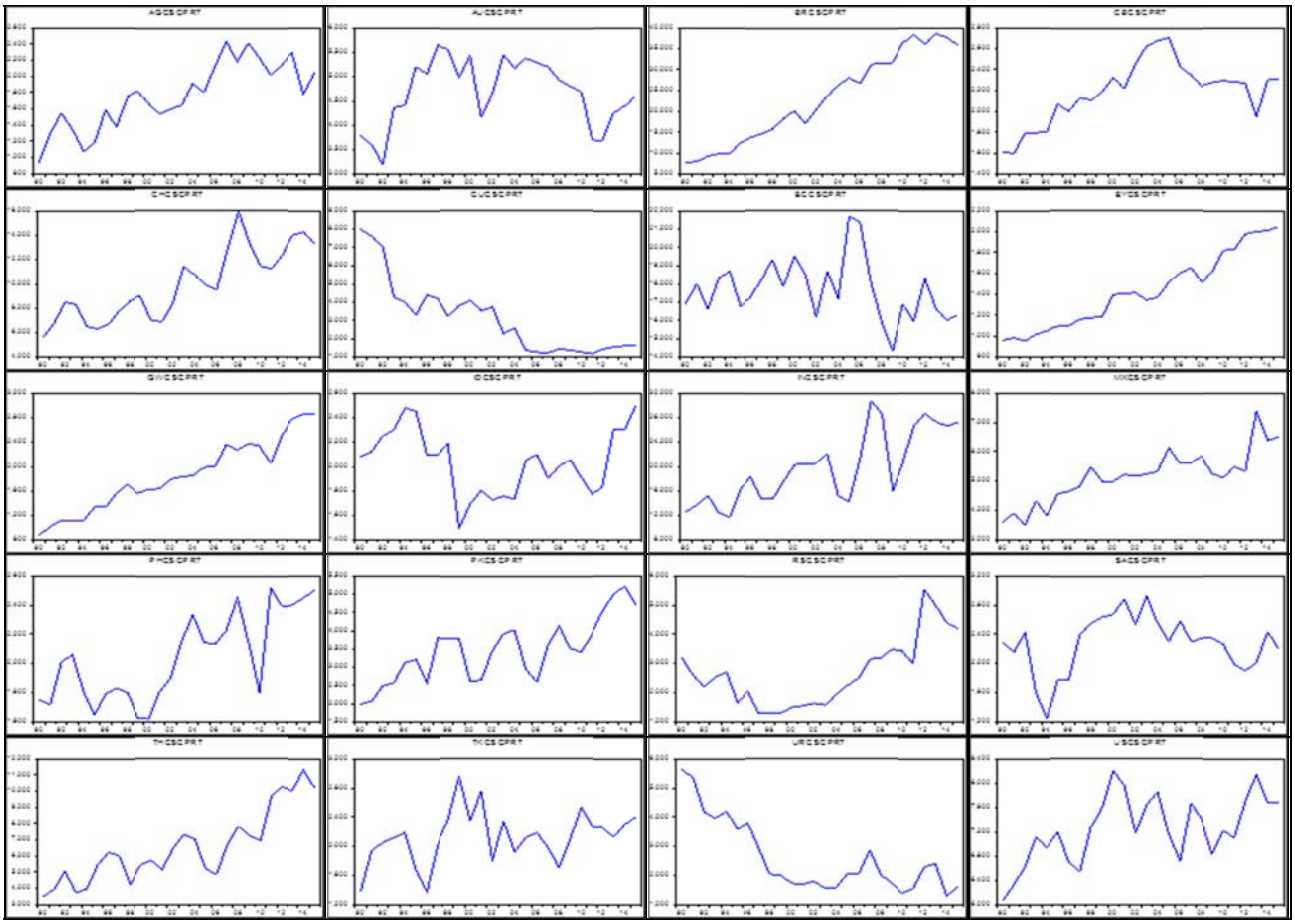
Table II: Area harvested and yield of sugar cane

	Area Harvested in Hectares (10000m²)			**Yield in Hectogram (100g) per Hectare**		
Country	**1993**	**2003**	**2013**	**1993**	**2003**	**2013**
Argentina	225910	295000	370000	630782.2	747457.6	640540.5
Australia	328000	448000	329303	852408.5	825781.3	824046
Brazil	3863700	5371020	10195166	632892.6	737312.5	753386.9
Colombia	381142	398562	405737	800226.7	992140.4	859579.8
China	1152703	1431800	1825390	598569.7	642822.3	705881.5
Cuba	1211700	643800	402800	360650.3	343274.3	399702.1
European Union	2014	1150	64	768967.2	759556.5	851562.5
Egypt	116907	137485	141700	1061683	1181617	1136203
Guatemala	129150	192000	261520	909105.7	906250	1006985
Indonesia	417634	335725	450000	790165.6	729763.9	748888.9
India	3570000	4520300	5060000	638739.5	635761.3	674308.3
Mexico	561686	644398	782801	764323.1	736873.6	781578.9
Philippines	384009	383900	435405	774669.3	807502	732054.1
Pakistan	884600	1099600	1128800	430238.5	473406.7	564758.2

Russia	1333300	853290	889506	191014.1	227163.7	442056.2
South Africa	265876	327000	325000	422919	624432.2	553846.2
Thailand	991680	1105111	1321600	401611.4	671955.3	757385
Turkey	421582	315303	291000	370521	400341.9	566426.1
Ukraine	1519000	665600	270410	221968.5	201200.4	399001.5
United States	383800	401574	368588	735122.5	843132.3	757104

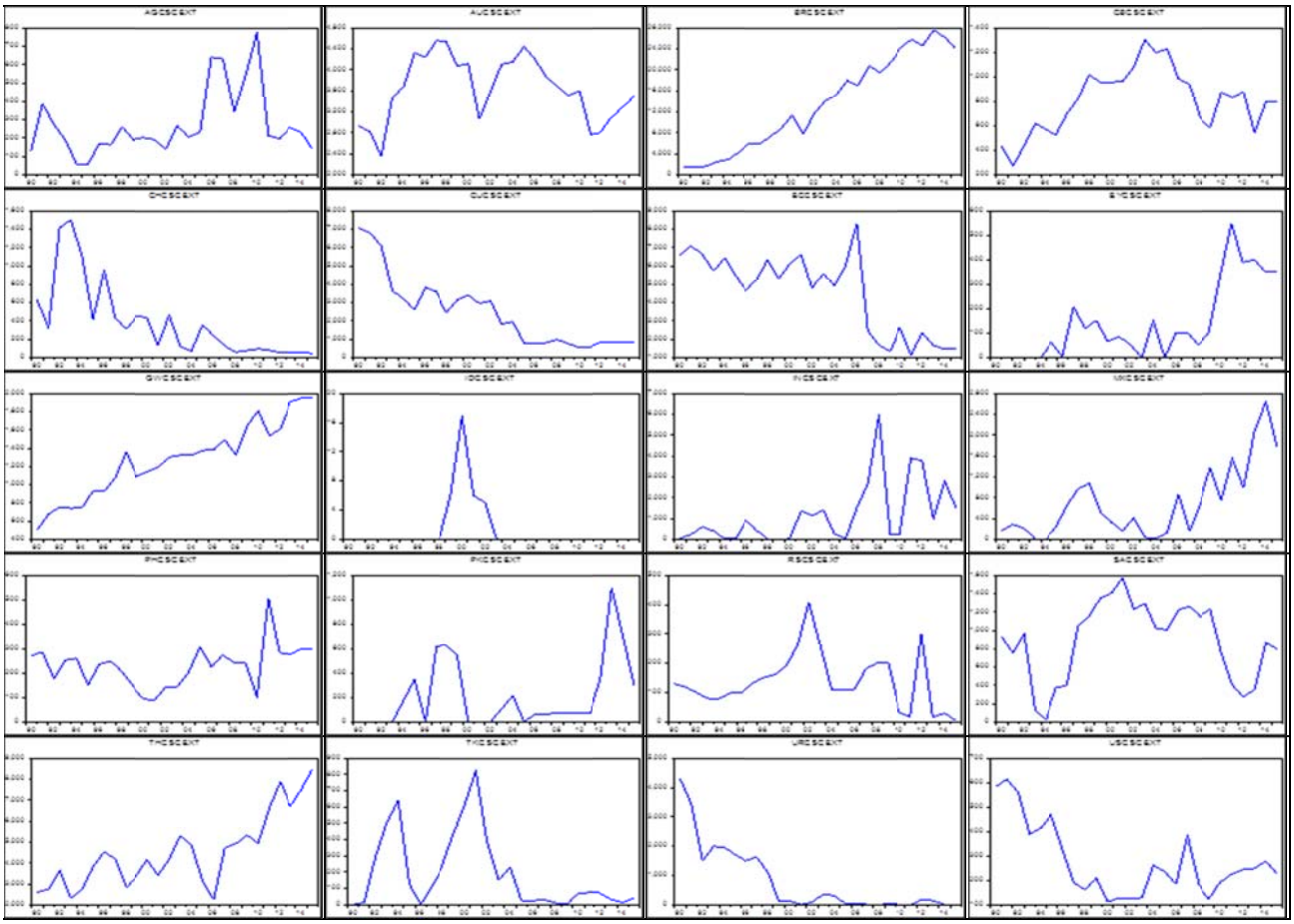
Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, 2015

Figures 1 and 2 show the annual production and annual export trends from 1990 to 2015 in alphabetical order according to the production and exports code shown in Table I.



Source: Researchers own data

Figure 1: Annual production of centrifugal sugar from 1990 - 2015



Source: Researchers own data

Figure 2: Annual export of centrifugal sugar from 1990 – 2015

Notable growth patterns shown in the data above are that certain countries decreased the amount of area harvested, but increased their yield. These countries are Cuba, Russia, Turkey and Ukraine. Other countries have increased both the area harvested and the yield, namely Brazil, China, Guatemala, Mexico, Pakistan and Thailand. Brazil shows the largest growth which places them as the top producer in the world.

CONCLUSION

The area harvested and the yield per hectare does not necessarily have to be increased in a direct relationship to benefit from the sugar production. Brazil has done both, which has placed them in the position of being top producer in the world, but India has not shown a strong increase in yield, but yet they are the second largest producer of sugar in the world. For the countries that have a lower amount of hectares available for harvesting, an increase in the yield per hectare harvested could result in these countries increasing their annual production. However, prospects of droughts are threatening many countries producing sugar which could see the production figures decreasing in the future for certain countries (USDA Foreign Agricultural Service, 2015).

REFERENCES

[1] Jati, K., 2013. Sugar Commodity Price Analysis: Examining Sugar Producer Countries. International Journal of Trade, Economics and finance, 4(5). 288 – 295.
[2] United States Department of Agriculture (2015). Available from: http://www.usda.gov.
[3] World Bank (2015). Available from: http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.PRCP.MM.
[4] Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, 2015. Available from: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.
[5] USDA Foreign Agricultural Service, 2015. http://www.fas.usda.gov/.

OPTIMAL CROSS HEDGING RATIO FOR SUGAR 11 AND 16 FUTURES CONTRACT

MEJOR RATIO DE COBERTURA CRUZ DE AZÚCAR 11 Y 16 DE FUTUROS CONTRATO

Corlise le Roux and Niël Oberholzer*
University of Johannesburg, Department of Finance and Investment Management, South Africa
*nielo@uj.ac.za

ABSTRACT

The optimal cross hedge ratio between sugar 11 and 16 futures contract will be investigated to determine whether it is possible to cross-hedge between the two contracts. The analysis of these variable include the use of regression and Engle-Granger cointegration. The empirical results of the study indicate that more contracts are required in the optimal relationship when cointegration is taken into account. Less sugar 11 contracts are required to hedge sugar 16 contracts. The results indicate that opportunity exists to minimise hedging costs using sugar 11 contracts to hedge sugar 16 contracts.
Keywords: Hedging ratio, Sugar 11, Sugar 16, Futures

RESUMEN

La razón de cobertura cruzada óptima entre los contratos de azúcar a futuro 11 y 16 se investiga para determinar si es posible lograr una cobertura cruzada entre los dos contratos. El análisis de estas variables incluye el uso de la regresión y de la co-integración Engle-Granger. Los resultados empíricos del estudio indican que deben aparecer más contratos en la relación óptima cuando la co-integración se toma en cuenta. Menos contratos 11 se requieren para cubrir contratos 16. Los resultados indican que existe una oportunidad de minimizar los costos de cobertura, usando contratos 11 que cubren los contratos 16.
Palabras clave: Razón de cobertura, azúcar 11, azúcar 16, futuros.

INTRODUCTION

Economically under-developed and developing countries produce and export large quantitates of raw material commodities. These commodity exports range from metals, energy to agricultural and in certain countries these exports are concentrated within one or two commodities (Cashin et al., 1999). The impact of price volatility and market shocks result in either economic success or failure. Uncertainty regarding price volatility results in financial uncertainty for export commodity driven economies. Thus resulting in uncertainty related to taxes, royalties and dividend income in heavily state-owned commodity sectors.

The ever presence of these risks has been the main incentive for producers and consumers of agricultural commodities to reduce risk by making use of hedging instruments. However, it is of importance to disguise the fact that hedging only reduces risk and does not eliminate risk in totality. Therefore, hedging is only a specific action taken to manage risk for the sole purpose of aligning the actual level of risk with a desired level of risk (Chance and Brooks, 2010). Thus, the action of hedging reduces the “gain potential” underlying a favourable price movement as well as the “loss potential” underlying a negative price movement for the producer or consumer.

It is of importance to consider the concept of hedging. Firstly, the specific hedge needs to be appropriate in other words the hedge must be position “offsetting” and secondly, basis risk needs to be considered. Basis is the difference between the spot and the future price. Hedging entails the assumption of basis risk, which is the uncertainty of the movement in the basis over the hedge term. The risk associated with the basis is less variable than the risk related to changes in the spot price of the underlying commodity or asset. Thus,

resulting in a less risky trading activity than unhedged positions (Hull, 2009, Chance and Brooks, 2010). Thirdly, as very few hedges are held to maturity, very few can be expressed as “perfect hedges”. Finally, although hedging incurs costs, such as transaction -, insurance -, transport - and storage costs these costs does not influence or introduce risks but only the influence the profitability of the hedge.

Cointegration as defined by Granger (1981) and formalised by Engle and Granger (1987), identifies a stable long run relationship between non-stationary time series, for example, prices. In this paper the optimal cross hedging relationship between the sugar 11 and 16 futures contract will be explored by investigating (1) the short-term fluctuations between the two prices and (2) by taking into account the long-run stable relationship between the prices.

The remainder of the paper is structured as follows; part 2 discusses the data. Part 3 shows the results and interpretation of the findings. Part 4, discusses the conclusion of the study.

MATERIAL AND METHODS

The dataset used represents 1610 daily observation of the closing values of the sugar 11 and 16 future contracts. The period of the study is from 1 October 2008 to 31 March 2015. All data was obtained from Thomson Reuters Eikon. R was used to analyse the data.

A simple regression on price change model as defined by Hull (2009) was used. The coefficient of the independent variable indicates the optimal hedge ratio.

$$\Delta C_t = \beta_1 \Delta F_t$$

No intercept term is included in the above regression model. This is because we assume zero cash holdings. ΔF_t is the change in the price of the instrument used to hedge exposure, and ΔC_t is the difference in the prices of the instrument being hedged. Another approach is to take the long run relationship between the two variables if it exists. The coefficient of ΔF_t is the optimal hedge ratio.

$$C_t = \alpha_0 + \beta_1 F_t + u_t$$

Where u_t is the residuals obtained from the regression. If a long run relationship exists between the two variables included, an error correction model (ECM) can be estimated.

RESULTS AND DISCUSSION

As can be seen in Figure 1 below the sugar futures price for the contracts 11 and 16 display high levels of price volatility. The two contracts display a high level of price correlation from the beginning of the study period until the second quarter in 2013 when it seems that the two contracts show diversions in market price.

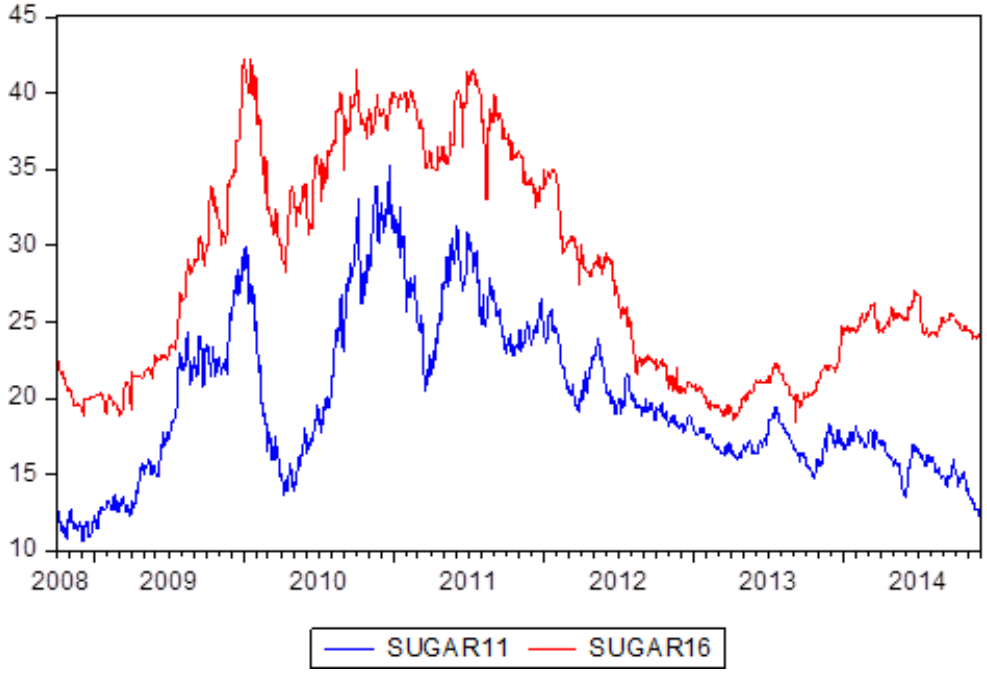


Figure 1: Price line graph for sugar 11(bottom) and sugar 16 (top) future contracts
Source: Researchers own data

In Table I the single regression results are shown where the differenced sugar prices are regressed on each other. The coefficients for the Sugar 11 and 16 are displayed below. The coefficient for Sugar 11 is smaller indicating that a smaller number of contracts are needed for the optimal hedge ratio.

Table I: Single regression results

Independent variable	**Coefficient**	**Standard error**	**t-statistic**	R^2
Δ Sugar 16	0.2964	0.0260	11.3838***	0.0746
Δ Sugar 11	0.2516	0.0221	11.3838***	0.0746

*(**) [***]: Statistically significant at a 10(5)[1] % level

Source: Researchers own data

Table II and III display the results of the cointegration test. Both single regressions show that roughly 70% of the variation in each respective dependent variable is explained by the independent variable. The augmented Dickey Fuller unit root test was performed on the residuals obtained from these regressions. Both residual series are stationary at level, this implies that the sugar 11 and sugar 16 are cointegrated and hence have a long run linear relationship. This long run relationship can be taken into consideration by estimating an ECM.

Table II: Single Regression (at level)

Independent variable	**Intercept**	**Coefficient**	**t-statistic**	R^2
Sugar 16	3.3125	0.621	7.9009***	0.7031
Sugar 11	5.7547	1.1324	61.737***	0.7033

*(**) [***]: Statistically significant at a 10(5)[1] % level

Source: Researchers own data

Table III: Engle Granger Cointegration test

Independent variable	ADF	p-value
Sugar 16	-2.8944	0.0037
Sugar 11	-3.3852	0.0007

Source: Researchers own data

The error correction coefficients of the models shown in Table IV are both negative, this implies that if there is a large deviation between the two prices, it will be corrected by the two prices moving closer to the long run relationship. The optimal hedge ratio is higher in each case when the long run relationship is taken into account. Moreover, the R squared is greater when the error correction coefficient is included. Finally, the standard error of the differenced sugar 11 coefficient is also lower as indicated in Table IV.

Table IV: Error Correction Models

Independent variable	Coefficient	Standard error	t-statistic	Error Correction	t-statistic	R^2
Δ Sugar 16	0.3014	0.0261	11.5655***	-0.0112	-2.6565***	0.0786
Δ Sugar 11	0.2534	0.0220	11.5043***	-0.0101	-3.5335***	0.0817

*(**) [***]: Statistically significant at a 10(5)[1] % level

Source: Researchers own data

CONCLUSION

The optimal cross hedge ratio between sugar 11 and 16 futures contract was investigated to determine whether it is possible to cross-hedge between the two contracts. The empirical results of the study indicate that more contracts are required in the optimal relationship when cointegration is taken into account. Less sugar 11 contracts are required to hedge sugar 16 contracts. The results indicate that opportunity exists to minimise hedging costs using sugar 11 contracts to hedge sugar 16 contracts.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to thank Pierre Venter for interesting discussions related to the paper.

REFERENCES

[1] Cashin, P., Liang, H. & Mcdermott, J. C. 1999. How Persistent are Shocks to World Commodity Prices? International Monetary Fund.

[2] Hull, J. C. 2009. *Options, Futures, and Other Derivatives*, Pearson Prentice Hall.

[3] Chance, D. M. & Brooks, R. 2010. *An Introduction to Derivatives and Risk Management,* Canada, South-Western, Cengage Learning.

[4] Granger, C. W. J. 1981. Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification. *Journal of Econometrics,* 16**,** 121-130.

[5] Engle, R. F. & Granger, C. W. J. 1987. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica,* 55**,** 251-276.

AN ANALYSIS OF CORN, SUGAR, ETHANOL AND THE USD

UN ANÁLISIS DEL MAIZ, AZÚCAR, ALCOHOL Y EL ÍNDICE DE DÓLAR

Coenraad Labuschagne* and Corlise Le Roux
Department of Finance and Investment Management, University of Johannesburg, PO Box 524, Auckland Park 2006, Johannesburg, South Africa
coenraad.labuschagne@gmail.com

ABSTRACT

The study investigated the relationships present between three soft commodities, namely corn, sugar and ethanol as well as the USD Index that is a proxy for the Cuban Peso. A VAR and VECM analysis is provided of corn, sugar, ethanol and the USD Index as well as a pairwise Granger causality test. The implied volatility skews obtained from the Risk Neutral Historic Distribution (RNHD) model for these commodities are analysed.
Keywords*:* Co integration, volatility skew, corn, sugar, ethanol.

RESUMEN

El estudio investiga las relaciones existentes entre las cotizaciones de los productos agrícolas tales como: maíz, azúcar y alcohol y el índice de dólar como una aproximación del valor del peso cubano. Un análisis VAR y VECM se presenta para las cotizaciones de los productos: maíz, azúcar y alcohol y el índice de dólar, así como la prueba pareada de causalidad de Granger. Los sesgos de la volatilidad implícita obtenida a partir del modelo neutro al riesgo de distribución histórica (en inglés RNHD) son analizados.
Palabras clave: Cointegración, sesgo de la volatilidad, maíz, azúcar, etanol.

INTRODUCTION

Historical time series data for corn, ethanol, sugar and the USD Index will be investigated to determine if any significant relationships are present between the datasets. A further objective of the study is to explore the datasets show any unidirectional or feedback relationships. The remainder of the paper is structured as follows; part 2 discusses the methodology and explanation of the data. Part 3 illustrates the results and interprets the findings. The final part, part 4, discusses the conclusion and implication of the study.

MATERIAL AND METHODS

Historical time-series data comprising of corn, ethanol, sugar and the USD index is included in the paper. The data will be tested for long run and short run relationships by the use of vector autoregression (VAR), Johansen cointegration, vector error correction model (VECM) and pairwise Granger causality tests. A further analysis will be done to identify the volatility skews by the means of the Risk Neutral Historic Distribution (RNHD) model. The sample period included in the study is from January 2008 to December 2014 and consists of weekly data. The empirical analysis was done using EViews and Matlab.

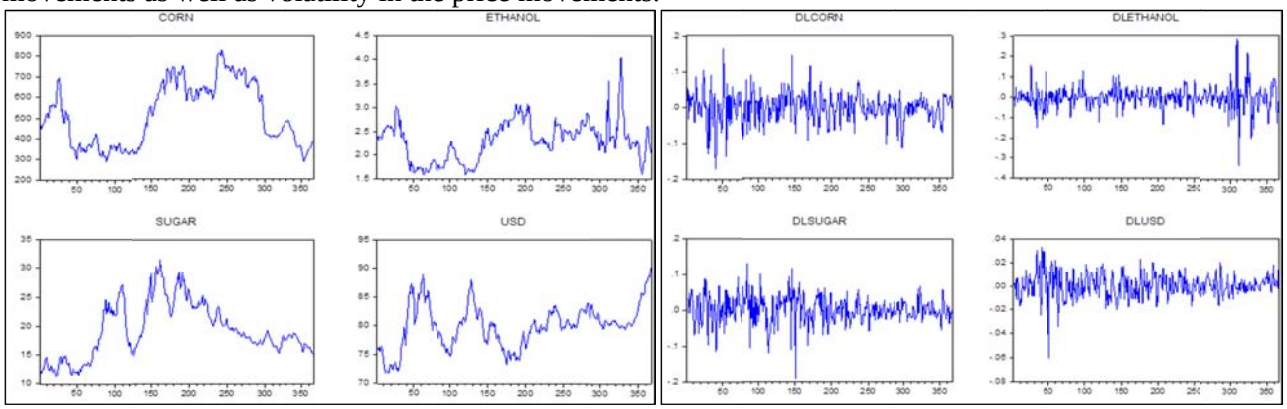
The data was obtained from Thomson Reuters Datastream and the datasets used are as follows (first code represents the daily spot price; the second code represents the log differenced data):

- Corn: CORN, LCORN
- Ethanol: ETHANOL, LETHANOL

- Sugar: SUGAR, LSUGAR
- USD Index: USD, LUSD

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the line graphs as well as the log differenced graphs for the four datasets to show the price movements as well as volatility in the price movements.



Source: Researcher's own data

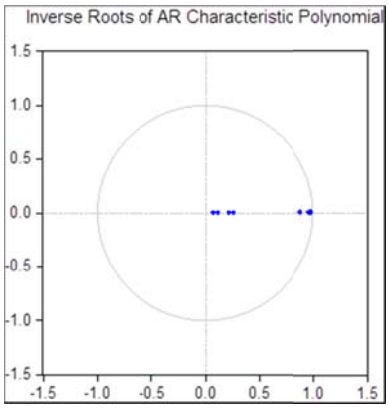
Figure 1: Graphical representation of movement in the four datasets

The correlation matrix indicates that there is a strong positive correlation between corn and ethanol (0.73877), the remaining relationships in the correlation matrix is between -0.48254 and 0.38160). The unit root tests using Augmented Dickey-Fuller (ADF) (Dickey and Fuller, 1981) and Phillips-Perron (PP) (Perron, 1991) indicate that all data is stationary at a first difference level with 1% significance, therefore all tests going forward will be run using logged data. The optimal lag length is two lag lengths are determined by sequential modified LR test statistic (each test at 5% level), Final prediction error, Akaike information criterion and Hannan-Quinn information criterion.

The VAR model indicates that the following are significant explanatory variables, with the associated lag period:

- USD Index: USD Index (-1, -2)
- Corn: Corn (-1, -2), sugar (-1, -2)
- Ethanol: Corn (-1, -2), ethanol (-1), sugar (-1, -2)
- Sugar: Sugar (-1, -2)

The stability test indicates that no root lies outside the unit circle therefore the VAR satisfies the stability condition, as shown in Figure 2.

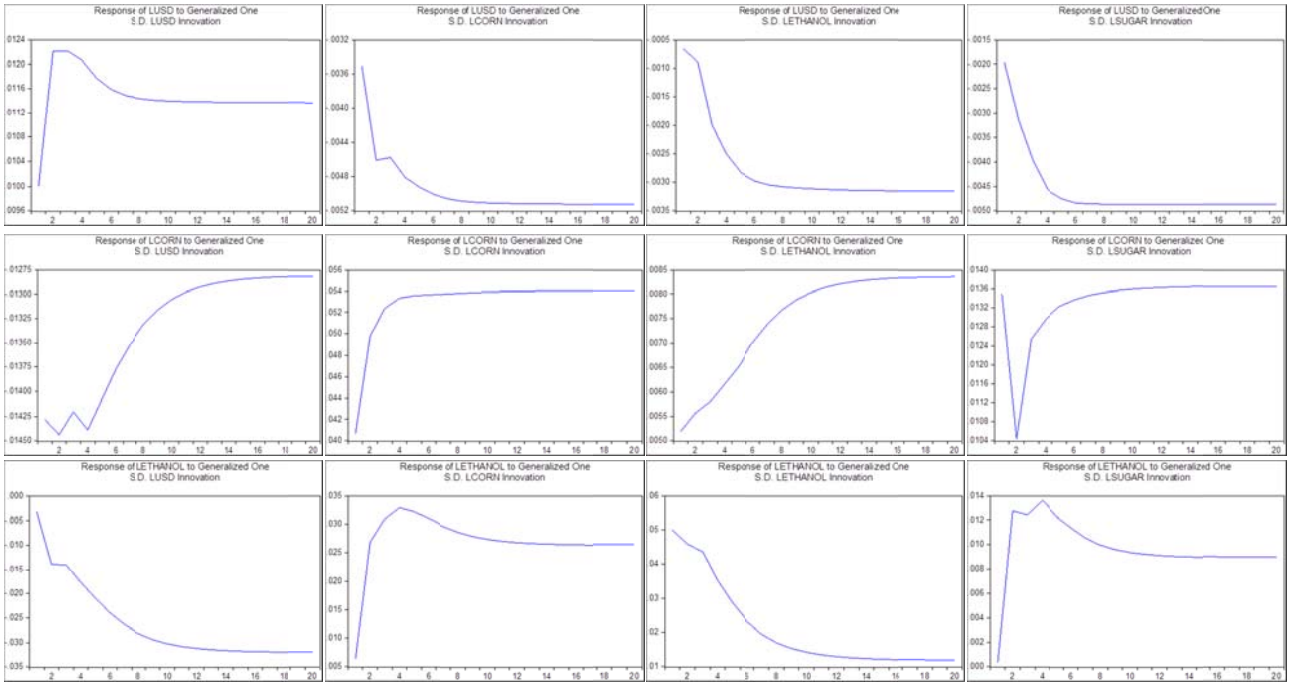


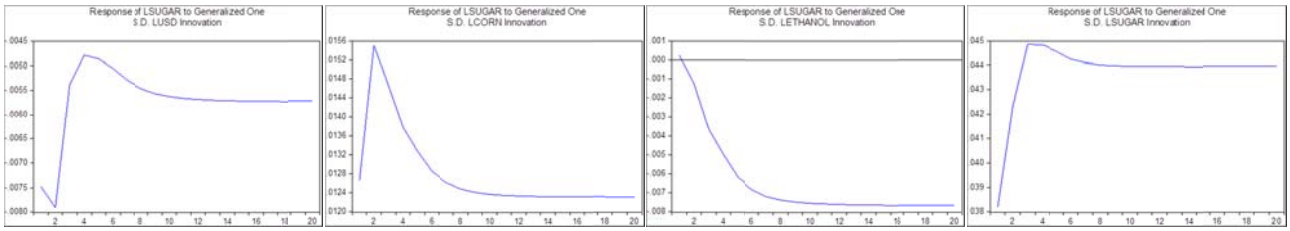
Source: Researcher's own data

Figure 2: Roots of Characteristic Polynomial

The Johansen cointegration test indicates that there is one cointegrating relationship when assuming a linear and quadratic trend with an intercept and trend at a 5% significance level. The VECM shows that in the long run when the USD Index is the dependent variable all the variables are significant moreover corn has a positive impact in the long run and ethanol and sugar have a negative impact. The error correction coefficients of the first cointegrating equation, only the error correction coefficient of ethanol is statistically significant. This suggests that if there is a deviation this will be corrected. The error correction coefficient is closer to zero than -1, therefore this adjustment process will occur slowly.

The impulse response is shown in Figure 3 and illustrates that if corn, ethanol and sugar increase rapidly, the USD Index will decrease rapidly until it reaches a new equilibrium.





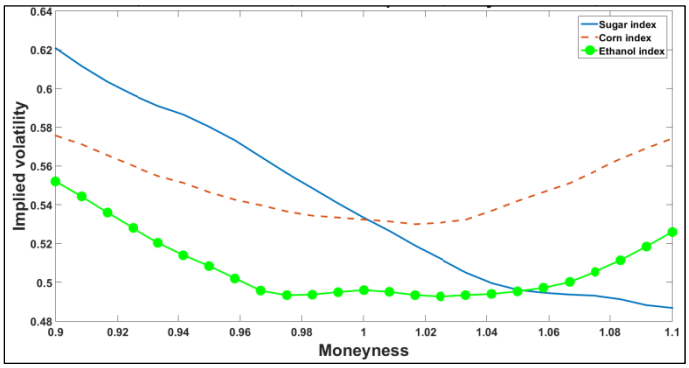
Source: Researcher's own data

Figure 3: Impulse responses

The pairwise Granger causality tests for the four datasets indicate the following unidirectional relationships present between the datasets, using two lags:

- From corn to ethanol
- From sugar to corn
- From sugar to ethanol
- From USD Index to ethanol

No feedback relationships are present in the data.



Source: Researcher's own data

Figure 4: RNHD calibrated implied volatility

There were only 367 data points and the GARCH models did not provide sensible implied volatility skews. Therefore, the volatility skews were generated using the RNHD model (Hunzinger et al., 2014). The ethanol and corn implied volatility skews resemble smiles, while the sugar implied volatility skew resembles a supply skew.

CONCLUSION

The relationships between corn, ethanol, sugar and the USD Index were investigated to determine the long run relationship and associated dynamics of the datasets. The pairwise Granger causality test indicated that there is a unidirectional relationship from corn, sugar and USD Index to ethanol and from sugar to corn. The shapes of volatility skews resembled typical expected shapes, which is supply skews or smiles.

REFERENCES

[1] Dickey, D.A., Fuller, W.A., 1981. Likelihood ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Econometrica, 49(4), 1057- 1072. Available from: http://www.u.arizona.edu/~rlo/readings/278800.pdf (Accessed 15 June 2015).
[2] Perron, P., 1989. The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. Econometrica, 57(6), 1361-1401. Available from: http://www.jstor.org/discover/10.2307/1913712?sid=21106364464643&uid=4&uid=2 (Accessed 15 June 2015).
[3] Hunzinger, C.B., Labuschagne, C.C.A, von Boetticher, S.T. 2014. Volatility skews of indexes of BRICS securities exchanges. Procedia Economics and Finance, 14, 263-272.

MODELLING CURRENCY VOLATILITY OF THE TOP SUGAR EXPORTING COUNTRIES: SYMMETRIC *VS* ASYMMETRIC GARCH MODELS

MODELADO DE LA VOLATILIDAD DEL VALOR DE LA MONEDA PARA LOS PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE AZÚCAR: MODELOS GARCH SIMÉTRICOS *VS*. ASIMÉTRICOS

Niël Oberholzer* and Pierre Venter
University of Johannesburg, Department of Finance and Investment Management, South Africa
*nielo@uj.ac.za

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate which of the GARCH-type family models is the best fitting model for the top sugar export countries in US-dollar value. The research paper will also investigate the presences of the ARCH-effects in the dataset. The results obtained gives no clear answer on both the best fitting model and the presence of leverage. The (asymmetric) GJR-GARCH model is the best fitting model for the 10 currency variables except the Pakistan (DLPKR). The (symmetric) GARCH model is the best fitting model for the Pakistan (DLPKR), and the two sugar future contracts.
Keywords: GARCH, Symmetric, Asymmetric, volatility, currency.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es investigar cual de los modelos del tipo-GARCH representa mejor el valor de las exportaciones en USD de los principales países exportadores de azúcar. También explora la presencia de los efectos ARCH en el conjunto de datos analizados. Los resultados obtenidos no brindan una clara respuesta acerca del mejor modelo ni de la presencia de apalancamiento. El modelo GJR-GARCH asimétrico es que el mejor se adapta a 10 diferentes valores de monedas, excepto Pakistán (DLPKR). El modelo GARCH simétrico es el que mejor se ajusta a los datos de Pakistán y los dos contratos futuros de azúcar.
Palabras clave: GARCH, simétrico, asimétrico, volatilidad, valor de la moneda.

INTRODUCTION

In recent years high agricultural commodity price volatility has solicited the question whether the increase in price volatility, for the underlying commodity and the currency, are the main reason for recent extreme price fluctuations. Apart from volatility related to price uncertainty, commodity and currency, agriculture remains exposed too many risks. These risks include production, market, institutional, personal and financial risks. However, market risk or the uncertainty about price to be obtained for production or the cost for their inputs, is amongst the most important (Huchet-Bourdon, 2011).

The uncertainty about price has many serious implications: (1) resource allocation (2) consumer and (3) producer prosperity. The impact of volatility at a macroeconomic level, influences growth and poverty and may have an extremely damaging impact on poor or emerging economy (Aizenman and Marion, 1993, Ramey and Ramey, 1995, Rodrick, 1999). The negative impact of volatility may even result in an economic crisis with underdeveloped or emerging economy (Acemoglu et al., 2003, Aizenman and Pinto, 2005).

Volatility is the variation, amplitude and frequency of price changes around their mean value. In this paper the currencies of the 15 countries that exported the highest dollar value worth of sugar during 2013 and the sugar 11 and 16 futures contracts will be investigated for (1) the presence of ARCH or leverage effects and

(2) which ARCH type family model fits the volatility present the best. More specifically, is a symmetric or an asymmetric model the best fit? The GARCH(1,1) (Bollerslev, 1986) and GJR-GARCH(1,1) (Glosten et al., 1993) were used in the analysis of the data. The US-dollar Index was included in the analysis.
The remainder of the paper is structured as follows; part 2 discuss the data and methodology used. Part 3 shows the results and interpretation of the findings. Part 4, discuss the conclusion of the study.

MATERIAL AND METHODS

The study period was from 1 October 2008 to 31 March 2015. Daily data was used resulting in 1610 data points. Data was obtained from Thomson Reuters Eikon. (2013). European Union member countries namely Belgium, France, Germany, Netherlands and Poland were consolidated into one as they share the same currency namely the EUR.

The Swaziland Lilangeni was excluded from the analysis as it is pegged to the South African Rand. The Cuban Peso was excluded due to the lack of data. The remaining nine currencies including the US-dollar Index (DLDXY) were: Brazil (DLBRL), Thailand (DLTHB), European Union (DLEUR) Mexico (DLMXN), India (DLINR), Guatemala (DLGTQ), Pakistan (DLPKR), South Africa (DLZAR), Colombia (DLCOP) and sugar futures 11 (DLSugar11) and 16 (DLSugar16).

The data set analysis included unit root testing, testing for ARCH effects and the fitting of GARCH family type models The Akaike, Bayes, Shibata and Hannan-Quinn were used to test the relative quality of each of the statistical models relative to one another. The GARCH model (symmetric) is nested in the GJR-GARCH model (asymmetric), therefore it is ideal to compare these models using information criterion. The GARCH allows the conditional variance to be used dependent upon its own lags. Brooks (2008) specify the GARCH (1:1) model as:

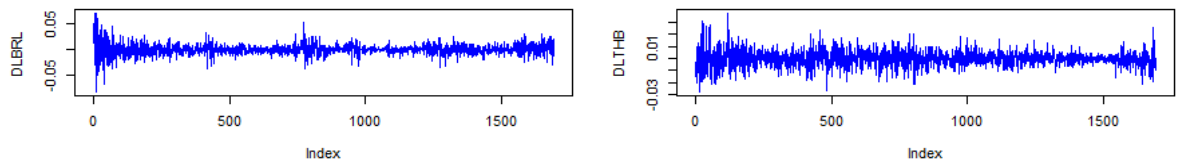
$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Where σ equals the estimated conditional variance for one-period ahead based on any past information that is relevant. The GJR-GARCH model for conditional variance as specified by Brooks (2008) was used. The model specifications are:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma u_{t-1}^2 \mathbf{1}_{\{u_{t-1}<0\}}$$

Results and Discussion

The volatility of the returns for all the variables used can be seen in Figure 1.



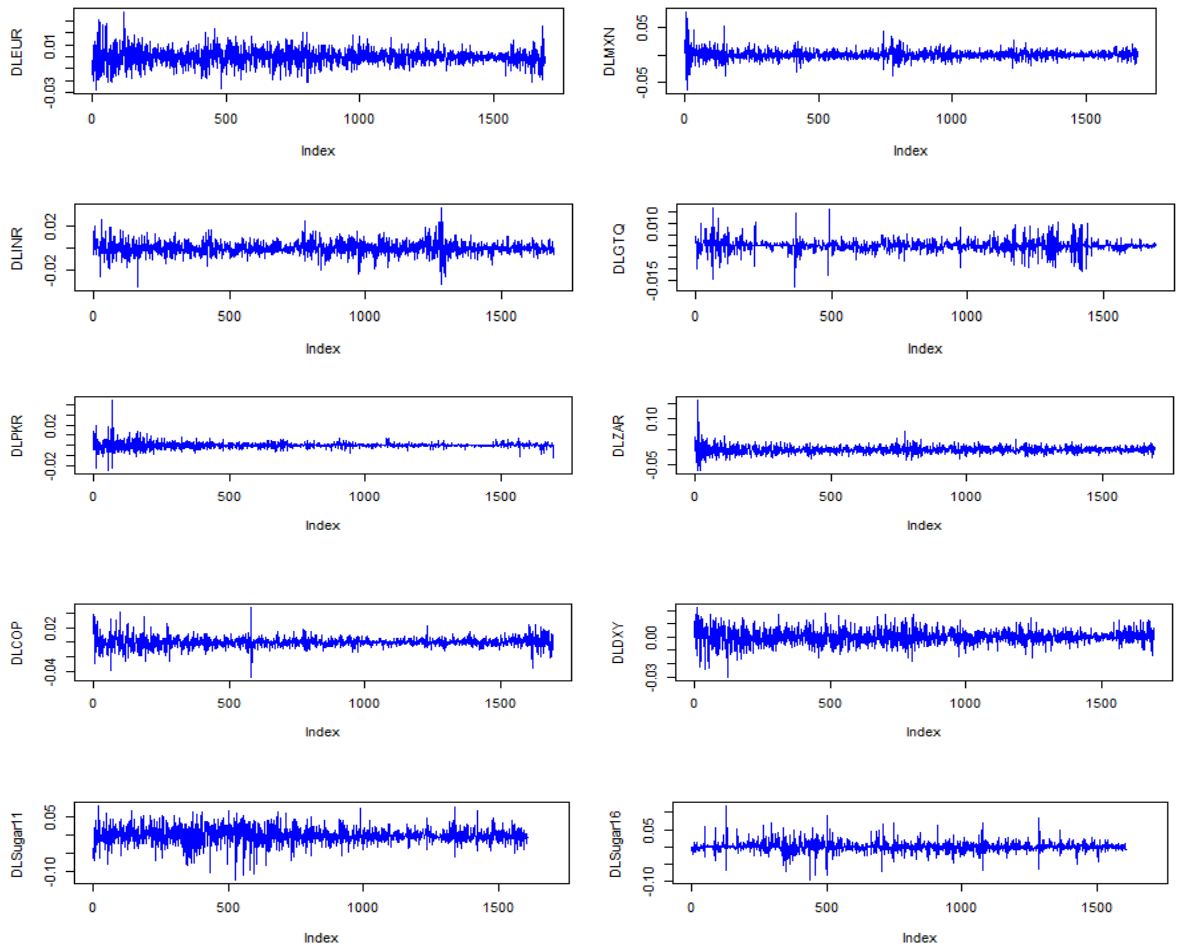


Figure 1: Volatility of the returns for all the variables

Source: Researcher own data

The GARCH model allows the conditional variance to be used dependent upon its own lags. The GJR-GARCH model captures the asymmetric effects of positive and negative random shocks in the market (Neokosmidis, 2009). In the analysis of the variables included in the dataset no clear answer was attained regarding leverage and the best fitting volatility model, as indicated in Table I. Of the 13 variables investigated it is only the Pakistani Rupee (PKR) and the two sugar future contracts were the GARCH model is the best fitting model.

The results obtained for the leverage effect is also mixed. However, it is important to note that the sugar 16 future contract indicate the presence of the leverage effect. This would indicate that the introduction of information shocks positive or negative will result in an increase in volatility. A negative shock will have a greater impact on volatility than a positive shock and it will take longer to return to normal. The leverage effect is not present in the sugar 11 futures contract. The results for the currencies is also mixed regarding the existence of the leverage effect. However, the results indicate that the lack of leverage is present in 7 out of 10 currencies analysed.

It is of importance to note that both the sugar 11 and 16 future contract as well as the PKR is not significant. The result for these three datasets are the only variables were the GARCH model is the best fitting model.

However, the sugar 16 contract indicates a presence of leverage, whilst the sugar 11 futures contract and the PKR display no presence of leverage.

Table I:Results statistical analysis

	DLBRL	**DLTHB**	**DLEUR**	**DLMXN**	**DLINR**	**DLGTQ**	**DLPKR**	**DLZAR**	**DLCOP**	**DLDXY**	**DL11**	**DL16**
Chi-squared	548.480	199.161	198.509	403.109	244.896	180.721	190.114	966.543	263.193	160.957	94.856	146.196
P-value[1]	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	2.20^{-16}	5.66^{-15}	2.20^{-16}
ADF[1]	-11.982	-11.368	-11.336	-12.532	-11.482	-11.948	-12.438	-13.772	-12.154	-11.551	-10.663	-11.803
L 1[2]												
Akaike	-6.6146	-7.3745	-7.3751	-7.0365	-7.6502	-9.4364	-9.528	-6.3467	-7.4465	-7.818	-4.9150	-5.7835
Bayes	-6.6017	-7.3617	-7.3623	-7.0237	-7.6374	-9.4236	-9.5152	-6.3339	-7.4337	-7.8051	-4.9016	-5.7701
Shibata	-6.6146	-7.3746	-7.3751	-7.0365	-7.6502	-9.4364	-9.528	-6.3468	-7.4465	-7.818	-4.9150	-5.7835
Hannan-Quinn	-6.6098	-7.3698	-7.3703	-7.0318	-7.6455	-9.4317	-9.5232	-6.3420	-7.4418	-7.8132	-4.9100	-5.7785
L 2[3]												
Alpha	0.1311	0.0081	0.0087	0.1757	0.0801	0.0526	0.0763	0.1206	0.1214	0.0465	0.0305	0.4384
Gamma	-0.0996	0.0429	0.0424	-0.1394	-0.0488	0.0832	-0.0043	-0.1038	-0.0760	-0.0314	-0.0010	0.1350
Akaike	-6.6322	-7.3856	-7.3861	-7.0548	-7.6562	-9.4464	-9.5271	-6.3583	-7.4583	-7.8234	-4.9137	-5.7829
Bayes	-6.6162	-7.3696	-7.3701	-7.0388	-7.6402	-9.4303	-9.5110	-6.3423	-7.4423	-7.8073	-4.8970	-5.7661
Shibata	-6.6322	-7.3856	-7.3861	-7.0549	-7.6563	-9.4464	-9.5271	-6.3583	-7.4583	-7.8234	-4.9137	-5.7829
Hannan-Quinn	-6.6263	-7.3797	-7.3802	-7.0489	-7.6503	-9.4404	-0.00427	-6.3524	-7.4524	-7.8174	-4.9075	-5.7767
Pr(>|t|)	0	0	0	0.1^{-6}	0.12^{-6}	0.13^{-6}	0.7534	0.1^{-6}	0	0	0.9113	0.2853
Sig[4]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Lev[5]	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	Yes
Admis[6]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Advalue[6]	0.0315	0.0510	0.0510	0.0363	0.0313	0.1359	0.0721	0.01687	0.0454	0.0151	0.0295	0.5734
Model[7]	GJR	GJR	GJR	GJR	GJR	GJR	GARCH	GJR	GJR	GJR	GARCH	GARCH

Source: Research own data

Notes: (1) Statistically significant at a 1 % level; **(2)** L 1^2 Statistical result for first derivative; **(3)** L 2^3 Statistical results for second derivative; **(4)** Significance if Pr(>|t|) < 0; **(5)** Leverage[Lev] if Gamma > 0; **(6)** Admissible [Admis] if Alpha + Gamma < 0, [Advalue] Admissible value; **(7)** Best fit model **GJR Model** if L1, first derivate values of Akaike, Bayes, Shibata and Hannan-Quinn < L 2 second derivate values for Akaike, Bayes, Shibata and Hannan-Quinn the vice-versa apply for GARCH Akaike, Bayes, Shibata and Hannan-Quinn > L 2 second derivate values for Akaike, Bayes, Shibata and Hannan-Quinn. For a full set of results please contact the corresponding author Niël Oberholzer at nielo@uj.ac.za

CONCLUSION

The purpose of this paper was to investigate which of the GARCH-type family models is the best fitting model for the top sugar export countries in US-dollar value. The research paper also investigate the presences of the leverage effect in the dataset. The results obtained gives no clear answer on both the best fitting model and the presence of leverage. The (asymmetric) GJR-GARCH model is the best fitting model for the 10 currency variables except the PKR. The (symmetric) GARCH model is the best fitting model for the PKR and the two sugar future contracts.

The difference in results for the two sugar future contracts regarding leverage is a point for further research. The dissimilarity of the results for the PKR compared to the other countries regarding model also warrant

further research. This dissimilarity in results needs to be investigated with the similarity in results obtained for the two sugar futures contracts regarding model and leverage in relationship to sugar 16 future contract.

Although the results obtained have certain similarities the difference in results warrant further research.

REFERENCES

[1] Huchet-Bourdon, M. 2011. Agricultural Commodity Price Volatility: An Overview. OECD Publishing.

[2] Aizenman, J. & Marion, N. 1993. Policy uncertainty, persistence and growth. *Review of International Economics,* 1**,** 145-163.

[3] Ramey, G. & Ramey, V. A. 1995. Cross-country evidence on the link between volatility and growth. *American Economic Review.,* 85**,** 1138-1151.

[4] Rodrick, D. 1999. Where did all the growth go? External shocks. social conflict and growth collapse. *Journal of Economic Growth.,* 4**,** 385-412.

[5] Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J. A. & Thaicharoen, Y. 2003. Institutional causes, macroeconomic symptoms: volatility, crises and growth. *Journal of Monetary Economics,* 50**,** 49-123.

[6] Aizenman, J. & Pinto, B. 2005. Managing economic volatility and crises: a practitioner's guide overview. Cambridge University Press.

[7] Bollerslev, T. 1986. Generalised Autoregressive Conditional Hetroskedasticity. *Journal of Econometrics,* 3**,** 307-327.

[8] Glosten, L. R., Jagannathan, R. & Runkle, D. 1993. On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *Journal of Finance,* 48**,** 1779-1801.

[9] Brooks, C. 2008. *Introductory Econometrics for Finance,* United Kingdom, University Press, Cambridge.

RELATIONSHIPS OF SOFT COMMODITIES PRODUCED IN CUBA

RELACIONES ENTRE LAS COTIZACIONES DE PRODUCTOS CUBANOS

Corlise le Roux
University of Johannesburg, Department of Finance and Investment Management, South Africa
corlisel@uj.ac.za

ABSTRACT

The relationships between cocoa, coffee, sugar and tobacco; and the Herzfeld Caribbean Basin Fund and MSCI Frontier Markets Index will be explored. The relationship between the four commodities and the Herzfeld Caribbean Basin Fund, MSCI Frontier Markets Index against the USD Index will also be investigated separately to determine the impact of the variables on the USD Index. The analysis of the variables will include correlation, regression, and pairwise Granger causality tests to determine significant relationships as well as unidirectional or feedback relationships among the variables. The results indicate that there are seven unidirectional relationships and no feedback relationships between the datasets investigated.
Keywords: Commodities; Cuba, Herzfeld Caribbean Basin Fund, MSCI Frontier Markets Index; Pairwise Granger Causality.

RESUMEN

Las relaciones entre las cotizaciones de los productos: cocoa, café, azúcar y tabaco tanto con el Fondo Herzfeld para la Cuenca del Caribe, como el índice de mercado de fronteras MSCI son investigadas. La relación entre los cuatro productos, el Fondo Herzfeld, el índice de mercado MSCI contra el índice dólar se investiga separadamente para determinar el impacto del valor de esos productos sobre el índice dólar. El análisis de las variables incluye: correlación, regresión y pruebas pareadas de causalidad de Granger con el fin de determinar relaciones significativas entre las variables tanto unidireccionalmente, como retroactivamente. Los resultados demuestran la existencia de siete relaciones unidireccionales y ninguna relación retroactiva entre las bases de datos analizadas.
Palabras clave: productos, Cuba, Fondo de la Cuenca del Caribe Herzfeld, índice de mercado de fronteras MSCI, prueba pareada de causalidad de Granger.

INTRODUCTION

The demand and supply of commodities are important when considering the prices of commodities and the effect it has on other variables (Nazlioglu and Soytas, 2012). The relationships between the commodity price and the major stock index and exchange rate are linked to the law of one price as the commodity prices influence the global economy which affects both the stock index and exchange rate where the commodities are traded (Basher et al., 2012).

The historical time-series datasets explored in the study are cocoa, coffee, sugar and tobacco, Herzfeld Caribbean Basin Fund, MSCI Frontier Markets Index and the USD Index. The objective of the study is to determine the following the significant relationships between the datasets and to identify any unidirectional and feedback relationships. The remainder of the paper is structured as follows; part 2 discusses the methodology and explanation of the data. Part 3 illustrates the results and interprets the findings. The final part, part 4, discusses the conclusion and implication of the study.

MATERIAL AND METHODS

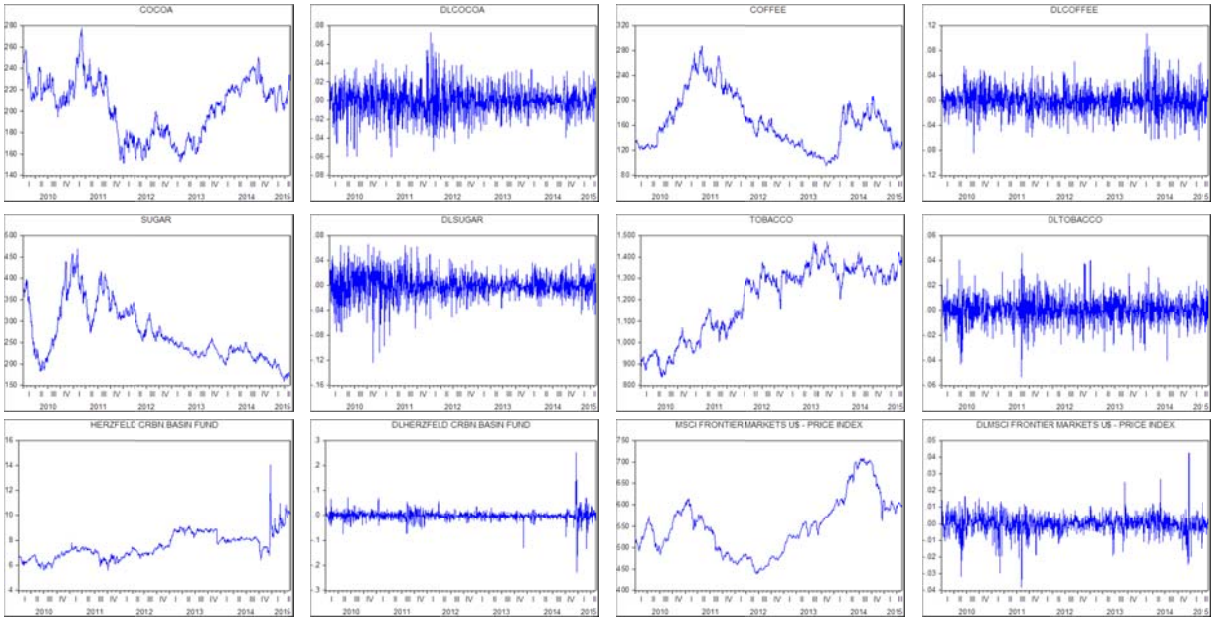
Historical time-series data will be used to analyse the relationships present in the six datasets included in the study. The data will be analysed using correlation, regression and pairwise Granger causality tests (Asteriou and Hall, 2011). These tests are applied to identify if any relationships exist. The four commodities included in the paper are cocoa, coffee, sugar and tobacco. These four commodities will be compared against the Herzfeld Caribbean Basin Fund and the MSCI Frontier Markets Index and then the four commodities and the Herzfeld Caribbean Basin Fund and the MSCI Frontier Markets Index will be compared against the USD Index separately. The daily spot price data from 1 January 2010 to 18 May 2015 from the Thomson Reuters Datastream database and analysed using EViews.

The empirical results are referenced as follows (first code represents the daily spot price, the second code represents the full code for log differenced data and the third code represents the short code for the log differenced data):

- Cocoa: COCOA, LCOCOA, LCOCOA
- Coffee: COFFEE, LCOFFEE, LCOFFEE
- Sugar: SUGAR, LSUGAR, LSUGAR
- Tobacco: TOBACCO, LTOBACCO, LTOB
- Herzfeld Caribbean Basin Fund: HERZFELD_CRBN_BASIN_FUN, LHERZFELD_CRBN_BASIN_FUN, LHERZ
- MSCI Frontier Markets Index: MSCI_FRONTIER_MARKETS_U, LMSCI_FRONTIER_MARKETS_U, LMSCIFR
- USD Index: USD_INDEX, LUSD_INDEX, LUSD

RESULTS AND DISCUSSION

The daily prices on the line graph as well as on the log differenced graphs are shown in Figure 1, illustrating the movements of the datasets.



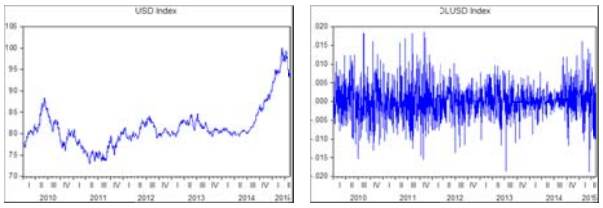


Figure 1: Graphical representation of movement in the six datasets

Source: Researcher's own data

The following Strong to relatively strong correlations were identified:

- Cocoa and MSCI Frontier Markets Index (0.6097)
- Coffee and sugar (0.6401)
- Sugar and Tobacco (-0.5091)
- Sugar and Herzfeld Caribbean Basin Fund (-0.5567)
- Sugar and USD Index (-0.7386)
- Tobacco and Herzfeld Caribbean Basin Fund (0.7665)

The descriptive statistics of the seven datasets are shown in Table I.

Table I: Descriptive Statistics (1 January 2010 to 18 May 2015)

	LCOCOA	LCOFFEE	LSUGAR	LTOB	LHERZ	LMSCIFR	LUSD
Mean	5.309719	5.08436	5.574265	7.080896	2.016088	6.30581	4.399107
Median	5.344771	5.089262	5.52254	7.156138	1.997065	6.304638	4.388251
Maximum	5.628951	5.660631	6.151775	7.295606	2.647592	6.564146	4.606969
Minimum	5.018802	4.55661	5.066637	6.72815	1.726332	6.082849	4.289541
Std. Dev	0.134208	0.256341	0.235902	0.147856	0.135945	0.1208	0.057722
Skewness	-0.34299	0.177356	0.345568	-0.70661	0.326232	0.290114	1.369946
Kurtosis	2.048166	2.189113	2.238593	2.121955	2.768509	2.355678	5.468684
Jarque-Bera	80.41311	45.76117	61.77026	161.7077	27.99895	43.91855	794.5492
Probability	0	0	0	0	0.000001	0	0
Sum	7444.226	7128.273	7815.119	9927.417	2826.556	8840.746	6167.548
Sum Sq Dev	25.23458	92.06065	77.96531	30.62789	25.89206	20.44428	4.667821
Observations	1402	1402	1402	1402	1402	1402	1402

Source: Researcher's own data

The Augmented Dickey-Fuller (ADF) (Dickey and Fuller, 1981) and Phillips-Perron (PP) (Perron, 1991) tests showed that all the variables are stationary at first difference at a 1% significance level which indicates that the remainder of the analysis needs to be run using data that is logged.

The single regression results show only one relatively high R-Squared relationship. The R-Squared indicates the percentage of total variation in the dependent variable explained by variation in the independent variable (Cameron and Windmeijer, 1995). The relationships is cocoa and Herzfeld Caribbean Basin Fund (0.5585). The multiple regression analysis provides an adjusted R-Squared of 0.6753 when the Herzfeld Caribbean Basin Fund as the dependent variable against the four commodities with tobacco resulting in the largest

percentage change with a coefficient of 0.7022. The adjusted R-squared is 0.679396 when the MSCI Frontier Market Index as the dependent variable is compared to the four commodities. Cocoa results in the largest percentage change with a coefficient of 0.7165.

When the four commodities and the Herzfeld Caribbean Basin Fund as the independent variables are compared to the USD Index, the Adjusted R-Squared is 0.5873 with sugar resulting in the largest percentage change with a coefficient of -0.2001. The adjusted R-squared is 0555.3 when the Herzfeld Caribbean Basin Fund is replaced with the MSCI Frontier Markets Index with sugar also resulting in the largest percentage change with a coefficient of -0.2046.

The Pairwise Granger Causality Tests where run using 2 lags are indicates there are no feedback relationships, but the following unidirectional relationships were present:

- From tobacco to Herzfeld Caribbean Basin Fund
- From cocoa to coffee
- From MSCI Frontier Markets Index to cocoa
- From coffee to MSCI Frontier Markets Index
- From MSCI Frontier Markets Index to sugar
- From tobacco to MSCI Frontier Markets Index
- From USD Index to MSCI Frontier Markets Index

CONCLUSION

The relationships between cocoa, coffee, sugar and tobacco, Herzfeld Caribbean Basin Fund, MSCI Frontier Markets Index and the USD Index were investigated. The relationship between the four commodities and the two indices against the USD Index was also investigated to determine the impact of the variables on the USD Index. The results of the study indicate that tobacco and cocoa produce the largest percentage change in the Herzfeld Caribbean Basin Fund and MSCI Frontier Markets Index respectively, whereas sugar produces the largest percentage change in the both the Herzfeld Caribbean Basin Fund and MSCI Frontier Markets Index.

Further opportunities for study include similar analyses of commodity combinations for other countries and indices. The findings of the study are important to market participants as the movement in the commodity prices does have an effect on the Herzfeld Caribbean Basin Fund and MSCI Frontier Markets Index which can influence the decision making process especially when dealing with international transactions.

REFERENCES

[1] Nazlioglu, S., Soytas, U., 2012. Oil Price, Agricultural Commodity Prices, and the Dollar: A Panel Cointegration and Causality Analysis. Energy Economics, 34 (4), 1098-1104. Available from: http://www.researchgate.net/profile/Saban_Nazlioglu/publication/251508799_Oil_price_agricultural_commodity_prices_and_the_dollar_A_panel_cointegration_and_causality_analysis/links/5461ec310cf2c1a63c00888e.pdf (Accessed 12 June 2015).
[2] Basher, S.A., Haug, A.A., Sadorsky, P., 2012. Oil Prices, Exchange Rates and Emerging Stock Markets. Energy Economics, 34 (1), 227 – 240. Available from: http://mpra.ub.uni-muenchen.de/30140/1/MPRA_paper_30140.pdf (Accessed 12 June 2015).
[3] Asteriou, D., Hall, S.G., 2011. Applied Econometrics, 2nd edition. Palgrave Macmillan, United Kingdom

[4] Dickey, D.A., Fuller, W.A., 1981. Likelihood ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Econometrica, 49(4), 1057- 1072. Available from: http://www.u.arizona.edu/~rlo/readings/278800.pdf (Accessed 11 June 2015).
[5] Perron, P., 1989. The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. Econometrica, 57(6), 1361-1401. Available from: http://www.jstor.org/discover/10.2307/1913712?sid=21106364464643&uid=4&uid=2 (Accessed 11 June 2015).
[6] Cameron, A.C., Windmeijer, F.A.G., 1995. An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models. Journal of Econometrics. 77(2): 329-342. Available from: http://www.researchgate.net/publication/4859069_An_R-quared_measure_of_goodness_of_fit_for_some_common_nonlinear_regression_models/file/9c96051cbfa9803a94.pdf (Accessed 13 June 2015).

CONSIDERACIONES SOBRE LAS PROYECCIONES PARA UNA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DE ALTA COMPETITIVIDAD

A PROJECTION FOR AN AGROINDUSTRIAL SUGAR CANE PRODUCTION OF A HIGH PERFORMANCE

Dr. Eduardo Casanova,
Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña, eduardo.casanova@correo.azcuba.cu
Dr. Oscar Almazán
Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña, oscar.almazan@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
Se evalúan las mejores áreas de desarrollo de la agroindustria azucarera, enfocadas a las inversiones agrícolas y a la diversificación de las calidades de azúcar a producir y de los mercados metas que proponerse.
Palabras clave: inversiones, diversificación, calidad de azúcar, mercados azucareros

ABSTRACT
The best development areas of the sugar agro-industry are assessed from the point of view of agricultural investments, of the diversification of sugar qualities to be produced and the target markets to be reached.
Key words: inversions, diversification, sugar quality, sugar markets

INTRODUCCIÓN

Si un país desea mantenerse o ingresar en el grupo de países con alta competitividad en el actual y futuro mundo azucarero, debe asegurar que sus parámetros básicos se correspondan con los alcanzados por los más eficientes. Esto exige la introducción de una amplia gama de medidas que van desde las puramente organizativas, pasando por las disciplinarias, hasta llegar a la introducción de los resultados de punta de la ciencia y la técnica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos económicos a tener en cuenta

Uno de los aspectos a tener cuenta a la hora de hacer una inversión es la rentabilidad de la misma. Al planificar una inversión en la agroindustria azucarera, el inversor se enfrentará con la disyuntiva siguiente: invertir en la producción de caña o en la fábrica de azúcar. Su decisión estará en función de la respuesta económica que tenga la inversión en uno u otro lugar.
Tener en cuenta los siguientes elementos permitirá tomar una vía económica más favorable:

- El componente caña dentro del costo del azúcar representa entre el 60 y el 65 %. (Casanova, 2001)[1], (Welsman,2011)[2]
- La producción de azúcar por hectárea\año es el factor de mayor impacto. (Attard, 2013)[3]
- Por cada por ciento de incremento de pol en caña se eleva el rendimiento en 0.79 unidades porcentuales (Ribas, 2015)[4].

Así, los resultados más favorables están en el incremento de la pol producida por unidad de área\año; de donde es mandatorio proponerse incrementos de azúcar por hectárea por año.
Al analizar esto, es posible confirmar que con increíble frecuencia se olvida un principio paradigmático, expresado por quien ha sido, en la historia de la producción azucarera a partir de la caña de azúcar, el que ha

logrado ver más lejos y con mayor trascendencia, el cubano Álvaro Reynoso, cuando afirmaba que "El azúcar se produce en el campo, la industria solo la recupera".
De aquí que hoy la ciencia, en el entorno internacional, confirma que los incrementos en el rendimiento deben buscarse en la elevación de la riqueza azucarera de las cañas, porque hacerlo en la tecnología industrial implica un elevado costo, para una respuesta muy magra, que no compensa económicamente.
La búsqueda, se recomienda, debe centrarse en el incremento de los valores de toneladas de azúcar por hectárea por mes, como expresión integral de rendimiento y productividad; con el desarrollo de nuevas variedades cañeras de sólida adecuación a un entorno cada vez más hostil, con capacidad de responder a un clima cambiante, poseedora de marcada resistencia a nuevas patologías.
Además, más sacarosa en caña significa, menos no-azúcares entrando en fábrica, lo que conlleva a una operación fabril más eficiente y efectiva, es decir, más rendimiento en fábrica. No está de más recordar el viejo apotegma azucarero **"Marzo es el mejor jefe de fabricación".**

Consumo de azúcar, elemento a tener en cuenta
En los últimos años con frecuencia se emiten argumentaciones acerca de la inocuidad o no de la ingestión de sacarosa, olvidando que todo exceso es nocivo, ingerir sacarosa, en la medida de su metabolismo, NUNCA ha sido nocivo. (Casanova, 2000)[5]
Así, es preciso enfatizar que el azúcar más que un edulcorante es un alimento; con sus 4 kcal/g y su apetencia sicológica natural, es la fuente de energía más pura, saludable y barata de que la humanidad puede disponer, de aquí que su demanda, en un "mundo subalimentado" (un eufemismo para evitar el dramático apelativo de "mundo hambreado"), sin dudas tiene un espacio indisputable, cuasi permanentemente necesitado.
Hoy en este mundo, que apenas sobrevive a la suicida depredación humana, es posible identificar dos polos: el polo de los que SÍ, de los que si comen, si consumen y si viven, y el polo de los que NO, que no comen, no consumen y no viven.
En ese mundo de NO, el de las mayorías, moran más de 3 500 millones de personas, que, sin distingos de raza, sexo, edad, ni creencias, con una cucharada de azúcar en un vaso de agua podría ahuyentar la muerte.
Datos emitidos por la FAO[6] a comienzos de este siglo ofrecen un muy desesperanzador cuadro de la salud y estado nutricional en países subdesarrollados:
- Uno de cada cinco habitantes padece de desnutrición (falta de minerales y de vitaminas).
- El 30 % de los niños menores de 5 años padecen de bajo peso.
- Más de 200 millones de personas padecen de anemia por falta de hierro.
- Cerca de 900 millones de personas padecen de desnutrición crónica.
- En 17 países, la dieta diaria de sus habitantes no alcanza las 2000 kilocalorías (el promedio mundial es de 2720 y en el primer mundo es de 3340).

Por supuesto que los balances estadísticos del mercado no reflejan esto, casi es trágico comprobar que se reporta un excedente de azúcar, pero no olvidemos que se trata de un mercado de elevado componente especulativo, voluble y fuertemente manipulado.
No es arriesgado pronosticar que la necesidad o demanda de ese alimento, el azúcar, en un mundo menos injusto estará garantizada a corto, mediano y largo plazo, de donde proyectar crecimientos cuantitativos es acertado.

Otras calidades de azúcar
Este es tal vez un aspecto aún insuficientemente explicado; donde el centro está en lo que pudiera denominarse la diversificación de la oferta azucarera, cuando crudo o refino es apenas un asomo de un universo rico y peculiar.
En Cuba la producción y exportación de azúcar orgánico comenzó en 1998. La producción se concentró en el Central Carlos Baliño de la Provincia de Villa Clara. (Casanova, 2001)[7]

Tanto el azúcar como la melaza orgánica, que se produce y exporta por Cuba, están certificados como "orgánicos" por la Organización Internacional ECOCERT (Alemania), para lo cual se deberán cumplir con las especificaciones técnicas y normas en el proceso de producción, manipulación, almacenamiento y comercialización. Regularmente especialistas de esta Organización realizan auditorías y verifican si se cumplen con las regulaciones y normas establecidas.
El mercado del azúcar orgánico ha mostrado un crecimiento medio anual superior al 25%, previéndose para el 2015 que tanto la producción como la demanda continúen en aumento, sin embargo, a pesar del desarrollo que ha venido mostrando este rubro, representa tan solo el 0,2 % del consumo mundial y el 0,6 % de su comercio.
En el escenario de la diversificación de la oferta de azúcares, en Cuba se han realizado estudios exitosos para desarrollar tecnologías la producción de Azúcar Cristal Dorado (Delgado, 2005)[8] de características especiales respecto al tamaño del grano, que puede variar entre 3 y 5 mm, unido al color ámbar y a su muy atractiva brillantez, esta última en función de la pureza de los materiales empleados en su producción. La utilización del último sirope de refinería es una ventaja, por la no recirculación de éste a la fábrica de crudo.
Del azúcar blanco instantáneo (Delgado, 2005) que es un producto similar, desde el punto de vista del proceso de producción, al azúcar amorfo obtenido en Brasil, pero difiere en la calidad de la materia prima y del producto final según las normas establecidas.
También de la denominada azúcar fortificada con vitamina A (Delgado, 2005) el azúcar blanco de consumo directo, donde la vitamina A es el fortificante que se añade al azúcar y, a su vez, este azúcar se considera como el vehículo de fortificación.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En un análisis de mercados, es evidente que en Cuba en el mercado en fronteras, en el área del turismo, se localizan los mayores atractivos; la simplicidad del transporte, la cercanía, la coherencia del desarrollo productivo con el paso de la expansión del turismo, son elementos confirmativos.
No obstante es conveniente también evaluar la posible demanda de estos productos en el poco o nada explorado el del área del Caribe angloparlante (TradeMap)[9], con una alta población flotante de turistas, con hábitos de consumo más exigentes y con un volumen de importación de azúcar refino de orden de las 200 000 toneladas al año, con un valor promedio en los últimos años superior a los 50 millones de dólares anuales. Las ventajas de la cercanía a los puertos cubanos, un mayor aprovechamiento de las capacidades de los buques por lo reducido de algunas de las demandas y las buenas relaciones políticas que Cuba mantiene con los países del área, constituyen sin dudas elementos a tener en cuenta en cualquier estudio de mercados potenciales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las inversiones con más rápido y con un mayor impacto económico serían las dedicadas al incremento de la calidad de los azúcares y de la producción de azúcar por hectárea y por año.
Existen potencialidades no explotadas en las líneas de diversificación de las calidades de los azúcares a producir y de los mercados, cuyos estudios deben completarse precisando a quienes dirigir las nuevas calidades.
Todo esto permitiría, entre otras ventajas, ofrecer un producto de mayor valor agregado, diversificando la oferta y las posibilidades de exportación, reduciendo costos, junto a la contribución a la elevación de la calidad de la industria turística nacional.
Sin embargo, no olvidar, entre otros la ausencia de una estrategia integral de comercialización, carecer de una Certificadora Nacional obligatoria, que respalde esta línea, junto a la falta de estímulos económicos a la producción ecológica.

REFERENCIAS

1. Casanova, E., Salermo, M. Evaluación de algunos mercados y proveedores por su calidad. Revista ATAC, No. 2, 2001, pags. 5-9. Cuba.
2. Welsman, S. Australia sugar industry. RD& Reform report. Reform proposals. Implementation points. Queensland, Australia. 2011. Pgs. 4.
3. Attard, E. Maximising sugar recovery rates in the australian sugarcane industry. www.csiro,au.
4. Ribas, M. et al. Análisis de los factores que más inciden sobre el rendimiento industrial azucarero. ICIDCA. Diver 2015.
5. Casanova, E. ¿Es realmente el azúcar un enemigo de la salud? Informe Interno. ICINAZ. 2000.
6. Informe Central FAO. Sesión plenaria. Roma. www.fao. 2003
7. Casanova, E., Salermo, M. Evaluación de algunos mercados y proveedores por su calidad. Revista ATAC, no. 2,2001. Pgs. 5-9.
8. Delgado, M., et al. Tecnología para la producción de blancos y otros tipos de azúcar. Informe final de proyecto. ICINAZ. 2005.
9. Interactive TadeMap. Source: ITC calculations based on COMTRADE statistics. 2010.
10. Consultas en INTERNET: www.csce.com, www.sugarinfo.co.uk, www.sugarnet.com/issct/, www.sugarnet.com/markets.htm

ESTRATEGIA DE NEGOCIO PARA LOGRAR LA EXPORTACIÓN DEL FITOMAS E AL MERCADO AGRÍCOLA MEXICANO

BUSINESS STRATEGY FOR EXPORTING FITOMAS-E TOWARD MEXICAN AGRICUTURAL MARKET

Autores: Alfredo Torres Fernández y Bárbara Rodríguez Gonzalez.
Afiliaciones: ICIDCA.
e-mail: alfredo.torres@icidca.azcuba.cu, barbara.rodriguez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Para que exista un negocio la empresa debe tener algo que vender y alguien a quien vendérselo. Por eso, para definir la exportación como negocio necesitamos un bien o servicio y un mercado. Por lo tanto, el negocio en sí se compone de dos funciones: producción (de bienes o de servicios) y marketing (la comercialización de éstos), que representan los dos componentes fundamentales del sistema exportador de un bien o servicio.
En este trabajo se presenta la estrategia empresarial de la organización ICIDCA-TECNOAZUCAR con sus objetivos generales, así como las acciones fundamentales que se deben acometer, de acuerdo con los medios actuales y potenciales de la organización, a fin de lograr la inserción óptima de ésta en el mercado agrícola mexicano.
Palabras claves: negocio, empresa, exportación y mercado.

ABSTRACT

There is business when a firm has something to sell and someone wants to buy it. Then exportation is defined as a business which needs goods or services and a market. So business is made up two functions: production and marketing that are the main components of exporting system.
In this article, the entrepreneurial strategy of ICIDCA is presented with its goals and actions in order to achieve an optimal insertion into the Mexican agricultural market.
Keywords: business, firm, exportation and marketing.

INTRODUCCIÓN

La correcta definición de la estrategia del negocio nos permite saber qué queremos lograr y la ruta crítica que vamos a seguir para ello. Esta definición debe comunicarse a los clientes pues demuestra la seriedad con que la empresa se propone trabajar y debe analizarse con todos los que están involucrados en el proceso de lograr un negocio eficaz y eficiente: comerciales y productores. Incluye además a nuestros proveedores, pues en la mayoría de los casos requerimos de la compra nacional e importación de bienes e insumos para lograr nuestros propósitos. De una buena definición de estrategia depende todo el plan de acciones que debemos acometer.
Siempre la estrategia tiene dos componentes fundamentales:

- La definición del mercado.
- La combinación de las variables de cantidad, calidad, tiempo y costo para crear la oferta,

Antes del establecimiento de la estrategia de negocio, se analizan algunos elementos que sustentan la misma.

La agricultura mexicana ha sufrido una tendencia persistente hacia la pérdida de participación en importantes cultivos como el de trigo y algodón en las últimas décadas. Simultáneamente, se ha producido un aumento en la producción de frutas y hortalizas, dada la actual vocación exportadora del agro mexicano, a la vez que un incremento de cultivos de interés para la producción de biocombustibles. Como resultado, el país se ha hecho dependiente de las importaciones de cereales para abastecer las necesidades domésticas. Junto con Venezuela, constituye uno de los dos principales importadores netos de productos agroalimentarios en la región.

El sector agroquímico es muy dinámico en México. En el mismo operan 408 empresas, desde filiales de transnacionales hasta microempresas locales. En el país están presentes las diez más grandes empresas del sector agroquímico en el año 2013, a nivel mundial (Arysta LifeScience, BASF, Bayer, Dow AgroSciences, Du Pont, Makhteshim-Agan, Monsanto, Nufarm, Sumitomo Chemical y Syngenta). La mayor parte de las grandes empresas transnacionales, se dedican principalmente a actividades como la maquila o la importación las cuales no dejan desarrollo del sector en el país, aunque generen empleos e ingresos.

De las 408 empresas del sector agroquímico, 75 (18,4%) operan en el negocio de reguladores de crecimiento, además de otros agroquímicos, de estas, el 41,3% son empresas extranjeras. En ese grupo se incluyen siete de las diez más grandes transnacionales del sector, ya sea directamente o mediante subsidiarias y/o distribuidores nacionales. Precisamente, en este competitivo mercado donde existen más de cien reguladores del crecimiento (hasta enero de 2011) se pretende insertar el bioproducto cubano registrado como Fitomas E

Teniendo en cuenta ambos aspectos se establece la estrategia de negocio de la exportación del Fitomas E a un segmento específico del mercado mexicano, conjuntamente con los pasos de la operatoria de exportación del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En México, el registro de bioestimulantes, como el Fitomas E, es responsabilidad de la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Fitosanitarios (COFEPRIS), que mantiene el Registro de Nutrientes Vegetales. En dicho registro (actualización de 5 de enero de 2011), aparecen más de 1300 productos de 408 empresas. De ellos, 109 son reguladores de crecimiento.

La forma de presentación dominante en estos reguladores de crecimiento es la solución acuosa, con el 67% de los productos en esa forma. Sin embargo, algunas empresas emiten información ambigua con respecto a la diferencia entre solución acuosa y concentrado soluble en forma líquida, diciendo sólo “líquido”, por lo cual, lo más razonable es pensar en que casi el 80% de los productos se presentan en forma líquida, independientemente de su grado de concentración.

Los aspectos más importantes a considerar, para medir la competitividad del Fitomas E en México, derivados del análisis realizado del mercado mexicano en cuanto a: reguladores de crecimiento, las empresas que los producen y las características propias de esos productos, son los siguientes:

- Siete de las diez más grandes transnacionales están vinculadas al negocio de bioestimulantes en México. El resto, no obstante, opera en el país en el sector agroquímico, por lo que para ellas, penetrar el mercado de bioestimulantes debe ser una cuestión simple.
- En México operan 408 empresas (de capital nacional y extranjero) en el sector agroquímico y 75 en el sector de reguladores de crecimiento.
- En el mercado mexicano existen 109 reguladores de crecimiento. En conjunto, ellos cubren 87 cultivos. Aproximadamente la mitad de los reguladores de crecimiento, cubren más de 20 cultivos cada uno y algunos más de 30; una de las razones es la variedad de climas en ese país. Al comparar el listado de cada uno de los cultivos atendidos por los reguladores de crecimiento presentes en el mercado mexicano, se encuentra que, muchos de ellos, de modo aislado, cubren la mayor parte de los cultivos que podría cubrir el Fitomas E El conjunto de los reguladores de crecimiento del mercado mexicano cubre todos los cultivos que beneficia el Fitomas E, excepto yuca y malanga.

- Varias de las empresas, mexicanas y extranjeras, que trabajan con reguladores de crecimiento, son sólo importadoras y distribuidoras. Algunas de las empresas distribuidoras, además realizan pruebas de campo y ofrecen servicios de asesoría y consultoría. Como mecanismo de marketing, emplean para ello los productos que comercializan. Esta es una posible oportunidad para el Fitomas E.
- Los precios de anaquel de los reguladores de crecimiento más empleados en el agro mexicano (Bayfolam, Agrinova, Aminoexpress, Canarymix, Fosnutren, Aminolforte, y Biodrine) oscilan entre 2.00 a 3.00 USD/l, por lo que el precio de exportación de 1 litro de Fitomas E debería estar en el rango de 0,50 a 1.00 USD (considerando una tarifa arancelaria del 20%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comercialización del Fitomas E a México se fundamenta en la siguiente estrategia de negocio:
El Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ICIDCA), a través de la Empresa comercializadora TECNOAZUCAR, se propone introducir el bioestimulante natural del crecimiento Fitomas E, compuesto por aminoácidos, oligopeptidos, micro y macro elementos, registrado en el registro de sanidad vegetal desde el año 2000, con la marca FITOMAS en bidones de 20 litros y dirigido al sector privado de pequeños agricultores privados en la región de Veracruz, México, a través de la empresa comercializadora ISQUISA S.A, para mejorar la nutrición, la floración y cuajado de los frutos, reduciendo el ciclo del cultivo, y ayudando a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades y plagas. Para esto se pretende vender hasta 30 mil litros a partir del 4to Trimestre del 2014, garantizándose la calidad del producto con un período de vencimiento de dos años, y manteniendo un costo unitario inferior a 0,70 USD por litro.
Los pasos de la operatoria de exportación son:
PASO 1: Promoción del producto en el sitio web.
PASO 2: Recibo de solicitudes por parte de clientes potenciales.
PASO 3: Preparación de ofertas: Dentro de la preparación de la oferta, la empresa productora (ICIDCA) es consultada en cuanto a la capacidad para asumir la solicitud. En caso de tener dicha capacidad, se presenta la oferta donde debe estar claro la cantidad de producto, características técnicas, peso, tipo de envases, dimensiones (largo x ancho x alto), densidad del producto, peso neto, así como el precio según la ficha de costo aprobada, y la disponibilidad de la producción ofertada. Una vez que se tiene la oferta de la empresa productora, se prepara la oferta para el cliente, la misma contiene los precios por surtido, las condiciones de pago, condiciones de la exportación y los documentos que debe enviar el cliente para registrarlo que son: Registro de Contribuyente, Registro Mercantil y poder de las personas que firman el contrato.
Los pasos que continúan son:
PASO 4: Una vez aceptada la oferta por el cliente se prepara el contrato, el mismo se presenta al comité de contratación de la empresa exportadora PARA SU APROBACION.
PASO 5: Una vez APROBADO, se le envía al cliente el CONTRATO para su firma. Una vez firmado el contrato por ambas partes se le pasa al departamento técnico de TECNOAZUCAR y este a su vez se pone en contacto con la empresa productora.
El contrato de compra y venta internacional se elabora teniendo en cuenta los elementos aportados en el Curso sobre Aspectos Legales de Comercio Exterior, donde no pueden faltar los elementos esenciales del contrato. Art. No 12.1 DL 304/12 y 18 Convención de Viena (1980).
Los pasos de la operatoria de exportación que continúan son:
PASO 6: Selección de la naviera que sirve de medio de transportación.
PASO 7: Solicitud de liberación del contenedor.
PASO 8: Solicitud de inspección de Cuba Control, según resolución 231 del MINCEX.
PASO 9: Planificación para la carga del producto en fábrica con la empresa transportista TRANSCONTENEDORES.

PASO 10: Envío de los documentos a la Aduana que son Factura, P/L, Certificado de inspección de Cuba Control, según resolución conjunta 256 del MFP y MINCEX.
PASO 11: Después que sale el contenedor se le envía al cliente original de Certificado de Origen, factura, P/L y BL de la Naviera, para que puedan en destino extraer el contenedor.
Con el paso 11 se culmina la operatoria de exportación que tuvo como antecedente primeramente, la definición del negocio, para después establecer claramente la estrategia de negocio.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del trabajo son:

- Se establece una estrategia de negocio para lograr la exportación del Fitomas E a un segmento del mercado agrícola mexicano, con los siguientes objetivos productivos y de marketing:
    1. Realizar ventas de hasta 30 mil litros a la empresa ISQUISA, S.A, en México, a partir del 4to Trimestre del 2014.
    2. Garantizar la calidad del producto con un período de vencimiento de dos años.
    3. Lograr penetrar el mercado de productos agrícolas ya establecidos, a un costo de 0,61 USD por litro.
    4. Garantizar un tiempo máximo de disponibilidad del producto de 30 días a partir de los pedidos oficializados.

REFERENCIAS

1. Reglamento General sobre la actividad de Importación y Exportación, Resolución No.50 de 2014, Ministerio de Comercio Exterior y la Inversión Extranjera.
2. Convención de las Naciones Unidas sobre los contratos de compraventa internacional de mercaderías (1980), Documento A/CONF.97/18, Anexo I, Viena.
3. Torres Fernández A. (2013), Perfil de Mercado para la Comercialización de Alcohol Etílico, obtenido a partir de la caña de azúcar en México, Curso Aprender-Haciendo: La investigación de mercado y la práctica empresarial, Centro de Superación del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera.
4. Orozco Silva E. (2012), Caracterización del mercado de bioestimulantes en México, Consultoría BIOMUNDI/IDICT.
5. Torrente Pons I. (2014), Manual de Gestión de Exportaciones, Diplomado COMEX.

GESTIÓN del CONOCIMIENTO

TRANSFERENCIAS TECNOLÓGICAS DEL ICIDCA: SU IMPACTO EN LA CADENA DE VALOR DE LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

ICIDCA TECHNOLOGICAL TRANSFER: IMPACT IN THE VALUE CHAIN OF KNOWLEDGE GENERATION

Irma Ramos Pousa, Grizel Delgado Arrieta.
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
irma.ramos@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
El ICIDCA, ha introducido - en la práctica productiva - los avances científicos resultantes de la actividad de I+D+i, para satisfacer las demandas tecnológicas de la agroindustria azucarera cubana; sin embargo la dinámica económica cubana ha impactado su relación investigación-producción-comercialización, vinculado con las transformaciones económico-productivas del sector azucarero.
Se muestra un análisis de la transferencia y la innovación tecnológica, insertadas en la cadena global del valor, junto a la valoración de las experiencias positivas y negativas del ICIDCA en este proceso, tanto nacional como internacionalmente, con vistas a convertir el proceso de transferencia de tecnologías en la vía natural de cierre del ciclo investigación - comercialización, como la fuente para asegurar el imprescindible financiamiento institucional, considerando que el ICIDCA desde el 2014, actúa bajo un esquema empresarial, necesitado de convertir sus logros en servicios y productos comercializables, que aseguren la actividad científica del Instituto.
Palabras clave: Cadena de valor, innovación y transferencia tecnológica,

ABSTRACT
ICIDCA had managed to introduce its results according to the technical demands of the Cuban sugarcane agroindustry; nevertheless the changes of the productive and economic scenarios, had impacted over the research-production-marketing scheme, in a great extend related to the deep economic transformation of both, the Cuban sugar sector.
It's presents an analysis of the technology transfer and innovation inserted in the global value chain , as well as the evaluation of the positives and negatives experiences of ICIDCA on the technology transfer process, both internally and aboard, with the aim of transforming the transfer process in an integral part of the innovation cycle and true source of incomes for the institution, which since 2014 became a research institute , with an enterprise profile, so its research-development –innovation.- production cycle must be closed with the marketing of the knowledge obtained, within and outside the frontiers, in order to get the revenues that will finance the viability of the scientific activities of the institution.
Key words: Value chain, innovation and technology transfer

INTRODUCCIÓN

El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) - desde su fundación en 1963 por el Comandante Guevara – fue concebido como un centro de investigaciones aplicadas, en la Agroindustrial Azucarera y sus Derivados. A partir del 2014, el ICIDCA pasa a un esquema empresarial y por ende, se hace necesario cerrar el ciclo de I+D+i en los proyectos, para obtener ingresos que permitan el mantenimiento y el desarrollo del Instituto. Por lo anterior, es un momento propicio, para la reflexión y el debate sobre el impacto de sus resultados científicos en la práctica económica y social del país.
La innovación y el conocimiento son actualmente los principales factores que determinan la competitividad de las empresas. Es fundamental la capacitación y el uso del conocimiento en la producción de bienes y servicios. La tecnología es factor clave en los negocios y el crecimiento económico' [1].

Al crear una diferenciación de productos y servicios en el mercado, la innovación tecnológica - proceso por el cual una empresa planea, aplica, controla y evalúa las modificaciones técnicas- abre nuevas oportunidades para mejorar la competitividad de la empresa y su crecimiento.

La cultura acumulada y los resultados alcanzados investigación, desarrollo e innovación, llevan a convertir al ICIDCA en el centro de referencia para una agroindustria azucarera en cuba, por lo que se trata de aprovechar este potencial científico técnico bajo las nuevas condiciones, con el fin de enfrentar los retos de un mercado mundial cada vez más competitivo y exigente.

Hoy, el programa científico del ICIDCA se proyecta, a mediano plazo, en el campo de la energética, las tecnologías de producción de azúcares, la alimentación animal, las tecnologías de productos biológicos para una agricultura ecológica, junto a la ampliación de sus producciones comerciales, así como el rescate, conservación y protección del patrimonio científico del ICIDCA [2].

Los contratos de transferencia tecnológica son aquellos en virtud de los cuales se transmite el uso o se autoriza la explotación de patentes, marcas, nombres comerciales, modelos industriales, se suministran conocimientos técnicos y know how; se provee ingeniería para la construcción de instalaciones o para la fabricación de productos o se prestan servicios de asistencia técnica, de administración de empresas, de asesoría o de consultoría [3]. Acorde a lo anterior, el ICIDCA, desde el 2011 trabaja en la transferencia de tecnologías, tales como:

Mercado Nacional	**Mercado Externo**
• Tecnología de producción del Bioestimulante FITOMAS E a la UEB Derivados "Ciro Redondo" en Ciego de Ávila. • Tecnología de producción de Bioproductos (BIOENRAIZ, GLUTICID NITROFIX, VERTICID, NEMACID) a la UEB Derivados "Dos Ríos", en Santiago de Cuba y para el Grupo Empresarial LABIOFAM. • Tecnología de producción de VODKA, a la Ronera "Las Guásimas". • Tecnología de Fabricación y Uso de MAGNETIZADORES para su aplicación en la Industria Azucarera, a la Empresa de Servicios Industriales, ZETI. • Tecnología de producción de Bloques Multinutricionales en varias UEB Derivados.	• Tecnología de producción de Levadura Torula para Venezuela. • Montaje de Planta de Bioproductos y Transferencia de varias tecnologías de producción de Bioproductos para Venezuela

En este proceso se ha concebido la realización de estudios de factibilidad técnico-económica, elaboración de tareas técnicas, manuales de procedimientos de operación y manuales para el control de calidad, cursos de capacitación, entre otras acciones. Los procesos de transferencias, antes mencionados, son de los más difíciles, ya que involucran varias formas de trasmisión del conocimiento y activos intangibles, como pueden ser: documentación que contenga la ingeniería básica, conceptual y de detalle, cursos de capacitación de diferentes tipos y grados de profundidad, control de autor y asesoría para la procura de equipos, asistencia técnica para el montaje y puesta en marcha, así como licencias de marcas y secretos empresariales.

El ICIDCA, salido fortalecido de estos procesos de transferencia, combinando métodos de gestión de la innovación como Aprender haciendo y la innovación abierta mediante el trabajo en red [4].

Los objetivos del presente trabajo son evaluar las experiencias positivas y negativas que ha tenido el ICIDCA en los procesos de transferencia tecnológica, tanto nacional como en el exterior y proyectarse en

función de los posibles escenarios, con vistas a convertir el proceso de transferencia tecnológica, en una fuente de financiamiento que impacte en la cadena de valor[5] de la generación de conocimiento, y poder continuar el ciclo de investigación y desarrollo en los proyectos vinculados a la agroindustria azucarera.

DESARROLLO

Sin pretender un estricto análisis matricial, en el marco de este trabajo, se plantea un análisis ordenado hacia lo interno y lo externo, de la situación de los procesos de transferencia tecnológica en el ICIDCA, que puede lograrse al relacionar los siguientes aspectos.

Debilidades

- Resultados científicos no convertidos en tecnologías o productos del conocimiento.
- No disponer de la documentación ordenada de los resultados científicos.
- Obsolescencia de productos del conocimiento sin lograr su introducción en el mercado.
- Insuficiente protección de la propiedad sobre los resultados científicos.
- Insuficiente conocimiento del mercado y de los productos de la competencia.
- Incompletos o inexistentes registro sanitario de los Bioproductos nacional y en el exterior.
- Insuficiente conocimiento de los procesos de contratación y regulaciones.
- Descapitalización en cuanto a personal de experiencia en temas específicos.
- Poca experiencia en la elaboración de contratos complejos y de alto rigor jurídico.
- No disponer de las carpetas tecnológicas de las tecnologías desarrolladas.
- No tener en cuenta en el estudio de factibilidad de la inversión los gastos por concepto de know how que se incurrirán producto de la transferencia de tecnología.
- No disponer de literatura actualizada en esta temática y de cursos de preparación para los especialistas y directivos que participan en estas negociaciones y en particular de experiencia internacional en este tipo de contratos.
- Entregar know how de una tecnología sin tener previamente el contrato firmado.
- No adecuada estrategia de gestión de sus marcas y patentes.

Amenazas

- Escasa regulación legal en el país de los procesos de transferencia tecnológica.
- Competencia de otras instituciones científicas y universidades a lo largo del país.
- Insuficiente demanda de innovación del sistema empresarial.
- Actual transición del modelo económico que conlleva cambios en las regulaciones bancarias, financieras, legales, inversionistas, de propiedad intelectual, comerciales, entre otras.
- Carencia de regulaciones nacionales y de asesoría para los equipos negociadores de transferencia de tecnología y sobre todo para las negociaciones internacionales.

Fortalezas

- Amplia cartera de resultados científicos y de servicios científico-técnicos.
- Interés de la alta dirección en impulsar los procesos de transferencia tecnológica con el consiguiente efecto para el país al sustituir importaciones o potenciar exportaciones.
- Capacitación intensiva de especialistas para conducir procesos de transferencia tecnológica.

Oportunidades

- Actualización del modelo económico del país.
- Nuevo modelo de gestión económica empresarial para el ICIDCA.
- Flexibilización de la gestión económica empresarial en el país.
- Los activos intangibles son potenciales fuentes de financiamiento para la investigación.

- Interés de empresas nacionales en tecnologías desarrolladas por el ICIDCA.

A continuación se describen algunas de las acciones relacionadas directa o indirectamente con los procesos de transferencia tecnológica, consideradas necesarias para un futuro desarrollo del ICIDCA como Instituto de Investigación Aplicada que obtiene ingresos y ganancias a partir de una adecuada gestión del conocimiento y de la innovación tecnológica.

El ICIDCA, deberá mantener un estricto control de sus activos intangibles, en cuanto a su documentación técnica y legal, protección mediante las figuras adecuadas de la propiedad intelectual, así como elaborar una proyección estratégica que permita:

Proyección en un escenario positivo: (Ciclo fluido de investigación – desarrollo- innovación, obtención de ganancia a través de la venta de activos intangibles y la reinversión de parte de ella en el financiamiento de dicho ciclo, un marco jurídico definido que favorezca el control y el cumplimiento de lo regulado, pero que a su vez no limite la iniciativa creadora de las Instituciones).

- Disponer de la Cartera de Tecnologías Transferibles con su correspondiente documentación Técnico-Económica.
- Preparación de su equipo negociador para las transferencias de tecnologías.
- Divulgación y promoción de sus servicios, productos y tecnologías a transferir.
- Conocimiento del mercado interno y externo. Disponer de estudios del mercado nacional y del exterior.
- Disponer de los correspondientes estudios de factibilidad técnico –económica.
- Capacitación en contratación, disponer de personal adecuado abogados expertos en estos temas.
- Gestión de su cartera de patentes y marcas.
- Velar por la adecuada protección en Convenios de Colaboración de I+D.
- Capacitación y entrenamiento del personal relacionado con los procesos de transferencia tecnológica.
- Preparación de técnicos y especialistas que prestaran servicios y transferencias, incluyendo el dominio de idiomas y de computación.
- Actualización sobre las nuevas tecnologías aplicadas y/o en desarrollo en el sector azucarero y de derivados a nivel internacional.

Proyección en un escenario negativo: (No se comprenda tanto a nivel interno como externo, la importancia de convertir en procesos naturales los procesos de transferencia tecnológica, marcos regulatorios excesivos que dilaten el proceso de transferencia y se pierda el interés del CLIENTE).

- Dedicar esfuerzos a divulgar la importancia de su actividad creadora.
- Interrelacionarse con empresas de otros sectores que financien sus proyectos.
- Asesoría de centros insignes en procesos de transferencia tecnológica, Ejemplo: BIOCUBAFARMA
- Contribuir a la mayor disciplina tecnológica en la industria mediante capacitación a técnicos y directivos.
- Incrementar la capacitación del personal interno y empresarios en gestión de la innovación.

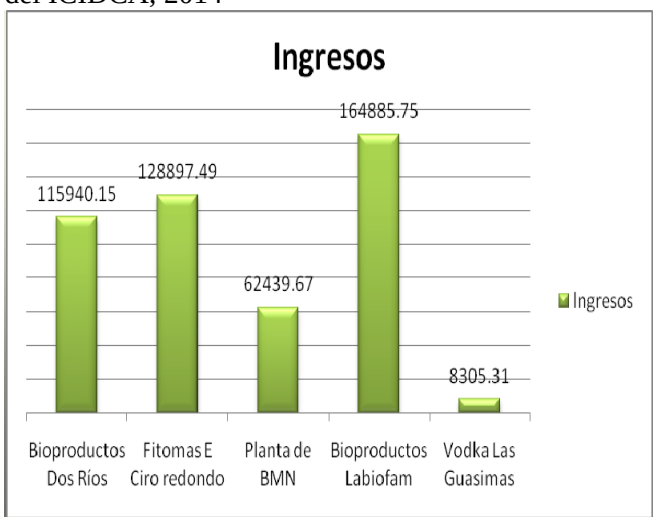
Impacto económico en el 2014

Por concepto de transferencia de tecnologías a instituciones nacionales en el año 2014, se obtuvo ingresos por un monto de $ 480 468.37 pesos, por lo que se convierte en una de las principales fuentes de ingresos del Instituto, además del efecto que representa para el país la implementación de estas tecnologías y la comercialización de dichos productos, tanto en el mercado nacional como en el exterior.

En la Fig. 1 aparecen los ingresos del 2014 por transferencia de tecnologías, atendiendo a las diferentes tecnologías que se han transferido y otras que están en proceso, incluso hay productos como el FITOMAS E que ya se exporta a varios países como República Dominicana, Uruguay, entre otros. La proyección de

ingresos por este concepto en el 2015 se estima en $387 700.00 pesos, sin considerar los posibles ingresos por exportación de tecnologías, lo cual se hace indispensable para la sostenibilidad como Instituto de Investigaciones, operando bajo un modelo económico empresarial.

Figura. No.1 Ingresos por concepto de transferencias de tecnologías en el 2014. Fuente: Informe de Balance del ICIDCA, 2014 [6]



No obstante, aún no se alcanzan con el conocimiento generado por el ICIDCA, los impactos económicos, científicos y sociales requeridos por el país y en especial por el sector de la agroindustria azucarera y la producción de derivados de la Caña de Azúcar, por lo que se debe continuar trabajando en este sentido.

CONCLUSIONES

Ser flexible y proactivo deben ser características del ICIDCA en los escenarios futuros, haciendo del mercado su principal fuente de ingreso a través de una adecuada gestión de la innovación, que permita convertir sus activos intangibles en tecnologías, productos y servicios de amplio impacto social y económico y bajo impacto ambiental, así como contribuir a sustituir importaciones y potenciar las exportaciones.

Favorecer mediante ordenados procesos de transferencia tecnológica al desarrollo de los procesos industriales para la fabricación de azúcar y sus derivados, debe continuar siendo la máxima a seguir por el ICIDCA, atendiendo a las necesidades del país en este sector y al pensamiento de sus fundadores.

REFERENCIAS

1-Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Viena. (1997), Manual para Negociaciones de Transferencia de Tecnología.
2-Almazán, O. y col. (2013), Libro de Historia del ICIDCA. (en prensa)
3-Pérez Veloz, Dalia María. (2001), Manual Jurídico para empresarios cubanos, pág.108-129.
4-Chesbrough, Henry; Vanhaverbeke, Wim; West, Joel. (2006). Open Innovation: Reserching a New Paradigm, Oxford University Press.
5- Ritter dos Santos, Marli Elizabeth, (2015) Conferencia sobre Cadena de valor global, la transferencia de tecnología y la propiedad industrial. Experiencia práctica, impartida en el Seminario Internacional La Propiedad Industrial y la Transferencia de Tecnología .Cuba . Abril , 2015.
6- Informe de Balance del ICIDCA, 2014.

APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR DEL ICIDCA

APPROACH TO ICIDCA´S VALUE CHAIN ANALYSIS

Martha Salermo Martínez, Mariela Gallardo Capote, Marianela Cordovés Herrera, Alfredo Torres Fernández.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Cuba.
martha.salermo@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Este trabajo es un primer paso en el análisis de la cadena de valor del ICIDCA. En él se analiza la evolución de los principales indicadores económicos de esta institución después de su paso a empresa, tratando de determinar los logros y deficiencias por área. Como resultados del análisis realizado, se recomienda fundamentar los planes de producción y servicios mediante estudios de mercado y prestar servicios basados en el conocimiento, tales como: estudios de factibilidad técnico-económica, cursos de capacitación en general, asesorías para eficiencia azucarera, tratamientos de residuales, informáticas, entre otros.
Palabras clave: Cadena de valor, Indicadores económicos, Valor agregado.

ABSTRACT

This paper is a first step in the study of ICIDCA´s value chain. The progression of the institution´s key economic indicators through its evolution into an enterprise, establishing successes and deficiencies by areas, is analyzed. Is recommended, as results of the study, to base production and scientific-technical services plans on market studies, and to give knowledge-based services such as: feasibility studies, training courses, consultancies for sugar efficiency, residuals treatment, informatics, among others.
Key words: Value chain, Economic indicators, Added value.

INTRODUCCIÓN

Los mantenidos efectos negativos de la estructura empresarial en Cuba, a pesar de las numerosas medidas puestas en práctica para eliminarlos, fundamentan los análisis cuyos resultados tiendan al mejoramiento de los indicadores económicos y de la competitividad.
Este trabajo pretende detectar los eslabones fuertes y débiles en la gestión del ICIDCA como empresa, para evaluar la conveniencia de alternativas en las actividades creadoras de valor con un potencial mayor de avance económico. (1)

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de una breve caracterización de la Empresa se establece el conjunto interrelacionado de actividades creadoras de valor y se analiza la evolución de sus principales indicadores económicos, resaltando las áreas que con mayor frecuencia han logrado valor agregado en su gestión. Mediante un análisis matricial, de acuerdo al criterio de expertos definiendo debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades en el marco de

la cadena de valor del ICIDCA, se definen medidas que pueden minimizar las debilidades y amenazas, así como maximizar las fortalezas y oportunidades, para lograr mejores resultados económicos.

Breve caracterización de la Empresa (2)

El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) fue creado en 1963 con el objetivo de ser el soporte científico técnico del desarrollo de las tecnologías necesarias para el aprovechamiento más integral y eficiente de la caña de azúcar.

Desde la formación de la base material y humana y la definición de las líneas de trabajo, pasando por una vinculación cada vez más estrecha con la producción, ha llegado a tener una participación decisiva en las inversiones del sector azucarero, formando también másters y doctores en ciencias y consolidando su prestigio internacional.

En el año 2010 el ICINAZ (Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras) y CUBA 9 (UIP para papel), que habían formado parte del ICIDCA, se integran nuevamente a él, que ahora funciona en tres sedes principales y dos laboratorios en provincias.

Se trabaja también en grandes proyectos de plantas de producción en Venezuela.

Atendiendo a las actividades que se iban desarrollando, en el año 2013 el ICIDCA pasa a ser empresa con el siguiente objeto social:

1) Realizar proyectos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica y la transferencia de tecnología.
2) Producir y comercializar rones, productos químicos, bioproductos y agroquímicos, así como otros derivados de la investigación, desarrollo y la innovación tecnológica en la agroindustria azucarera y sus derivados.
3) Brindar servicios analíticos de azúcar, ron, alcohol y mieles.

El ICIDCA puede realizar múltiples actividades secundarias derivadas del objeto social, la mayoría de comercialización y muchas otras de prestación de servicios.

Para la ejecución de sus actividades (3), el ICIDCA cuenta con AZUMAT como proveedor y cliente principal. La fuente de financiamiento para los proyectos de investigación la ha ocupado el CITMA por autopropuesta, ya que a pesar de que las etapas de presentación, evaluación y selección fueron efectuadas por AZCUBA, no se firmaron los contratos. (3)

En cuanto a competidores, no existen para el Fitomás, como producto estrella. No sucede lo mismo con gran parte del resto de los productos químicos ya que proveedores extranjeros los ofertan con menores precios y mayores eficiencias. Con respecto a las investigaciones existe mucha competencia con las universidades, sobre todo la Marta Abreu, de Villa Clara, que tiene una larga y prestigiosa tradición de investigaciones azucareras con buenos resultados. Si de servicios se trata, son múltiples los que el ICIDCA puede prestar, contando para ello con adecuados recursos físicos y humanos. (3)

Los activos fijos tangibles, en general, se encuentran en buen estado físico. Solo los vinculados a la producción de Fitomás requieren de reparación y en muchos casos, sustitución y este proceso está planificado para el año próximo. (3)

Cadena de valor (1, 4)

La aplicación del enfoque de la cadena de valor tiene en cuenta los recursos financieros, físicos, humanos, tecnológicos y comerciales de la empresa, considerando la desagregación de actividades fundamentales que deben realizarse para producir sus productos, desarrollar sus servicios y vender ambos. Cada una de estas actividades representa una parte del costo total y a la vez incorpora parte del valor agregado por la empresa. Es por eso que este tipo de análisis permite identificar las actividades que aportan el mayor valor agregado.

Estas actividades por lo general se consideran como las de mayor potencial de avance económico y deben tenerse en cuenta para tomar cualquier medida que permita avanzar hacia actividades económicas cada vez

más complejas que conduzcan al desarrollo por la vía de un proceso continuo de aplicación del conocimiento.
Pero la cadena de valor de una empresa depende también de las cadenas de valor de sus proveedores, distribuidores y clientes, ya que la falta de recursos de éstos o una pobre coordinación entre los mismos pudiera desestabilizar el desarrollo de la creación de valor individual de las diferentes actividades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de los indicadores económicos

La evolución de los principales indicadores económicos de la empresa (3) durante los años 2012, 2013 y 2014 se caracteriza porque los mejores resultados se obtuvieron en el 2013, pero vale destacar que en el período considerado el promedio de trabajadores ha disminuido, las relaciones salario medio/productividad Valor Agregado Bruto y gasto de salario por peso de producción, siempre se mantuvieron menores que 1 y en el resto de los indicadores la línea de tendencia es creciente.

Análisis de indicadores económicos generales

La información disponible (3) corresponde a los meses de enero a junio del 2015 y aparece desglosada en las siguientes áreas:

- I + D con Producción
- UEB Habana
- UEB Quivicán

Se efectúa el análisis correspondiente con el objetivo de sacar algunas conclusiones que fundamenten medidas a tomar en el corto y mediano plazos.
Como hechos se repiten:

- Problemas para el cumplimiento del plan de ventas.
- Principales cumplidores del plan de producción: Ifopol y la mayor parte de los surtidos de Quimizuk.
- Servicios de proyecto de planta de producción en Venezuela, LABEB (ron) y alcohol sobrecumplen en valores.
- Problemas con las cuentas por cobrar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Son necesarios estudios de mercado para establecer demanda real que justifique planes de producción y servicios.
2. Es necesario lograr el desarrollo satisfactorio de las relaciones horizontales con otras entidades (fuentes de financiamiento y proveedores, principalmente).
3. Debe reportar beneficios el desarrollo de la prestación de servicios basados en el conocimiento (estudios de mercado y de factibilidad técnico-económica, cursos de capacitación en general, asesorías para eficiencia azucarera y de derivados de la caña, tratamientos de residuales, informáticas, entre otros)

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece la colaboración prestada por Yamila Angulo y Yaimi Guerra, las cuales brindaron datos indispensables para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Monreal González, P. (2001): “Desarrollo, redes productivas y clusters: reflexiones sobre el caso de Cuba”. Centro de Investigaciones de la Economía Internacional, UH. Preparado para el desarrollo del encuentro de Latin American Association, Washington DC, Septiembre 6-8, 2001. Artículo en Internet: http://lasa.international. pitt. edu/Lasa 2001/Monreal González Pedro. pdf. Consultado 15 de mayo 2015.
2. Datos de Intranet, ICIDCA. Junio 2015.
3. Información de la Dirección de Economía, ICIDCA. Junio 2015.
4. Landa de Saa, Y. (2005): “Enfoque de las Cadenas de Valor aplicado a la reparación naval en Cuba. Caso Asticar”. Revista “Cuba, Investigación Económica”, Año 11, No. 2, Abril-Junio 2005. pp 34-50.

POLIMEROS FURANICOS. ACTUALIZACION Y PERSPECTIVAS

FURANIC POLYMERS. UPDATE AND PERSPECTIVES

Autores: Andrés Gómez Estévez *, Marianela Cordovés Herrera, Indira Pérez Bermúdez

ICIDCA, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar,
andres.gomez@icidca.azcuba.cu

Resumen

Se brinda información sobre el desarrollo de los polímeros furánicos, tercera generación de derivados obtenidos a partir de la caña de azúcar, sus aplicaciones en la actividad de mantenimiento de la industria azucarera, y en otros sectores de la economía cubana. Se incluyen, asimismo, datos sobre la proyección e inversión de una planta con una capacidad de 345 t/año situada en la provincia de Cienfuegos, en el centro sur del país, destinada a la producción de polímeros furánicos que será operada por ZETI-Cienfuegos con licencia de uso de la Tecnología del ICIDCA.
Palabras claves: Polímeros furánicos, producción, aplicaciones, inversión, transferencia de tecnología.

Summary

This paper offers information on the development of Furanic polymers, third generation derivatives obtained from sugar cane, their applications in the sugar industry maintenance activity and in other sectors of the Cuban economy. It dates on the investment of to Plant for the production of 345 t / year of furanic products that will be operated by ZETI-Cienfuegos with license of use of the Technology of the ICIDCA, located in the province of Cienfuegos, in the center-south of the country, are also included.
Key words: Furanic polymers, production, applications, investment, transfer of technology.

Introducción

Especialistas del ICIDCA (1, 2, 3, 4) han desarrollado en los últimos 25 años productos en base a resinas furánicas, destinados a la protección y mantenimiento de pisos, terrazas, cubiertas transitables, superficies de metal, hormigón y madera, entre otras, cuya efectividad se encuentra avalada por trabajos efectuados en instalaciones y edificaciones pertenecientes a varios sectores de la economía cubana, además de reconocimientos científicos, patentes, premios de Fórum de Ciencia y Técnica y por la calidad en Ferias Comerciales Nacionales.

Las resinas furánicas derivadas del furfural y el alcohol furfurílico, se utilizan en masillas y hormigones plásticos, adhesivos, pinturas y recubrimientos anticorrosivos, soldaduras metálicas en frío, recubrimientos especiales e impregnantes (preservantes) de madera y son comercializadas bajo el nombre genérico registrado de “FURAL”. Los citados materiales sustituyen a otros similares en base a resinas epoxi, poliéster y fenólicas, productos de la Petroquímica provenientes de fuentes no renovables (5, 6). El objetivo del trabajo es compartir las experiencias en el desarrollo de los polímeros furánicos, su producción, sus aplicaciones y sobre la proyección e inversión de una planta con una capacidad de 345 t/año situada en la provincia de Cienfuegos, en el centro-sur del país, destinada a la producción de polímeros furánicos (7, 8).

Materiales y métodos

Los productos desarrollados en base a las resinas furánicas y los Servicios implementados para la aplicación de los mismos cumplen con un Sistema de Gestión de la Calidad en base a la ISO: 9001: 2008. Las resinas

base o matriz de los productos finales son la FAM, resina en base a furfural y la FL, resina en base al alcohol furfurílico. Ambas resinas son termofijas de alta estabilidad térmica y química, sus propiedades se exponen en la Tabla I.

Tabla I. Propiedades físico químicas de las resinas furánicas FAM y FL

PROPIEDAD \ RESINA	**FAM**	**FL**
Viscosidad cPs	2000 – 3000	5000 – 10 000
Densidad g/cm^3	1,16 - 1,17	1,21 – 1,23
Peso seco %	70 – 75	75 – 85
Punto de gel (segundos) [a]	5 – 12	5 – 15
Tiempo de vida (minutos) [b]	40 – 50	-

a: 170 ºC con 12 % de ácido bencensulfónico (ABS)

b: a temperatura ambiente con 15% de polietilenpoliamina

A partir de las resinas FAM y FL se recomienza la producción de la línea FURAL, productos encaminados a satisfacer las necesidades del reacondicionamiento y/o recuperación de piezas durante las etapas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Para la producción comercial de los citados derivados se ejecuta actualmente, según la legislación vigente en el país (9), la inversión de una Planta para la producción de 345 toneladas al año, en la provincia de Cienfuegos, en el centro-sur del país.

Los derivados que se producirán comercialmente son: Resina FAM, Resina FL, FURAL-Ri1001, FURAL-Rr Mortero, FASOL, FURANICID VII y la PB20; en la Tabla II se muestran las propiedades de los derivados en base a las resinas FAM y FL.

Tabla II. Propiedades físico químicas de los derivados

Propiedades	**FURAL-Ri 1001**	**FURAL-Rr Mortero**	**FASOL**	**FURANICID VII**	**PB20**
Relación de mezclado en volumen. (resina/endurecedor)	4:1	4:1	-	-	-
Temperatura de aplicación (ºC)	15 - 40	15 - 40	-	-	-
Tiempo de fraguado (h)	24	24	-	-	-
Tiempo útil de aplicación (min)	25 – 50	25 – 50	-	-	-
Tiempo de almacenamiento a temperatura Ambiente (años)	2	2	-	-	-
Máxima temperatura que resiste (ºC)	150	150	-	-	-
Mínima temperatura que resiste (ºC)	- 20	- 30			
Densidad (g/cm^3)	1,11 – 1,13	-	1,12 – 1,29	1,24 – 1,26	1,24 – 1,26
Viscosidad (cP)	100 - 200	-	50 – 150	280 – 480	50 – 80
Adherencia (MPa)	45 - 50	mayor de 40	-	-	-
Rendimiento kg/m^{2}x 1 mm de espesor	0,6 – 0,8	2,0 – 3,5	-	-	-
Peso seco (%)	-	-	-	61 - 78	55 - 60

Discusión de los resultados

La síntesis de los polímeros furánicos no requiere de instalaciones sofisticadas, es una unidad versátil de poca complejidad tecnológica. El proceso no emplea altas temperaturas y las reacciones ocurren a presión atmosférica. La planta tiene un área de aproximadamente 6 x 8 m, de naturaleza constructiva tradicional, estructura metálica de vigas, abierta y techo de tejas galvanizadas. La instalación consta de 3 niveles con

barandas protectoras, piso de planchas anti resbalantes con escalera de acceso a los niveles superiores. (Ver Figura 1)

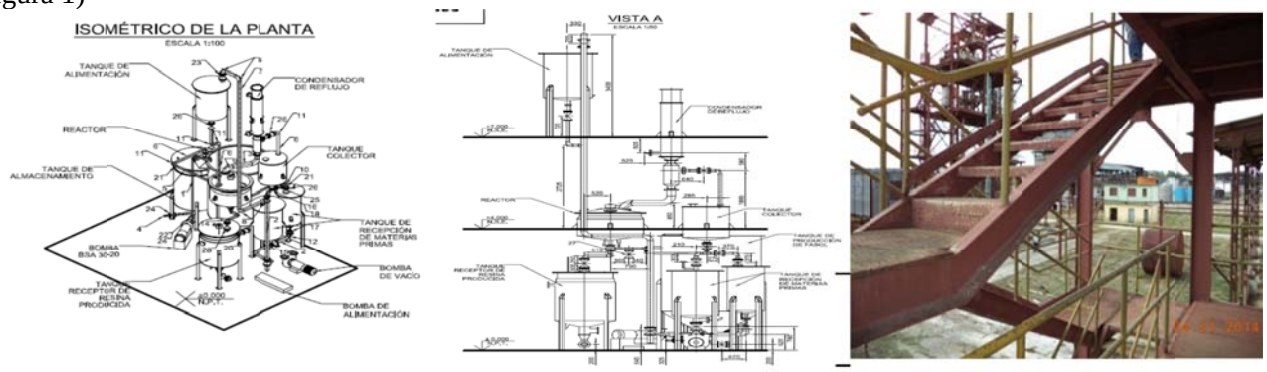


Figura 1. Vistas de la planta de resinas en instalación en Cienfuegos

Los usos de los productos de la Planta de Resinas de Cienfuegos son:

- Resina FAM: Se utiliza en soldaduras metálicas en frío, aditivos para pinturas y recubrimientos anticorrosivos.
- FURAL-Ri1001: Es el acondicionador y barrera de resistencia química de superficies y depósitos de hormigón y madera, donde posteriormente se aplicarán otros recubrimientos de la Línea FURAL.
- FURAL-Rr (Mortero): Se aplica en la hermetización de depósitos de hormigón, metálicos, de pisos tecnológicos de diferentes industrias, de cocinas, neveras, plantas de tratamiento de agua, filtros y reactores de intercambio iónico, en mesas de laboratorio, campanas de extracción de gases tóxicos y corrosivos así como en la protección de bases de hormigón de bombas de productos químicos.
- Resina FL: Se emplea en la fabricación de artículos de plásticos reforzados con fibras de vidrio (PRFV) para tanques y tuberías; en la fabricación de cementos antiácidos de alta estabilidad térmica, en la elaboración de convertidor de óxido y en recubrimientos especiales anticorrosivos.
- Resinas para fundición: FURANICID VII: Por su contenido de nitrógeno se recomienda para la fundición no ferrosa y ferrosa de piezas de bajos espesores. En los procesos sin estufar y de caja caliente. Permite un endurecimiento rápido de los machos ofreciendo buena resistencia a la penetración del metal líquido.
- Resina PB-20: Se utiliza para mejorar la adhesividad de pinturas base cal (lechadas) sobre las paredes. Se ha utilizado también, para la fundición como aglutinante de arenas en la elaboración de machos empleados en la grifería vinculada a los programas de ahorro de agua y vivienda.
- Preservante de madera: FASOL: Para el tratamiento protector y preventivo de maderas. Protege contra el ataque de hongos, insectos (comején) y contra la humedad. Aumenta la resistencia mecánica de la madera tratada, la protege contra la abrasión, los impactos y los solventes químicos comunes (según el método de tratamiento empleado). Le confiere a la madera propiedades ignífugas (no propaga la llama). No se lixivia.

La producción y aplicaciones de estos productos en entidades del sector azucarero cubano (Grupo AZCUBA), permitirá:

- Producir pintura de cal mejorada.
- Producir formulaciones de morteros secos con aditivo (resina) producido en la planta.
- Producción de pinturas anticorrosivas y convertidor de óxido.
- Producir impregnantes protectores de madera.
- Producir soldaduras metálicas en frío y recubrimientos especiales de la línea FURAL.
- Producir aglutinantes de arenas de fundición.

De los resultados económicos-financieros del estudio de oportunidad realizado, se obtuvieron los siguientes datos: VAN (623.566,46), el TIR (28,16 %), y el tiempo de recuperación de la inversión (3,71 años).

Los productos que integran la línea FURAL, así como las producciones en los que se emplean tienen como mercado a la industria en general, fundamentalmente aquella donde tiene un peso importante la recuperación de piezas y la protección anticorrosiva. Las industrias más consumidoras son la azucarera, la sidero-mecánica e industrias en general, el turismo, la construcción, el transporte, la pesca y otras, pueden utilizarse también en el hogar. Existe en el mercado doméstico una demanda no satisfecha, para la cual no hay respaldo de productos con una favorable relación precio/calidad/uso.
La experiencia del ICIDCA con las formulaciones que ha producido y vendido en el mercado nacional es que las mismas compiten en calidad y precio con las marcas presentes en el país como las de las firmas DEVCON, EUTECTIC + CASTOLIN, BELZONA MOLECULAR, LOTUM, LOCTITE, entre otras.

Conclusiones

- Se lleva a cabo la inversión de una Planta para la producción de 345 toneladas de polímeros furánicos al año en la provincia de Cienfuegos.
- El destino e impacto de estos productos está en la actividad de mantenimiento de la industria, fundamentalmente en aquellas donde tiene un peso importante la recuperación de piezas y la protección anticorrosiva.
- Existe en el mercado doméstico una demanda no satisfecha, para la cual no hay respaldo de productos con una favorable relación precio/calidad/uso.
- Los polímeros furánicos compiten en calidad y precio con las marcas presentes en el país.

Referencias

1. Gómez, A. y otros: Patente de Invención No. 21 755/1987, No. 929/1989, No. 22 355/1994, No. 23700/2011; (Cuba).
2. Gómez y colab., (2004); Generalización de recubrimientos especiales furano – epoxídicos en la protección de pisos, terrazas, cubiertas transitables y depósitos de hormigón en general, Revista ATAC, No.1, vol 65, 2004.
3. Gómez y colab., (2011); “Recubrimientos que se requieren en una destilería. Parte I. Propuesta de Normalización”. Revista ICIDCA 45 (3) 2011, pág 39 -48
4. Gómez y colab., (2012); “Recubrimientos que se requieren en una destilería. Parte II. Propuesta de Normalización”. Revista ICIDCA 46 (1) 2012, pág 38 -45.
5. Diez, F.; Gómez, A.; "El uso de los polímeros en el mantenimiento industrial"; Revista INGENIERIA Y GESTION DE MANTENIMIENTO No.34, Año VII, 2004. Editorial "ALCION", España.
6. Diez, F.; Dopico, M.; Gómez, A.; et.al.; Resistencia a la compresión de sistemas furano - epoxídicos y epoxídicos. Efecto de la relación matriz - endurecedor; Rev. Ingeniería Química No. 424, Mayo 2005, año XXXVII, Editorial Alción, España
7. Pérez, I.; Garrido N.; Gómez, A.; Cordovés, M.; Ingeniería conceptual, instalación de planta de resinas en la planta de cal de Cienfuegos; Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), AZCUBA, Mayo 2014.
8. Cordovés, M.; Gómez, A.; Pérez, I.; Estudio de oportunidad instalación de planta de resinas en la planta de cal de Cienfuegos; Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), AZCUBA, Septiembre 2014.
9. Gaceta Oficial de la República de Cuba, 5 de mayo del 2006, Ministerio de Economía y Planificación, Resolución No.91/206, Capítulo IX, Artículo 67

CENTRO VIRTUAL DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA DEL AZÚCAR

VIRTUAL CENTER OF SUGAR TECHNOLOGICAL INFORMATION

Maby Hernández Curbelo, Rafael Hurtado Vargas
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA.
Vía Blanca y Carretera Central. SMP, La Habana, Cuba
maby.hernandez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
Se presentan los resultados del proyecto Centro Virtual de Información Tecnológica del Azúcar. Los objetivos principales de este trabajo están orientados a crear condiciones que aseguren la disponibilidad de información en la organización AZCUBA. Se propone el crecimiento de la Biblioteca Virtual de los Derivados, la compatibilización entre las bibliotecas del sector y el desarrollo de una nueva plataforma tomando en cuenta los mayores volúmenes de información a procesar.
Palabras claves: Biblioteca virtual, administración de bibliotecas, ciencias de la información.

ABSTRACT
The results of the project Virtual centre of technological information of sugar are presented. The main purposes of this project are oriented to create conditions that ensure that the availability of information inside AZCUBA organization. The growth of the Virtual Library of Derivatives, the compatibility among libraries in sugar sector and the development of a new platform taking into account the higher volumes of information are proposed.
Key words: virtual libraries, libraries management, information sciences.

INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia para el desarrollo de un país, acercar las fuentes de conocimiento a quienes posibilitan los avances tecnológicos y científicos. En este sentido, las bibliotecas son el pilar de la educación de todas las comunidades y las bibliotecas especializadas son el mayor apoyo de conocimiento para los estudiantes de nivel superior, personal docente y de investigación científica. En esta época de grandes cambios en el acceso a la información, matizada por las nuevas tecnologías de la informática y las telecomunicaciones, las bibliotecas deben ampliar sus responsabilidades y su horizonte laboral hacia las redes, manejo de bases de datos, análisis estadístico, evaluación, diseminación y comercialización de la información, nuevos tipos de usuarios, nuevos formatos de información, educación a distancia y la protección de la información. (1)

Con el desarrollo de Internet, la generación y disponibilidad de una colosal cantidad de información, se convirtió en gran reto para los profesionales de la información que deben encontrar la forma más adecuada de organizar y suministrar al usuario la información que precisa, de manera rápida y sencilla. Para lograr este fin se hace necesario que la información disponible, que crece incesantemente, esté bien organizada y se pueda administrar. La manera más eficiente es utilizar bases de datos y sistemas de recuperación de información.

Las bibliotecas que han sido automatizadas están siendo transformadas o complementadas implementando bibliotecas digitales, bajo el concepto general de recopilar, almacenar y organizar información de manera digital, para poder realizar búsquedas, recuperaciones y procesamientos vía redes de computación; todo bajo un ambiente sencillo para el usuario y tomando en cuenta factores fundamentales como la presentación y la representación de la información, los mecanismos de almacenamiento y recuperación, la interacción con el

usuario, la plataforma tecnológica y el ancho de banda de la red. El campo de las bibliotecas virtuales cada vez toma mayor importancia dentro de las áreas de la información, éstas representan una interesante combinación entre aplicaciones, sistemas y longevas teorías tradicionales del manejo de información ordenada y estructurada. Asimismo, representan amplias oportunidades para desarrollar nuevas formas de acercarnos al conocimiento, especialmente en áreas de ciencia y tecnología.

Los centros virtuales de información son un escalón superior en la organización, manipulación y presentación de los recursos de información que, sin dudas, ofrece posibilidades reales de facilitar la recuperación de la información requerida por los usuarios. Las posibilidades son enormes, puesto que el empleo de redes, tanto universales (Internet) como internas (Intranets), permiten ofrecer servicios fuera de su entorno habitual con las ventajas que ello conlleva: rapidez, comodidad para el usuario, descongestión de las bibliotecas, rentabilización de recursos y superación de barreras.

El crecimiento en la demanda y el uso de información y de publicaciones digitales ha sido una de las razones fundamentales por la que el modelo de biblioteca virtual también ha tenido que evolucionar y hoy día cuenta con un fuerte componente de comunicación en línea que permite el intercambio y masificación de conocimiento. De este modo, el modelo de biblioteca virtual se transforma en un centro virtual de información y conocimiento (2).

DESARROLLO

Antecedentes

Durante los últimos años el ICIDCA ha trabajado en la modernización de su red local y en la aplicación de la tecnología de las INTRANETS. Este servicio ha permitido colocar al alcance de investigadores y dirigentes del centro información local necesaria para apoyar las actividades de investigación y dirección. (3)

Por otra parte existe el software BIBLIO (4) que administra las operaciones usuales de la biblioteca como la asistencia a la sala, préstamos, análisis estadístico y procesamiento de sus fondos, dando la posibilidad de almacenar toda la documentación existente en la misma, clasificada en los principales tipos de documentos (libros, revistas, patentes, traducciones, informes, reproducciones y otros).

A partir de estas condiciones vinculamos el acceso a la base de datos del software BIBLIO a través de la intranet, incluyendo la consulta de información a texto completo para aquellos documentos que se puedan hacer públicos. De esta manera desarrollamos nuestra biblioteca virtual que es hoy en día la Biblioteca Virtual de los Derivados de la Caña de Azúcar, la cual ha estado en explotación en nuestro centro por varios años.

Además existe una intranet del sistema AZCUBA con alcance nacional, la colección digital de información que forma parte de la Biblioteca Virtual de los Derivados se instaló en los servidores de AZCUBA, en esta colección no está la información que pudiera existir en bibliotecas de otras instituciones del organismo.

Existe mucha información técnica en formato digital que puede conseguirse por diferentes vías sin grandes costos. Nos referimos fundamentalmente a estudios bibliográficos realizados por estudiantes de postgrados, maestrías y doctorados que no están incorporados en las bibliotecas del sector y que están en formato digital.

A partir de la experiencia acumulada por el ICIDCA, se desarrolla un centro virtual que pone en manos de técnicos y profesionales del sector, la mayor cantidad de información relacionada con la Industria de los Derivados de la Caña de Azúcar y que se pueda acceder a ella desde diferentes instituciones, garantizando que la disponibilidad de información se incremente en el sistema AZCUBA. Para esto se propone el crecimiento de la Biblioteca Virtual de los Derivados, la compatibilización de las bibliotecas del sector y el desarrollo de una nueva plataforma que garantice su efectividad ante el crecimiento del volumen informativo.

El centro virtual de información tecnológica está desarrollado en ambiente web y está compuesto por dos aplicaciones:

- Aplicación para la administración

- Aplicación para los usuarios

Aplicación para la administración:
Formada por los diferentes módulos que forman parte de lo que es hoy en día el sistema de administración BIBLIO 5.0. Esta aplicación permite administrar las bases de datos, que para su estructuración y organización han pasado un proceso de clasificación en el que los contenidos se han agrupado en clases de acuerdo con sus propiedades y características comunes Pueden crearse diferentes bases en distintas entidades, las cuales se pondrán en los servidores para que puedan ser alcanzadas en línea.

La figura 1 muestra los módulos fundamentales de la aplicación de administración, dentro de los que se destacan: procesamiento de fondos documentales (digitales y no digitales) según la catalogación utilizada en base a las normas cubanas, sala y préstamos, estadísticas, seguridad y control de usuarios.

Figura 1 – Pantalla principal de la aplicación de administración

Aplicación para los usuarios:
Las bibliotecas o centros virtuales disponen de todos los servicios clásicos de una biblioteca tradicional, tales como los de lectura y búsqueda de información, pero además aprovechan el potencial que ofrecen las nuevas tecnologías de la información para llevar estos servicios al cliente, dando la posibilidad de un acceso rápido a los documentos a texto completo, sin la necesidad de realizar un esfuerzo significativo por parte del usuario.

Como muestra la figura 3 esta aplicación estará compuesta por acceso a la colección digital y catalogo en línea (búsqueda y recuperación) como sus servicios principales. Contará además con otras opciones complementarias como: acceso a bases de datos en línea, acceso a sitios de interés, información general y registro de usuarios. El registro de usuarios es importante para el acceso a documentos que estén clasificados como restringidos. El usuario podrá seleccionar la base de datos con la que desea trabajar, para conectarse a

la institución de interés. Si este no se ha registrado será un usuario invitado, solo tendrá acceso a los documentos públicos, si trata de acceder a un documento restringido tendrá que autentificarse y si tiene ese privilegio podrá descargar el documento.

Figura 2 – Pantalla principal de la aplicación de usuarios

La opción Colección Digital permite que el usuario conozca, por cada tipo de documento, todo lo que existe en formato digital. Además brinda la posibilidad de acotar esta colección a través de un formulario de búsqueda, donde el usuario determinará el criterio por el que quiere profundizar.

Por otra parte la opción Catálogo en línea, brinda la posibilidad de una búsqueda avanzada en toda la documentación existente, combinando los campos de búsquedas mas importantes como son: autores, descriptores y título y si el documento existe en formato digital podrá ser descargado, siempre y cuando sea un documento público o el usuario tenga el privilegio de descargar un documento restringido.

Usualmente, los usuarios están alternando entre búsqueda e inspección, de hecho muchos de los usuarios no saben si deben empezar por una búsqueda o una simple inspección, por lo tanto es recomendable ofrecer ambas opciones, que incluso, en muchos casos no pueden presentarse por separado. Regularmente lo que se presenta después de una búsqueda es una lista de los materiales que cumplen con las restricciones que determinó el usuario y que posteriormente deberá inspeccionar para elegir sobre cuál profundizará. Este es un proceso iterativo, otro motivo para mantener unidas la búsqueda y la inspección.

CONCLUSIONES

- El centro virtual de información tecnológica del azúcar, con una amplia colección digital en constante actualización, es un elemento importante para el desarrollo de la actividad científica en el sector.

- El centro virtual de información tecnológica de la azúcar proporcionará a sus usuarios a través de una interfaz Web un solo punto de acceso a todos los servicios y fuentes de información apoyando de esta manera las actividades de investigación, producción y dirección del sector.
- La posibilidad de cargar bases de datos de diferentes instituciones es un paso hacia la integración del conocimiento acumulado en las bibliotecas del sector.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hurtado, R. Hernández, M. Diseño e Implementación de la biblioteca virtual especializada de los derivados de la caña de azúcar. Revista ICIDCA, 2009, 43, 3, 46-51.
2. Bonilla K. V. De la biblioteca virtual a los centros de información y conocimiento. Estudio del caso de la Bibliotheek Technische Universiteit Delft. En: Gascón, Jesús. La dimensión humana de la organización del conocimiento. España, 2005. 91-104.
3. Hernández, M. Hurtado, R. La biblioteca virtual de los derivados de la caña de azúcar: El camino hacia un centro de información y conocimiento virtual. Revista ICIDCA, 2007, 41, 2, 44-50.
4. Hurtado, R y otros. BIBLIO: Un sistema para gerencia de bibliotecas. Revista Española de Documentación Científica. 1996, 19, 3, 327-335.

IMPACTO ECONÓMICO-SOCIAL DE LA TECNOCIENCIA EN EL PROCESO DE CAPACITACIÓN DE LOS CUADROS Y RESERVAS DE AZCUBA.

ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT OF TECHNOSCIENCE IN THE TRAINING PROCESS OF CADRES AND RESERVES FROM AZCUBA.

MSc. Isel María LLumbet Estanque
isel@cnca.azcuba.cu

Centro Nacional de Capacitación Azucarera

RESUMEN
El sector agroindustrial azucarero cubano requiere de una capacitación que permita a trabajadores, cuadros y reservas enfrentar los nuevos retos que impone la sociedad actual. Debido a la necesidad de valorar el impacto social en la aplicación de estos conocimientos, el enfoque práctico de la ciencia contemporánea y el contenido científico de la tecnología, se requiere abordar el proceso de capacitación de cuadros y reservas del Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA desde la perspectiva de la Tecnociencia, caracterizada por una actitud esencialmente activa – transformadora.
Se determinó que en la capacitación que se desarrolla en AZCUBA, persisten deficiencias, entre otros aspectos, por un enfoque estrecho de la ciencia y la tecnología y la preparación de cuadros y reservas, resulta el eslabón menos estructurado del Sistema de Capacitación del Grupo Empresarial Azucarero.
Palabras clave: capacitación, tecnociencia,

ABSTRACT
The Cuban sugar agro industrial sector requires the training courses that allow workers, cadres and reserves meet the new challenges imposed by today's society. It requires tackling the training process of cadres and reserves from AZCUBA Sugar Group, with the perspective of science and technology, characterized by an essentially active attitude - transforming due to the need to assess the social impact on the application of this knowledge, the practical approach of contemporary science and scientific content of technology.
It was determined, in the training system that takes place in AZCUBA, that persist deficiencies, among other things, for a narrow approach to science and technology in the preparation of cadres and reserves, because this system is the less structured link in AZCUBA.
Keywords: training, technoscience,

INTRODUCCIÓN

La importancia del conocimiento para el desarrollo y competitividad de las empresas, genera un reto a las instituciones dedicadas a la producción de nuevos conocimientos y tecnologías, que lleva implícito la búsqueda de conceptos y modelos tendientes al logro de una capacitación más eficiente, que permita equiparar la rapidez en la actualización de los conocimientos científicos, tecnológicos, organizacionales, explícitos y tácitos al dinamismo de los cambios del entorno y que estos se reviertan en la producción de nuevos bienes y en la prestación de servicios más eficientes. Debido a la necesidad de valorar el impacto social en la aplicación de estos conocimientos, el enfoque práctico de la ciencia contemporánea y el contenido científico de la tecnología, se requiere abordar el proceso de capacitación de cuadros y reservas del Grupo Azucarero AZCUBA desde la perspectiva de la Tecnociencia, caracterizada por una actitud esencialmente activa – transformadora (Nuñez, 2009).

El objetivo de este trabajo es valorar el impacto económico-social de la tecnociencia en el proceso de capacitación de los cuadros y reservas del Grupo Azucarero AZCUBA.

DESARROLLO

El Estado y Gobierno Cubano prioriza la preparación y superación de los trabajadores, cuadros y reservas, lo cual quedó refrendado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución donde se señala la importancia del desarrollo de habilidades y la búsqueda y estudio de las más modernas técnicas para administrar con eficiencia y eficacia.

El sector agroindustrial azucarero cubano requiere de una capacitación que permita a trabajadores, cuadros y reservas estar aptos para ser capaces de enfrentar los nuevos retos que impone la sociedad actual.

La capacitación como proceso tendiente al desarrollo de las capacidades y habilidades del capital humano; tiene el propósito de prepararlos para que se desempeñen eficientemente en un puesto de trabajo. Los conocimientos y destrezas adquiridos por cada persona no solo comportan lo tecnológico y lo científico, pues al actuar sobre "socio sistemas"requieren saberes y conocimientos en las dimensiones social y organizacional, intrínsecas de estos; por lo que la capacitación será uno de los eslabones que contribuirá con la integración de saberes y conocimientospara dar respuesta a las demandas de dichos sistemas con un carácter transformador.

Por lo anterior se desprende que la tecnología es más que objeto y técnica, es simultáneamente información y conocimientos codificables acumulados en los procesos de desarrollo de la ciencia y la técnica, así como información y conocimiento no codificables acumulados en experiencia de aprendizaje individual y colectiva.Así también se puede decir que la innovación como proceso es la integración de conocimientos nuevos a otros ya existentes para crear nuevos o mejorados productos, procesos o servicios.Por consiguiente, el proceso de innovación abarca diferentes fases cuya finalidad es introducir en el mercado los resultados de la investigación.La innovación es vista como un proceso dinámico en el que el conocimiento se acumula mediante el aprendizaje y las interacciones (OECD, 2006).
Por tanto se asume la capacitación como un proceso que permite la adquisición de conocimientos y habilidades para desempeñar con mayor eficiencia un puesto o cargo, proceso continuo y planificado sobre la base de las necesidades de la organización y de los trabajadores, que constituye una inversión y no un gasto y que la misma puede contribuir a la motivación de los trabajadores.

La capacitación en la Agroindustria Azucarera Cubana

Desde la década del 70, el sector azucarero se destacó como un sector de referencia en materia de capacitación técnica y en menor grado en la preparación de los cuadros y reservas que requería la industria azucarera cubana.
En 2013, fue necesario reestructurar el Sistema de Capacitación para el Grupo Azucarero AZCUBA, el cual contempla la capacitación técnica y la de cuadros y reservas, pero esta última no está desarrollada en el sistema.
A pesar de contar con un Sistema de Capacitación para el Grupo Azucarero AZCUBA, aún persisten deficiencias, por la no aplicación de la ciencia y la tecnología en los procesos de capacitación. Entre otros se encuentran:
No definición clara de los objetivos a alcanzar en el proceso de capacitación.
Las acciones de capacitación no se hacen sobre la base del diagnóstico individual.
No se aplican diseños metodológicos para evaluar el impacto económico – social de la capacitación.
Limitada correspondencia entre los conocimientos y habilidades tratados en el proceso formativo y las exigencias del puesto actual o futuro.

En la capacitación a cuadros y reservas priman los criterios del nivel superior al conformar los programas de capacitación.

La capacitación de cuadros y reservas en AZCUBA

Con la constitución del Sistema Único de Preparación y Superación de los Cuadros del Estado y sus Reservas, cuyo encargo social estaba orientado a elevar los niveles de desempeño de los cuadros y sus reservas acorde a las exigencias y demandas político– ideológicas, tecnológicas, económicas, sociales y culturales del Estado Cubano, se dio un vuelco total al sistema de capacitación existente en el antiguo MINAZ creando una nueva estructura en el CNCA que diera respuesta al nuevo encargo social que integró especialistas, profesores y personalidades en función de elevar la preparación y superación de los cuadros y reservas.

La capacitación dirigida a cuadros y reservas requiere un tratamiento diferenciado en cuanto a su concepción, debe concebirse en función de las necesidades del cuadro para dotarlo de los conocimientos, habilidades y destrezas necesarios que le permitan su desarrollo individual, grupal y organizacional, debe contemplar un conjunto de procesos que permitan la conducción y gestión de los diferentes componentes curriculares, y a su vez desarrollar el cuadro que AZCUBA necesita o visiona.

En los últimos años, el Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA ha estado trabajando en el establecimiento de una estrategia de cambios sustanciales; su despliegue demanda no solo de profesionales competitivos, sino de cuadros y reservas debidamente preparados para asumir la dirección y gestión empresarial con un enfoque de tecnociencia para la agricultura cañera, la producción y diversificación de azúcar y sus derivados, así como en la dirección de los recursos humanos.

AZCUBA dedica recursos y tiempo a capacitar a sus trabajadores, cuadros y reservas, pero esta última resulta el eslabón menos estructurado del sistema, ya que la misma aún no se logra ver como parte integrante del Sistema de Capacitación.

En estudios realizados, búsqueda documental y entrevistas efectuadas a cuadros y reservas se evidencia que la capacitación actual no da respuesta a las necesidades individuales en materia de Dirección y Gestión Empresarial; se realiza, fundamentalmente, a través de cursos y no se emplean otras formas de capacitación, además, no se tienen en cuenta los adelantos científicos técnicos en su actualización.

La capacitación a cuadros y reservas debe concebirse con un enfoque integrado, por medio de un programa que contemple diferentes métodos para la preparación de directivos, con el objetivo de mejorar el desempeño en su gestión de dirección para lograr en ellos un desarrollo en función de un plan de carrera, la ruta tránsito o sistema de promoción diseñada para cada uno, utilizando diferentes tecnologías de la enseñanza como son: estudio de caso, trabajo en grupo, juego de roles, aprender haciendo y otras que redundan en una mejor asimilación de los conocimientos para su aplicación en las empresas, elevando el desempeño organizacional y consecuentemente un mayor desarrollo económico social.

Como parte del proceso de transformaciones que se llevan a cabo en el sector azucarero, en el año 2013 se reestructura el Sistema de Capacitación para AZCUBA. Entre mayo y diciembre de 2014, con vistas a la preparación de la zafra 2014–2015, se prepararon 41 104 trabajadores, que representa el 60.4% del total de trabajadores según las acciones reflejadas en la siguiente tabla. En esta capacitación se incluye la preparación técnica que reciben los cuadros y reservas del sector.

Tabla I. Acciones de capacitación de AZCUBA en el periodo 2013-2014

No.	Preparación	2013	2014
1	Instructores de las empresas capacitados en el CNCA.	147	125
2	Trabajadores capacitados en las Filiales del CNCA.	1023	1712
3	Trabajadores capacitados en las aulas de las empresas azucareras.	5174	39267
	Total	6344	41104

Resultado del impacto de la capacitación para la zafra 2013- 2014.

Aunque el proceso de capacitación se realizó de forma integral sus resultados no son homogéneos y su impacto está dado en que:

El 56.25% de los ingenios mejoró la reducción de las pérdidas de Pol en bagazo con un impacto económico aproximado de $1 590 238,32. No obstante, se muestra un 22.91% de fábricas con una caída de pureza en los jugos por encima de un entero, aspecto que debe tener un tratamiento priorizado en los programas de capacitación y el adiestramiento del personal.

El 43.75% redujo las pérdidas en cachaza que aportan un impacto aproximado de $ 371 426,07

El 39.58% aporta una mayor eficiencia en los procesos de casa de calderas y centrífugas, reduciendo la pureza de la miel final, con un sensible impacto en términos económicos.

Las empresas azucareras que logran un mayor impacto fueron: Villa Clara, Ciego de Ávila, Holguín.

La empresa de mayor homogeneidad en el resultado integral de todas sus UEB fue Cienfuegos.

Las empresas occidentales obtuvieron muy bajo nivel de impacto en las acciones de capacitación.

La provincia de Las Tunas no registró impacto tangible en los indicadores seleccionados.

Además de la capacitación técnica, los cuadros del primer nivel de dirección, reciben una acción de capacitación en Administración de Empresas en el CNCA. Para la preparación 2013-2014, se capacitaron un total de 590 cuadros y reservas de un plan de 688, para un 85.7 %.

Las deficiencias fundamentales de las acciones de capacitación desarrolladas en los cuadros y reservas estuvieron dadas en:

La falta de una delimitación clara de los niveles de desempeño a que se aspira con los cuadros y reservas.

La aplicación inadecuada de un enfoque sistémico a la capacitación.

Un gran cúmulo de conocimientos cuya aplicación no fue controlada sistémicamente.

Se hacen necesarios nuevos modelos de enseñanza en los que la selección de los contenidos tenga más en cuenta la relevancia social de los temas y en los que las estrategias metodológicas estén orientadas hacia el estímulo de vocaciones en ciencia y tecnología y el desarrollo de las capacidades para la participación pública. Para lograr el éxito en el programa de transformaciones del sector agroindustrial azucarero, según las demandas de la actualización del modelo económico y social cubano...“se precisa desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes consistentes con las más modernas prácticas de dirección. Es por ello que la formación y desarrollo de dirigentes se convierte en una poderosa arma estratégica a perfeccionar, para aumentar sus niveles de contribución a los logros organizacionales y sociales que demanda la nación cubana” planteado por Codina A, 1998.

CONCLUSIONES

La tecnociencia constituye un nuevo paradigma en la capacitación de los cuadros y reservas de las empresas cubanas, que deben estar más enfocadas a la acción que a la teorización.

En la capacitación que se desarrolla en AZCUBA, persisten deficiencias, entre otros aspectos, por un enfoque estrecho de la ciencia y la tecnología y la preparación de cuadros y reservas, resulta el eslabón menos estructurado del Sistema de Capacitación del Grupo Empresarial Azucarero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Morales, J. (2010). Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C. . Recuperado el septiembre de 2015, de El proceso administrativo de capacitación.: www.conductitlan.net
2. Autores, C. (2000). Tecnología y Sociedad. Texto para la maestría en Gerencia de la Ciencia y la Innovación Tecnológica. La Habana: GEST. CUJAE.
3. Codina Jiménez, A. (1998). ¿ Qué hacen los directivos y qué habilidades necesitan para el trabajo efectivo? Temáticas Gerenciales Cubanas. Centro Coordinador de Estudios de Dirección. MES .

4. Díaz, J. (s.f). http://www.oei.es. Recuperado el abril de 2015, de De la ciencia a la tecnociencia (I). Orígenes y profesionalización de la ciencia moderna.: http://www.oei.es/divulgacioncientifica/opinion0048
5. Filgueiras, M. (2013). Creación y desarrollo de capacidad de absorción de tecnología en la generación distribuida cubana. Tesis de doctorado. La Habana: Centro de Estudios de Gestión de Ciencias e Innovación. INTEC.
6. Hidalgo Nunchera, A. (2000). Gestión de la Producción y la Tecnología. España: DEADE.
7. Jover, J. (2009). La Ciencia y la Tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debe olvidar. La Habana.

EXPERIENCIAS DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.

EXPERIENCES OF THE PROGRAM OF FORMATION AND TRAINING IN THE REPUBLIC BOLIVARIANA DE VENEZUELA.

Marta Barrera*; Ramón Crespo; Hipólito Pérez; Iliana García; Rafael Villegas; Guillermo Reynosa; Gerardo Cervera y Odalis Barquié.
Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)
***Email: marta.bf@inicagm.azcuba.cu.**

"Dedicado a la memoria del Dr. Ramón Crespo Labrador, Coordinador General del Programa de Extensión Agrícola, Asistencia Técnica y Capacitación en la República Bolivariana de Venezuela"

RESUMEN
Se ejecuta el proceso de **capacitación** y formación de los técnicos, profesionales, futuros extensionistas y productores del área agrícola en 13 localidades de ocho estados en la República Bolivariana de Venezuela en los temas inherentes a la Tecnología Agrícola Integral del Cultivo de la Caña de Azúcar, en el Marco del Proyecto: "Programa de Extensión Agrícola, Asistencia Técnica y Capacitación". El trabajo se desarrolló en la etapa 2006-2012 por un claustro de profesores cubanos de alto rigor científico que propició elevar el **nivel cognoscitivo** de los cursistas, sobre el manejo de la gramínea *Sacharum officinarum*, que conllevó al cambio de actitud en los cursistas, al ser capacitados 1832 estudiantes en 56 cursos con **equidad de género** y la incorporación de la familia en las acciones ejecutadas. Las encuestas realizadas al finalizar cada curso originaron 18 comentarios y estados de opinión las que fueron evaluadas utilizando la matriz DAFO.
Palabras clave: Capacitación, nivel cognoscitivo, equidad de género.

ABSTRACT
It is executed the **training** process and the technicians formation, professionals, future extensionistas and producing of the agricultural area in 13 towns of eight states in the Republic Bolivariana of Venezuela in the inherent topics to the Technology Agricultural Integral of the Cultivation of the Cane of Sugar, in the Marco of the Project: "Program of Agricultural Extension, Technical Attendance and Training". The work was developed in the stage 2006-2012 for a cloister of Cuban professors of high scientific rigor that propitiated to elevate the **cognitive level** of the cursistas, on the handling of the gramineous *Sacharum officinarum* that bore to the change of attitude in the cursistas, when being qualified 1832 students in 56 courses with **gender justness** and the incorporation of the family in the executed actions. The surveys carried out when concluding each course originated 18 comments and opinion states those that were evaluated using the main DAFO.
Key words: Training, cognitive level, gender justness.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad económica y como tal sólo podrá sostenerse si es rentable, para que esto sea posible deberá ser mirada con visión empresarial. La forma profesional y empresarial de hacer agricultura requiere que los agricultores tengan mejores conocimientos, habilidades, aptitudes y destrezas, porque les proporcionan autosuficiencia técnica y autoconfianza anímica para que ellos mismos puedan asumir el protagonismo en la solución de sus propios problemas. (1)
Venezuela, es un país de gran actividad económica, de ricos y variados recursos naturales que son transformados por la población activa representada por el 91.5% pero solo el 15% de la población laboral se dedica a las actividades agrícolas. Para garantizar una producción eficiente es preciso que sus productores y

técnicos conozcan y manejen todos los aspectos involucrados en el proceso productivo del cultivo; para ello en el Convenio Cuba-Venezuela, firmado en el año 2005 aprobó desarrollar y ejecutar como aspecto importante un **Programa de Capacitación y Extensión Agrícola** encargado de preparar a líderes, técnicos, productores y a la población en general para el cambio en el modelo de producción, así como, aceptar y adaptar las nuevas tecnologías transferidas, el trabajo colectivo y la conciencia social, independientemente de la forma de producción y tenencia de la tierra. Por tales causas nos trazamos el siguiente **objetivo**: Evaluar el proceso de formación del Programa Asistencia Técnica y Extensión Agrícola para líderes, técnicos y productores de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la República Bolivariana de Venezuela en el período 2006-2012 en 13 localidades donde se ubican los Centrales Agroindustriales y Alcoholeros correspondientes a ocho estados, dirigido al benefició de profesionales y productores a partir del desarrollo del Programa de Capacitación y Extensión Agrícola de las instituciones encargadas del desarrollo agro-azucarero-alcoholero (PDVSA-Agrícola) y Corporación Venezolana Agraria-Azúcar (CVA-Azúcar) a través de cursos teóricos y prácticos, como resultado del Convenio de Colaboración Cuba-Venezuela.

La metodología empleada tuvo como base los programas de formación y entrenamiento, la organización de los productores y el programa de Extensión Agrícola; utilizando como punto de partida las encuestas para Determinar la Necesidad de Aprendizaje (DNA).

Para la evaluación del proceso de formación del Programa, se tuvo en cuenta los Informes de Balance de cada año y las Actas de Conformidad. Al concluir cada curso o actividad de extensión agrícola se realizó una encuesta, para conocer el grado de satisfacción del cliente cuyos resultados sirvieron de base para elaborar la Matriz DAFO (2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al ponerse en práctica el proceso de formación establecido en el contrato, generado por el DNA, se impartieron 55 cursos por 126 profesionales cubanos como se muestra en la figura 2, de ellos 26 cursos para técnicos y profesionales y 29 cursos a productores independientes; del total de cursos impartidos, 30 se realizaron para profesionales y productores de PDVSA y 25 de la CVA. Se observa que el año 2010 fue el de mayor actividad educativa, no obstante, la mayor cantidad de cursos para productores se realizaron en el año 2011 mientras que en el 2008 se reportaron mayor número de cursos para los técnicos y profesionales.

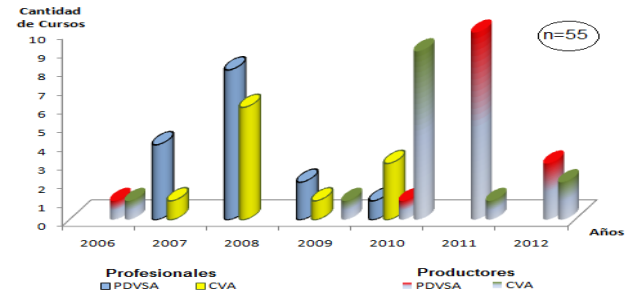


Figura 2. Total de cursos impartidos entre 2006-2012

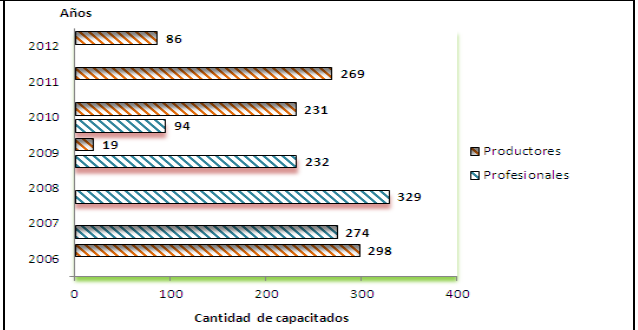


Figura 3.- Relación del personal capacitados por años

Los apuntes de Ibarra (3) señalan que la sobrevivencia en el mundo global y competitivo depende actualmente de la inversión que hagan las empresas, como innovación tecnológica, organización flexible y desarrollo de capital humano.

En el análisis del personal capacitado por años se observa que fue similar entre los años 2008 y 2010 cuando se promediaron 329 y 325 cursistas respectivamente, no obstante, en el año 2010 el proceso de enseñanza aprendizaje involucró a 94 profesionales y 231 productores a diferencia del 2008 que solo capacitó a

profesionales y presentó en la investigación los valores máximos de esta actividad, para la capacitación a productores fue menor en el año 2009 con 19, (ver figura 3).
Los resultados del estudio mostrados en la figura 4, se observa que fueron capacitados 1832 cursistas, 929 técnicos y profesionales y 903 productores, el mayor número de profesionales se capacitaron en PDVSA-Agrícola, mientras que la CVA-Azúcar capacitó más productores. La figura 5 muestra el total de cursistas capacitados con equidad de género, donde se observa una diferencia mínima de hombre más que mujeres, lo que demuestra que el desarrollo del capital humano involucra a todos los miembros de la sociedad presentes en los grupos meta con un enfoque de derechos para habilitar su participación equitativa en los procesos productivos.

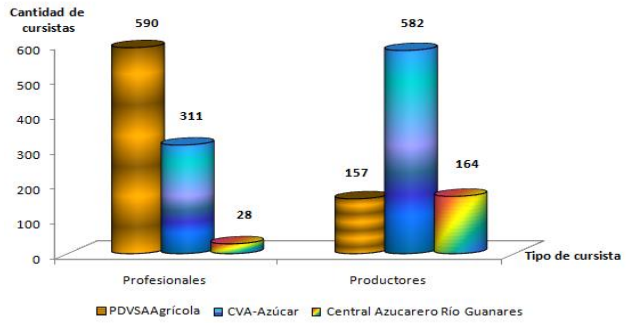


Figura 4. Cursistas capacitados por modalidades

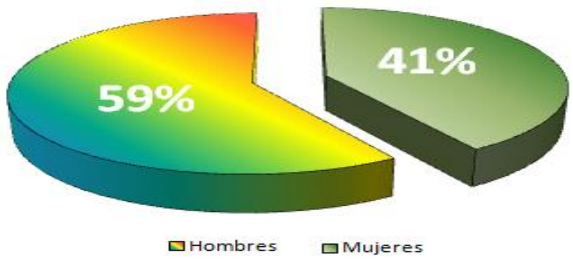


Figura 5. Total de cursistas capacitados con equidad de género.

Las mujeres en la sociedad venezolana representan el 50.5% del total de la población, alcanzando una proporción de 102 mujeres por cada 100 hombres, lo que garantiza la incorporación en todas las ramas de la economía a partir del conocimiento adquirido con enfoque de género, además de estimular aquellas tendencias a superar la desventaja social y lograr la equidad e igualdad de oportunidades para las mujeres. (4)
Los temas impartidos fueron 13, diversos y abarcadores, teniendo en cuenta el análisis de las necesidades de preparación del personal técnico, profesional y laboral, en función de las características de la zona y las propias del proyecto, establecimiento de niveles, tipo y funcionamiento del programa de extensión agrícola, la capacitación y organización de los productores.
Durante la etapa de trabajo se desarrollaron además de la capacitación, 45 acciones de extensión agrícola, ejecutadas por los productores y su familia, dentro de las que se destacan: a) determinaciones de las limitantes técnicos-productivas y sociales en el manejo del cultivo de la caña de azúcar; b) se elaboró el Libro de Agronomía de la Caña de Azúcar en Venezuela, confección de 68 tarjetas de plagas, enfermedades y malezas, 136 plegables, 64 hojas sueltas y se reelaboraron los Cuadernillos para productores; c) asesoramiento de 70 trabajos finales de cursos; d) participación en la creación de los Proyectos de Variedades y Protección de Plantas; e) montaje de tres ensayos regionales; f) montaje de parcelas demostrativas de variedades y efectos del Fitomás-E en el cultivo del maíz; g) se realizaron 23 charlas técnicas, 16 clases prácticas y seis días de campo; h) se trabajó en la formación de productores líderes y extensionistas.
Las encuestas realizadas al final de cada curso generaron 18 opiniones y estados de ánimo que permitieron realizar la matriz DAFO de la investigación la que permitió definir como debe operar la organización para lograr el objetivo deseado y por tanto establecer los objetivos estratégicos.

Fortalezas (interno)	1.Necesidad de aprendizaje. 2.Interés y motivación. 3.Adquirir nuevos conocimientos y desarrollar habilidades. 4.Transformaciones en el pensamiento y forma de actuar. 5.Integración de los especialistas y técnicos 6.Incorporación de la familia 7.Intercambio práctico entre productores e instituciones.	1.Disponibilidad del personal calificado para ejecutar programa. 2.Disponibilidad de materiales didácticos. 3.Capacitación gratuita al personal dispuesto según DNA. 4.Disponibilidad de tecnología y medios de comunicación.	**Oportunidades (externo)**
Debilidades (interno)	1.Demora para ejecutar actividades del programa. 2.Mala organización del programa por los empresarios. 3.Limitado conocimiento sobre cultura cañera. 4.Demora en la introducción de los adelantos científicos técnicos.	1.Los extensionistas formados no trabajan en la actividad. 2.Inestabilidad del personal capacitado para desarrollar el trabajo en las empresas. 3.Insuficientes Libros de Agronomía sobre Caña de Azúcar editados para Venezuela.	**Amenazas (externo)**

- **Problema general.** Sobre la necesidad del aprendizaje, el interés, la motivación, la adquisición de nuevos conocimientos y las transformaciones en la forma de actuar, están influyendo la inestabilidad del personal capacitado, que los extensionistas formados no trabajan en la actividad y la insuficiente cantidad de libros de Agronomía sobre Caña de Azúcar editados para Venezuela; si no se atenúan o resuelven el limitado conocimiento sobre cultura cañera y la demora en la introducción de los adelantos científicos técnicos aunque contemos con la integración de los especialistas y técnicos, la participación de la familia y se establezca el intercambio práctico entre productores e instituciones no se podrá a provechar la disponibilidad del personal calificado, ni de materiales didácticos para su ejecución, ni la tecnología y medios de comunicación con una capacitación gratuita a todo el personal.
- **Solución del problema general.** Si la necesidad de aprendizaje, el interés, la motivación, la adquisición de nuevos conocimientos y las transformaciones en la forma de actuar; aprovechan la capacitación gratuita y la disponibilidad de tecnologías medios didácticos y el personal calificado y contamos con la integración de técnicos y especialistas, la participación de la familia y el intercambio práctico entre productores e instituciones, reduciendo la demora en la introducción de los adelantos científicos técnicos y el limitado conocimiento sobre cultura cañera estaremos en mejores condiciones de resistir que los extensionistas formados no trabajen en la actividad, de la inestabilidad del personal capacitado para desarrollar el trabajo en las empresas y los insuficientes Libros de Agronomía sobre Caña de Azúcar.

Concepción (5) empleó la Matriz DAFO en la unidad de producción Delicias, para definir un orden de trabajo sobre la base del problema estratégico general y la solución estratégica general.

CONCLUSIONES.

1. El proceso de formación del Programa Asistencia Técnica y Extensión Agrícola para líderes, técnicos y productores de Venezuela nos permitió elevar el nivel cognoscitivo a 1832 cursistas, con equidad de género y la incorporación de la familia.
2. Con la metodología empleada se logró el cambio deseado al desarrollar habilidades en el trabajo con el cultivo de la caña de azúcar al ejecutar 45 acciones de extensión agrícola y convirtiendo al productor en protagonistas de sus propias experiencias.
3. La matriz DAFO permitió determinar las debilidades y fortalezas del programa al analizar que sobre la necesidad del aprendizaje, el interés, la motivación, la adquisición de nuevos conocimientos y las transformaciones en la forma de actuar, están influyendo la inestabilidad del personal capacitado, que los extensionistas formados no trabajan en la actividad y la insuficiente cantidad de libros de Agronomía sobre Caña de Azúcar editados para Venezuela.
4. El proceso de enseñanza-aprendizaje permitió la integración entre las comunidades y el intercambio de experiencia a la vez que logró dilucidar las deficiencias que proporcionó a corto plazo la organización del trabajo.

RECOMENDACIÓN

- Emplear la metodología demostrada en este trabajo para incluir en el Programa de Extensión Agrícola y Capacitación a productores independientes de las CCS cañeras en Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lacki, P. (1995). Desarrollo Agropecuario de la dependencia al protagonismo del pequeño agricultor. Serie Desarrollo Rural. No. 94 Edición FAO. Santiago de Chile. 148p.
2. Almarales, E.; Andreu, R.; Barbosa, R.; Barquié Odalis; y Colectivo de autores. (2006). Procedimientos Metodológicos de Extensión Agrícola para la Caña de Azúcar en Cuba. INICA. ISBN 959-7140-11-X. Primera Edición. La Habana, Cuba. p 164.
3. Ibarra Almada, A. (1998). El desarrollo de los sistemas normalizados y de certificación de competencia laboral y la transformación de la formación y la capacitación en México.
4. Chávez Frías R. (2004). Cumpliendo las metas del Milenio. Primera Edición República Bolivariana de Venezuela. Gabinete Social. ISBN 980-6456-12-2.
5. Concepción, E. (2006). Determinación de los problemas asociados al rendimiento agrícola y al costo por peso. Tesis en opción al título académico de maestro en gestión y desarrollo de cooperativas. Universidad de La Habana. FLACSO. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.

AGRICULTURA CAÑERA

Mejoramiento genético

EXPLOTACIÓN Y COSTO DE CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

CUBAN SUGAR CANE GENETICS RESOURCES, UTILIZATION AND CONSERVATION COST

Ibis Jorge Gómez, Maritza Viera Colón, Gelasio Pérez Oramas, Víctor Caraballoso Torrecilla, Lorenzo Cabrera Miranda, José M. Mesa López, Héctor García Pérez y Daynis Torres Nápoles

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Km $1^{1/2}$ Carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba. CP10800
ibis@inica.azcuba.cu

Resumen

Los recursos fitogenéticos proporcionan una amplia variación genética para obtener nuevas y mejores variedades, de ahí, la importancia de su conservación. Es objetivo de este trabajo es promover la eficiencia y efectividad de la conservación "*ex situ"* y determinar el costo de conservación de la colección de germoplasma de caña de azúcar en Cuba. El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) conserva "*ex situ*", 3 429 formas e híbridos en diferentes estados de avance generacional y han sido conservadas "*in vitro*" 700 formas de *Saccharum officinarum* en peligro de extinción. Se han recomendado 524 progenitores, incorporados a la colección activa del germoplasma. La explotación de estos recursos permitió proponer a extensión y producción comercial 58 cultivares con rendimientos agrícola e industrial superiores o iguales al testigo; tolerantes o resistentes a las principales plagas. La determinación de los costos de conservación (para tres años), incluyó los gastos incurridos en labores agrícolas, diferentes evaluaciones, capital humano y ***know how***, entre otros; los que ascendieron a alrededor de 883 500.00 USD.
Palabras clave: caña de azúcar, recursos genéticos, costos

Abstract

Phytogenic resources provide a wide genetic variation to obtain new and better sugar cane varieties, hence the importance of it conservation. The objective of this paper is to improve the efficiency, effectiveness, and maintenance cost of "*ex situ"* conservation of sugarcane germplasm collection in Cuba. The Institute for Sugarcane Research (INICA) retains "*ex situ*", 3 429 forms and hybrids in different generational state advances, and *"in vitro"* 700 forms of *Saccharum officinarum* are preserved too. 524 parents have been recommended to the active germplasm collection. The use of these resources allowed the releasing of 58 cultivars to extension and commercial production, exceeding the controls agricultural and industrial yields; and at the same time tolerant or resistant to major pests. To find the economic costs of the conservation were taken into account the following: field evaluations, expenditure on equipment, reagents, miscellaneous, human capital and know-how of this. The calculated costs for germplasm conservation (for three years) included agricultural labours, different evaluations, human resources and know how, among others, amounting around 883 500.00 USD.
Key words: sugar cane, genetic resources, costs

Introducción

En los últimos 100 años y más en este siglo XXI las acciones desarrolladas por el hombre, han provocado cambios climáticos a nivel global (Bellon *et al*., 2009), los cuales destruyen el *hábitat* de muchas especies y coloca a otras, en el límite de su extinción.

La reducción de la diversidad genética empobrecerá el futuro, la humanidad y la demanda de productos de origen vegetal y animal crece extraordinariamente, los recursos fitogenéticos están en peligro, por lo que se hace necesario la toma de decisiones que favorezcan su conservación y protección (FAO, 2011).

Es importante reconocer y recordar que el avance de todo Programa de Mejoramiento Genético de plantas depende de la conservación de los recursos fitogenéticos, los cuales proporcionan una amplia variación genética, o sea, los genes (materia prima), para la obtención de nuevas y mejores variedades mediante la mejora vegetal clásica o a través de la ingeniería genética, son la fuente irremplazable de caracteres, tales como: resistencia a enfermedades, tolerancia a ambientes adversos y productividad.

Estos recursos pueden ser conservados tanto "*in situ"* (*hábitat* natural), como "*ex situ"* (conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de sus *hábitats* naturales), (FAO, 2013). La conservación de estos recursos permite concentrar por tiempo indefinido la mayor diversidad genética posible, expresada por un alto número de biotipos representativos de la especie y de especies afines (Jaramillo y Baena, 2009).

Para la conservación de los recursos fitogenéticos de caña de azúcar, el procedimiento consiste en el establecimiento de colecciones en campo, en la que se almacena la mayor variabilidad genética posible de una población o un cultivar y busca conservar fuera de su centro de origen o diversidad, tanto las especies como la variabilidad producida durante el proceso evolutivo de domesticación (Jaramillo y Baena, 2009). Estas colecciones reciben el nombre de bancos de genes, bancos de germoplasma o colección de germoplasma.

La función principal de la conservación "*ex situ"* radica, en tener disponible en cualquier momento, el material vegetal para los fitomejoradores, que involucre un factor genético en particular o grupos de factores que se deseen combinar con un propósito definido. Esta colección aporta materiales y datos útiles para la producción de variedades superiores, resistentes a plagas y a diferentes estreses abióticos.

La conservación de los recursos fitogenéticos de la caña de azúcar, son la base para la obtención de nuevos cultivares de caña de azúcar a través de su explotación en el programa de mejoramiento genético, lo cual garantiza mantener una constante renovación de las variedades en explotación comercial y contar con mejores variedades y mantener una industria eficiente y competitiva.

Cuba posee la quinta colección de germoplasma en su tipo del mundo, precedida por India, Estados Unidos, Islas Fiji y Brasil (Mesa *et al*, 2013).

Es objetivo de este trabajo promover la eficiencia y efectiva de la conservación "*ex situ*" de la colección de germoplasma de caña de azúcar en Cuba, así como mostrar el costo para su multiplicación, caracterización, evaluación y documentación.

Materiales y Métodos

Se utilizó la información de la colección núcleo de germoplasma y colecciones de trabajo, ubicadas en la Estación Experimental de Jovellanos, Matanzas, donde se realiza la caracterización y evaluación del material contenido en la colección, además, las réplicas de ésta colección situadas en Mayarí, Cienfuegos y Guaro, Holguín, colecciones activas (lotes de hibridación) y colecciones de trabajo, ubicadas en Guayos, Sancti Spíritus y zona montañosa de Guamaya en el Escambray.

Para determinar los costos de conservación de la colección para un período de tres años, tiempo en el cual se enmarca la renovación en Cuba, se tuvo en cuenta cada una de las características y atributos que se utilizan para realizar la caracterización y evaluación de la colección, según establecen las Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento (Jorge *et al*., 2011) en las cepas de caña planta, 1er y 2^{do} retoño.

Se consideraron todas las labores agrícolas, culturales, gastos en equipamiento, reactivos, cristalería, misceláneas desde la plantación de los bancos de semilla hasta la cepa de segundo retoño de cada una de las colecciones y réplicas, considerando además, la caracterización y evaluaciones realizadas a uno y cada una de las accesiones presentes en la colección, así como, el registro de la información generada. Se asumió la frecuencia en tiempo y espacio de cada una de las actividades desarrolladas, ***know how*** del personal dedicado a la actividad.

En el cálculo estuvo presente, el capital humano, categoría científica u ocupacional, salario, gastos de seguridad social, dietas, pasajes. Igualmente se contempló el gasto de combustible, energía eléctrica, agua. También los gastos de depreciación (locales y equipos), gastos de instalación y mantenimiento de equipos e instalaciones de las regiones involucradas.

Resultados

Colección de germoplasma

En Cuba la colección de germoplasma de la caña de azúcar se encuentra bajo el patrocinio del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), la colección "*ex situ"* se encuentra en Jovellanos, Matanzas con 3 429 formas e híbridos en diferentes estados de avance generacional.

Está replicada en Guaro, Holguín (2 774) y Mayarí, Cienfuegos (686), existen además, dos colecciones activas (lotes de hibridación) que garantizan las campañas de cruzamiento, ubicadas en Sancti Spíritus y Holguín. Existen dos colecciones de trabajo en Guamuhaya, Escambray (180 individuos) que aparte de tener como objetivo la conservación de los recursos fitogenéticos, se utilizan con fines evaluativos para los caracteres como fecha de inicio y fin de la floración, porcentaje de floración, fertilidad del polen y otros de interés para las condiciones de suelo y clima donde se desarrolla la hibridación.

Las réplicas de la colección se establecieron, a partir del aumento de la erosión genética y pérdidas de variabilidad debido a varios factores, uno de ellos, la aparición de nuevas enfermedades y el alto fondo de inóculos, establecidos en las áreas donde han radicado, por más de 40 años, las colecciones, así como el estrés ambiental (inexistencia de riego) todo ello, ocasionó una erosión genética de 670 variedades en los últimos años.

En el laboratorio de biotecnología, de la Estación Experimental de Jovellanos, Matanzas, se realiza la conservación "*in vitro"* de las formas de la especie *Saccharum officinarum* y cultivares en peligro de extinción. En el período de 1999 a 2013 fueron rejuvenecidos, saneados, multiplicados y enraizados un total de 700 formas e híbridos, lo cual permitió disminuir la erosión genética, mejorando el vigor y sanidad de la colección núcleo.

Explotación de los recursos fitogenéticos

Para llevar a cabo la explotación de los recursos genéticos en Cuba, se procede a seleccionar progenitores de la colección núcleo de germoplasma para integrar el programa de mejoramiento genético. Para ello, se utilizan diferentes criterios de selección, Jorge *et al*., (2011), entre los que se encuentran: contenido azucarero, madurez temprana, diámetro, longitud, número de tallos por plantón, floración, comportamiento fitosanitario, adaptabilidad a condiciones adversas de salinidad, sequía y mal drenaje.

Cuando los individuos son seleccionados como progenitores, se envían a colecciones activas del germoplasma, lugar donde se realizan las cruzas y posteriormente incluidos en los programas de mejora.

En el período 1999 a 2013, se realizó la selección de 524 progenitores, enviados Centro Nacional de Hibridación (CNH), ubicado en la provincia de Sancti Spíritus, donde se ejecuta la campaña de hibridación. Anualmente el CNH, garantiza 175 000 posturas que son distribuidas a diferentes territorios del país. Este material pasa a formar parte del esquema de la primera etapa del esquema de selección vigente para el estudio y recomendación de nuevos cultivares de caña de azúcar, lo cual permite recomendar como promedio anual dos variedades a la producción comercial.

Es importante comentar que los progenitores seleccionados son enviados además, al punto de hibridación ubicado en Guaro, Holguín, el cual tiene la responsabilidad de realizar las combinaciones que por diferentes causas no puedan realizarse en el CNH en Sancti Spíritus, como son: no sincronización o falla de la floración en progenitores programados a cruzar, ocurrencia de desastres naturales o presencia de factores bióticos y abióticos, entre otros, que afecten el desarrollo de la campaña de hibridación, asumiendo así, la campaña de obtención de posturas a nivel nacional para integrar parte de los progenitores a explotar en el programa de mejora.

Resultados del Programa de Fitomejoramiento

Durante el período de 1999 a 2014 el programa de fitomejoramiento del INICA, a través de la obtención, a través del programa de mejora y por la introducción y recomendación de variedades foráneas, incremento en la colección núcleo y activa del germoplasma con 82 nuevos genotipos, así como recomendó a extensión y explotación comercial un total de 58 cultivares, todos con rendimiento agrícola e industrial superior o igual al testigo; con tolerancia o resistencia a las principales plagas que afectan al cultivo.

Costos de conservación

La conservación de los recursos fitogenéticos de caña de azúcar, es de suma importancia, ya que permite preservar la variabilidad genética de las poblaciones, se utilizan como soporte en los programas de mejora para la obtención de nuevos cultivares, son garantía de la alimentación y la agricultura, así como para la conservación del medio ambiente.

En Cuba se desarrolló por un grupo de investigadores de la institución, el cálculo económico para la conservación de estos valiosos recursos, el cual asciende a 883 500.00 USD, para un período de tres años, gasto compensado, por el valor intangible de estos recursos para el país y el mundo.

Conclusiones

1. La Colección de Germoplasma posee 3 4129 formas e híbridos en diferentes estados de avance generacional.
2. Rejuvenecidos, saneados, multiplicados y enraizados un total de 700 formas del género *Saccharum officinarum* en peligro de extinción.
3. Recomendación de 524 progenitores al programa de mejoramiento genético, así como 58 cultivares para extensión y producción comercial.
4. El costo de conservación del germoplasma para un período de tres años en Cuba, asciende a 833 500.00 USD.

Bibliografía

1. Bellon, M.R., Barrientos-Priego A. F., Colunga, P., Perales, H., Reyes, J. A., Rosales, R., Zizumbo-Villarreal, D. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, en Capital natural de México, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 355-382. 2009.
2. FAO. Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Aprobado por el Consejo de la FAO, 29 noviembre 2011.
3. FAO. Conservación de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture were endorsed at the 14th Regular Session of the CGRFA, Rome, 15-19 April. 2013.
4. Jaramillo Sildana y Margarita Baena. Conservación Ex Situ de Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 209 pp. 2009.
5. Jorge H., Ibis Jorge, N. Bernal, J. M. Mesa. Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. 386 pp. 2011.
6. Mesa J.M., H. García, R. González, Ibis Jorge e Ignacio Santana. Estrategia y nuevos retos del programa cubano de mejoramiento genético de la caña de azúcar. Memorias XII Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados. DIVERSIFICACIÓN 2013. ISBN: 978-959-7165-39-2. La Habana, Cuba. 2013.

DEVELOPMENT OF NEW CANAL POINT CULTIVARS FOR SAND SOILS
DESARROLLO DE NUEVOS CULTIVARES CANAL POINT PARA SUELOS ARENOSOS

Maninder Pal Singh[1], Jack Comstock[2], Per McCord[2], Hardev Sandhu[1], Duli Zhao[2], Christopher LaBorde[3], Wayne Davidson[4], Lee Davis[3], Bouazza Sakr[5], Mike Irey[3]

[1] Everglades Research and Education Center, University of Florida, 3200 East Palm Beach Road, Belle Glade, FL-33430 (maninder@ufl.edu); [2] USDA-ARS Sugarcane Field Station, Canal Point, FL; [3] United States Sugar Corporation, Clewiston, FL; [4] Florida Sugar Cane League, Belle Glade, FL; [5] Florida Crystals Corporation, Okeelanta, FL.

ABSTRACT

In Florida, around 22% of sugarcane acreage is on sand soils. However, the cooperative sugarcane CP cultivar development program historically tested new clones only on organic soils during the first three stages (seedlings, Stage I and Stage II). The purpose of this program is to improve the development of cultivars for growers who have sand soils. A separate sand program has been established with the first two stages (seedlings and stage II) on one sand location. Around 10,000-15,000 seedlings are evaluated annually in ratoon crop in the seedling stage followed by evaluation of around 1000-1500 clones in ratoon crop in stage II tests for vigor, disease, and yield parameters. Stage III and stage IV are conducted at two and four farms, respectively, with different sand soil types. Selections are conducted in first-ratoon and second-ratoon in stage III and IV, respectively. It is expected that this program will help improve cane tonnage and sugar yield on sand soils.

Key words: sugarcane, breeding, cultivars, sand, Canal Point.

RESUMEN

En Florida, cerca del 22 % del área dedicada a la caña de azúcar esta sobre suelos arenosos. Sin embargo, el programa cooperativo para desarrollar variedades CP históricamente probo nuevos clones solamente sobre suelos orgánicos durante los primeros 3 estadios (plántulas, Estadio I y Estadio II). El propósito de este programa es mejorar el desarrollo de cultivares para los agricultores que tengan suelos arenosos. Se ha establecido un programa separado con los primeros dos estadios (plántulas y estadio II) en una localidad de suelos arenosos. Se evalúan anualmente alrededor de 10.000-15.000 plántulas en cultivos de retoños y se evalúan alrededor de 1.000-1500 clones en cultivos de retoños del estadio II para vigor, enfermedades, y parámetros del rendimiento. Los estadios III y IV se realizan en 4 fincas, con diferentes tipos de suelos arenosos respectivamente. Las selecciones se realizan en el primer y segundo retoño respectivamente en los estadios III y IV. Se espera que este programa pueda ayudar a mejorar el tonelaje de caña y rendimiento en azúcar en los suelos arenosos.

Palabras clave: caña de azúcar, mejoramiento, cultivares, arena, Canal Point.

Introduction:

Sugarcane (a complex hybrid of *Saccharum* spp.) is an important cash crop in south Florida and other parts of the world. In Florida, sugarcane is grown on either organic (muck) soil or mineral (sand) soil with around 22% (36,455 ha) of the current area on sand soils in 2014-15 growing season (Rice et al., 2015). However, the cooperative Canal Point (CP) sugarcane cultivar development program involving the United States Department of Agriculture- Agriculture Research Service (USDA-ARS) at Canal point, FL, the University of

Florida, and the Florida Sugar Cane League, Inc., historically tested new clones during initial selection phases only on muck soils. Recent studies on historical data have shown yield gains due to new cultivars on muck soils; however no gains were observed on sand soils (Edme et al., 2005). Other studies have found significant genotype x soil interaction (McCord et al., 2014). A comprehensive review of the cultivar development program has suggested the need to test new clones on sand soils earlier in the selection procedure. Moreover, previous studies have shown that the production on sand soils is generally lower compared to muck soils, which could partly be due to the lack of high yielding sand cultivars. Additionally, any sugarcane expansion in Florida would occur on sand soils due to limited availability of muck soils in the region, providing a greater incentive to develop new cultivars for sand soils. The overall goal of this section of the cooperative CP cultivar development program is to improve the development of high-yielding, disease-resistant, and stress-tolerant cultivars for growers who have sand soils in Florida.

Materials and Methods

The CP sugarcane cultivar development program for sand soils consists of five stages, namely crossing, seedlings, stage II, stage III, and stage IV (Figure 1). This program skips one stage (stage I) compared to the regular CP cultivar development program (now known as the cultivar development program for muck soils) due to the limitation of resources and to conserve time in the development of new cultivar as selections are made in the first ratoon-crop instead of the plant-cane crop.

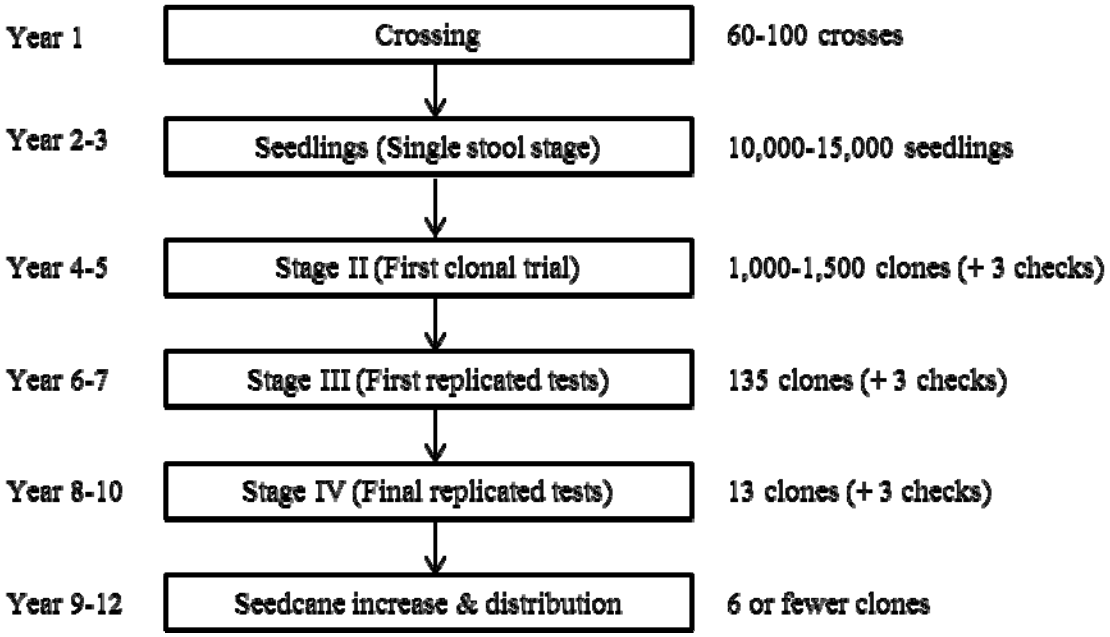


Figure 1: Flowchart describing the Canal Point (CP) cultivar development program for sand soils.

Crossing: One of the main features of this program is to make dedicated crosses for the sand soil. Parents and families are selected based on their previous performance on the sand soil. Every year, around 60-100 crosses are made to produce around 70,000 true seed and germination tests are conducted on family basis before planting the seeds in the greenhouse to be tested as seedlings.

Seedlings stage: In this stage, seedlings are transplanted in the field in paired rows spaced 10' with 2.5' spacing between the seedlings. These trials are conducted on one location with immokalee sand (sandy, siliceous, hyperthermic Arenic Alaquods) containing <2% organic matter at Townsite farm of United States Sugar Corporation near Clewiston, FL. Around 10,000-15,000 seedlings are evaluated annually in the seedling stage using various visual and quantitative measurements. Visual evaluations includes stalk count, length, diameter, pithiness, and piping, presence/absence of bull and side shoots, pop eyes, and diseases such as smut, leaf scald, and rust (orange and brown rust). Selected seedlings are evaluated for sucrose content using Brix (percent soluble solids in juice, conducted with handheld digital refractometer) and seedlings below the cutoff point for Brix (determined based on the commercial check cultivar in the area) are dropped from the selection list. Evaluations are conducted in the first ratoon crop to evaluate the ratooning ability of various clones, an important criterion for improved cultivar performance on sand soils. This stage also provides information on family and parent performance, which could help breeders use desirable parents for crossing and improve genotype performance on sand soils.

Stage II: Following the seedling stage, around 1000-1500 clones are selected to be evaluated more rigorously as stage II type tests, conducted at the same field location at Townsite farm. Stage II trials are planted as unreplicated 1-row plots which are 20' long and spaced 5' between rows. During the first few years of this program, we are also evaluating best performing clones from the cultivar development program for muck soils which were not advanced in that program due to the low cane yield. In this stage, three check cultivars (selected from the recent best performing sand cultivars) are also replicated several times throughout the field trial to evaluate new clone performance against these industry checks. At this point, these cultivars are: CP 96-1252, CL 88-4730, and CPCL97-2730. As was the case in the seedlings stage, selections are made in the first ratoon crop. Selections are based on quantitative data on cane and sucrose yield as well as sucrose concentration compared to the check cultivar, along with visual ratings and freedom from various diseases such as orange and brown rust, smut, leaf scald etc.

Stage III: This stage is conducted on two farms with different soil types, Townsite farm (Immoklee sand) and Hilliards farm (Margate sand). Around 135 best performing clones from the stage II trial are evaluated in this stage, both in plant-cane and first-ratoon crop. Stage III trials are planted as replicated (2) 2-row plots with 15' row length and 5' spacing between rows. Three check cultivars are included in the stage, similar to the ones in stage II tests. In this stage, a pre-selection of around 40 clones is made in the plant-cane crop, followed by the final selection of around 13 clones in the first-ratoon crop. Similar selection criteria to stage II are followed in this stage, both in plant-cane and first-ratoon crop.

Stage IV: In this stage, around 13 best performing clones selected from stage III are evaluated on four commercial farms with different sand soil types. These include Townsite farm (Immokalee sand),
Hilliards farm (Margate sand), Lykes farm (Oldsmar sand), and PPI farm (Riviera fine sand). Trials in this stage consist of six replications at each location to evaluate the variability within each clone at each location. Plot size for this stage consists of 3 rows with 35' row length and 5' spacing between rows. Three check cultivars are included in the stage, similar to the ones in stage II tests. Selections are based on quantitative data on cane and sucrose yield as well as sucrose concentration compared to the check cultivar, along with freedom from various diseases mentioned before.

Clones selected in the plant-cane, first-ratoon, and second-ratoon crop are planted at various locations in the production region for distribution to growers in case of release of a clone as new cultivar at the end of stage IV tests. These plantings are then used for seedcane distribution of a released cultivar to the growers.

Results and Discussion

Table 1 shows a subset of data on clones that were planted both on muck and sand soils during different years (2011 and 2012, respectively), as stage II tests. These clones were planted on sand soil as they were not advanced on the muck soil program due to poor tonnage. Clones were ranked out of a total of 192 clones tested on both soil types based on their sucrose yield, and top 10 clones on each soil type and their respective rank on the other soil type is presented in this table. A great variability in rank of each clone on both soil types demonstrates their different performance based on the soil type and shows the need to test a new clone on a specific soil type in the early part of the cultivar development program.

The CP cultivar development program for sand soils has resulted in the commercial release of five sugarcane cultivars (CP 06-2425, CP 06-2495, CP 06-2964, CP 06-3103, and CP 07-1313) in 2015. These five cultivars are the first ones to be released from this program for sand soils of south Florida. These cultivars combine high cane and sugar yield with resistance to various important diseases in the region and will provide growers with more options to select a cultivar for their sand soils. Across all released cultivars, cane and sugar yield were 24.9 Mg ha^{-1} (24%) and 3.5 Mg ha^{-1} (29%) greater compared to the check cultivar (CP 88-4730), respectively (Table 2).

It is expected that this program will help improve cane tonnage and sugar yield on sand soils from the plant-cane through the second-ratoon crop. Additionally, the data collected during various stages of this program will provide more information on the family as well as parent performance that could be used to further improve this program.

Table 1: Rank (based on sucrose yield) of 192 clones planted on muck soil during 2011 and on sand soil during 2012. Top 10 clones on both soil type and their respective rank on other soil type are presented.

	Rank on			Rank on	
Clone	Sand	Muck	Clone	Sand	Muck
CP 11-1666	1	15	CP 11-1537	12	1
CP 11-2425	2	155	CP 11-1721	104	2
CP 11-1321	3	133	CP 11-2290	131	3
CP 11-2167	4	22	CP 11-1406	176	4
CP 11-2544	5	21	CP 11-1146	40	5
CP 11-1898	6	90	CP 11-2537	52	6
CP 11-2549	7	84	CP 11-1253	24	7
CP 11-1663	8	103	CP 11-1359	171	8
CP 11-2009	9	78	CP 11-2498	164	9
CP 11-1362	10	14	CP 11-1524	49	10

Table 2: Sugarcane stalk weight, cane and sucrose yield in plant-cane (PC), first-ratoon (1R), and second ratoon (2R) crop, CRS (commercial recoverable sucrose), and economic index (EI) of 5 new released cultivars (averaged across all cultivars) compared with the check cultivar (CL 88-4730).

Variable	Unit	New cultivars	Check cultivar
Stalk weight	Kg $stalk^{-1}$	1.12	1.06
Cane Yield			

PC	Mg ha^{-1}	182.0	162.8
1R	Mg ha^{-1}	98.1	60.9
2R	Mg ha^{-1}	100.8	81.4
Mean	Mg ha^{-1}	127.0	102.0
CRS	g kg^{-1}	118.5	118.7
Sucrose yield			
PC	Mg ha^{-1}	24.31	22.19
1R	Mg ha^{-1}	14.46	8.06
2R	Mg ha^{-1}	8.47	7.38
Mean	Mg ha^{-1}	15.43	11.95
EI	\$ ha^{-1}	2785	2068

References

1. Rice, R., Baucum, L., Davidson, W. Sugarcane variety census: Florida 2014. Sugar Journal, 2015, 78:8-16.
2. Edme, S.J., Miller, J.D., Glaz, B., Tai, Y.P., Comstock, J.C. Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years. Crop Science, 2005, 45:92-97.
3. McCord, P.H., del Blanco, I.A., Milligan, S.B., Glaz, B., Glynn, N.C., Davidson, R.W., Irey, M.S. 2014. Sugarcane genotype selection on muck and sand soils in Florida: a case for dedicated environments. Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists, 2014, 34:21-32.

ESTUDIO DEL RENDIMIENTO Y MODELACIÓN DEL PERÍODO DE MADUREZ EN NUEVOS CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR

YIELD PERFORMANCE STUDY AND MATURITY PATTERNS MODELING OF NEW SUGARCANE CULTIVARS

Reynaldo Rodríguez Gross, Yaquelin Puchadez, Salvador Rill, Wilfre Abiche Maceo y Guillermo Gálvez

Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar

reynaldo.rodriguez@inicasc.azcuba.cu, yaquelin.puchades@inicasc.azcuba.cu, salvador.rill@inica.azcuba.cu, wilfre.abiche@inicasc.azcuba.cu, guillermo@inicasc.azcuba.cu

Resumen. El objetivo del trabajo es definir la respuesta agropoductiva de nuevos cultivares de caña de azúcar, así como modelar y clasificar su período óptimo de madurez y cosecha. Se estudiaron 38 cultivares durante dos cosechas en la provincia Santiago de Cuba. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de pol en caña, t caña ha^{-1} y t pol ha^{-1}, así como el contenido azucarero en todo el período de cosecha. Se obtuvo que los cultivares de mejor respuesta agroindustrial resultaron ser: C86-12, C88-297, C89-559, C90-469, C91-115, C91-522, C95-416, C97-445 y SP70-1284. Se identificaron los siguientes grupos de madurez: Inicio, inicio-medio, medio, medio-final y final de zafra, así como los cultivares que se pueden utilizar en todo el período de zafra. Asimismo, se determinó que la ecuación polinómica de segundo grado resultó la de mejor ajuste para modelar la madurez de los cultivares de caña de azúcar durante el período de zafra.

Palabras clave: madurez, AMMI, modelación.

Abstract. The aim of the work was to assess the performance of new sugarcane cultivars, as well as to model and to classify its optimal maturity and harvest period. Thirty-eight sugarcane cultivars were studied during two crop cycles (cane plant and first ratoon). The variables pol percentage in cane, t cane ha^{-1} and t pol ha^{-1} were recorded in the whole harvest period (November-April). Data were analyzed using analysis of variance, multivariate techniques (AMMI models and clustering) and regression analysis. The best performance cultivars were C86-12, C88-297, C89-559, C90-469, C91-115, C91-522, C95-416, C97-445 and SP70-1284. Cultivars were classified according to its optimal period of maturity in the following harvest schedule groups: early, early-middle, middle, middle-late and later. In addition, it is showed sugarcane cultivars for harvesting in overall harvest period. The polynomial equation of second grade displayed the better adjustment for modeling maturity pattern of sugarcane cultivars during its harvest period.

Key Word: maturity, AMMI, modeling.

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar ha recomendado, desde el año 2002 al 2014, 41 nuevos cultivares de caña de azúcar obtenidas en diferentes provincias. Cuando los nuevos cultivares son llevados a otros territorios, para su posible introducción en áreas comerciales, no se cuenta con suficiente información sobre su respuesta agroproductiva, momento de madurez y período de cosecha, así como conocimientos integrales sobre la calidad de jugos en las nuevas condiciones edafoclimáticas. El objetivo del presente trabajo es definir la respuesta agropoductiva de nuevos cultivares de caña de azúcar recomendados en la provincia Santiago de Cuba, así como modelar y clasificar su período óptimo de madurez y cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento de campo en el Bloque Experimental "La Mantonia", del municipio de Contramaestre perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente-Sur, sobre un suelo Pardo sialítico y bajo condiciones de secano. Se estudiaron 38 cultivares (C86-12, C86-156, C86-165, C86-251, C86-406, C86-56, C87-252, C88-297, C88-380, C88-553, C88-556, C89-147, C89-148, C89-161, C89-176, C89-250, C89-559, C90-316, C90-317, C90-469, C90-501, C90-530, C90-647, C91-115, C91-356, C91-367, C91-522, C92-203, C92-514, C93-567, C95-416, C97-445, SP70-1284 y B78505). Se utilizó como testigo C87-51, así como tres cultivares de amplia comercialización (B7274, C1051-73 y C120-78). La plantación se realizó en ciclo de frío (septiembre de 2009) y cosechado en cepa de caña planta y primer retoño con 16 y 12 meses de edad respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques al azar y parcelas experimentales de 48 m^2 con tres repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: t caña.ha^{-1}, porcentaje de pol en caña y t pol.ha^{-1}. Se determinó la respuesta agroproductiva de los cultivares mediante análisis de varianza simple de efecto fijo. Se utilizaron las dócimas de Tukey ($p=0,05$) para la comparación múltiple de medias. Se utilizaron los resultados del porcentaje de pol en caña para determinar el momento óptimo de madurez y clasificar los cultivares por su época de cosecha mediante el uso del modelo AMMI (Gauch et al, 2008) y análisis de agrupamiento de mínima varianza de Ward (Ward, 1963). Se realizaron análisis de modelación, para estimar el momento óptimo de maduración, por medio de análisis de regresión con la variable porcentaje de pol en caña de cada cultivar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza realizado a cada cosecha (cepa de caña planta y primer retoño) mostró diferencias significativas para las tres variables evaluadas, porcentaje de pol en caña, t caña.ha^{-1} y t pol.ha^{-1}. Los resultados de la comparación múltiple de media señalaron que para el contenido azucarero los cultivares de mejor respuesta, en ambas cosecha y con resultados similares o superiores al testigo fueron: C86-12, C86-

156, C88-380, C89-161, C89-250, C91-367, C92-203, C93-567, C97-445 y SP70-1284. Para el rendimiento agrícola se observó una respuesta superior o similar con respecto al testigo de un grupo de numeroso cultivares, entre los que se destacan: C91-115, C89-147, C86-12, C86-406, C89-559, C90-317, C90-469, C90-530, C91-522, C95-416, C97-445 y SP70-1284. Los resultados de los cultivares para la variable t de pol.ha^{-1} son similares a los obtenidos para el rendimiento agrícola (t caña.ha^{-1}).

Al realizar el análisis de agrupamiento con los resultados del modelo AMMI se obtuvieron tres grandes grupos de madurez de los cultivares estudiados (Figura 1). Un primer grupo en los que interactuaron con los meses de inicio de zafra (noviembre a enero) denominado de madurez temprana (C120-78, C88-553, C89-147, C89-161, C90-316, C90-469, C90-501, C90-530, C91-356 y C91-522). Un segundo grupo de cultivares, considerados de madurez media en los que coinciden la mayor parte de los cultivares (C86-12, C86-406, C87-252, C87-51, C88-380, C88-556, C89-148, C89-250, C91-367, C92-514, C93-567, C97-445, SP70-1284 y C1051-73), así como un tercer grupo del último período de (B7274, C86-156, C86-165, C86-251, C86-56, C88-297, C89-176, C89-559, C90-317, C90-647, C91-115, C92-203 y C95-416).

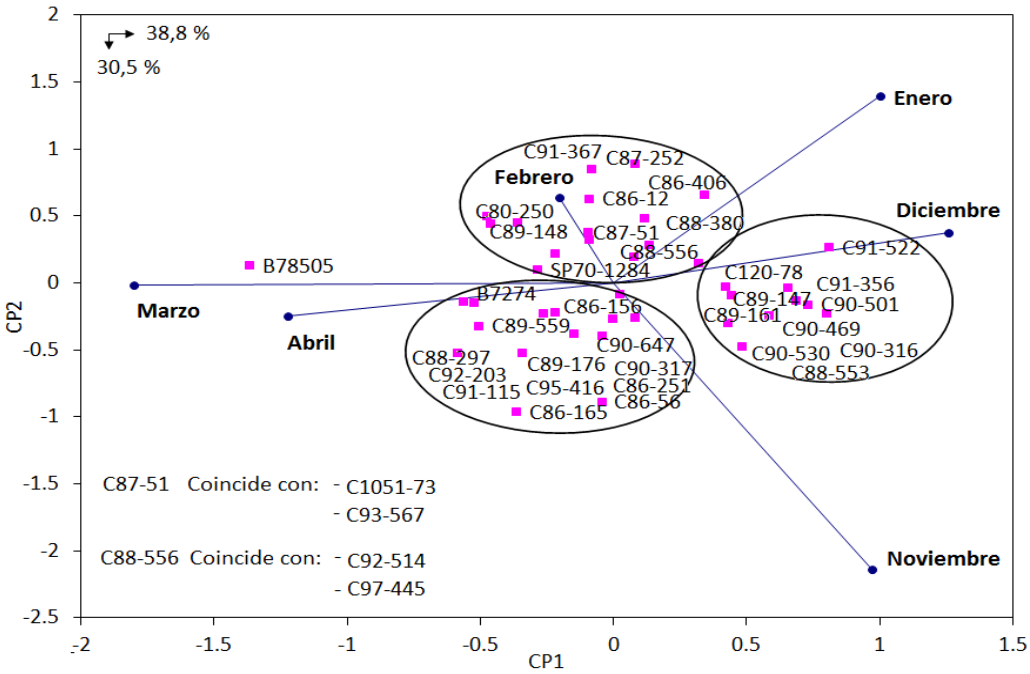


Figura 1. Representación del modelo AMMI (genotipos y meses) y análisis de agrupamiento de los cultivares por el momento madurez en la cepa de caña planta

Al realizar un segundo análisis (modelo AMMI y de agrupamiento) a los cultivares de madurez media se pudo clasificar en tres grupo. Un primer grupo de inicio-medio (C86-406, C87-252, C89-148, C93-567, C88-556, C92-514 y C1051-73), un segundo grupo del período medio de zafra (C89-250, C86-12, C97-445 y el

testigo C87-51), así como un tercer grupo de cultivares que se asocian a los meses del período medio-final de zafra (SP70-1284, C91-367 y C88-380).

Por otra parte, del grupo de genotipos identificados inicialmente como de madurez media, se determinaron los que pueden ser cosechados en todo el período de zafra, debido a que presentan alto y estable contenido azucarero en todo el período de zafra. En este caso se encuentran los genotipos C89-250, C93-567, C89-148, C88-380, C92-514, C97-445, SP70-1284 y C86-12.

Por otra parte, la ecuación de mejor ajuste para modelar la dinámica de madures de los cultivares utilizados en el estudio fue la ecuación polinómica de segundo grado la que describe la madurez de la caña de azúcar similar a una parábola. Solamente se detectaron cuatro genotipos que presentaron coeficientes de regresión inferior a 0,5 (C90-316, C86-165, C90-647 y C86-56 lo que evidencia inconsistencia en su dinámica de madures durante el período de zafra. Estos resultados son de mucha importancia en la planificación de la estrategia de zafra en las industrias (Rodríguez et al, 2013).

CONCLUSIONES

Se determinó que los cultivares de mejor respuesta agroindustrial resultaron ser: C86-12, C88-297, C89-559, C90-469, C91-115, C91-522, C95-416, C97-445 y SP70-1284. Los cultivares evaluados fueron clasificados por el período de cosecha, en los que se identificaron los grupos: Inicio, medio y final. Dentro del grupo de madurez media se diferenciaron los grupos inicio-medio, medio, medio-final, así como los cultivares que se pueden utilizar en todo el período de zafra. Asimismo, se determinó que la ecuación polinómica de segundo grado resultó la de mejor ajuste para modelar la madurez de los cultivares de caña de azúcar durante el período de zafra.

REFERENCIAS

1. Ward J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 1963, vol. 58, p.236–244.
2. Gauch H. G.; Hans-Peter P.; y Annicchiarico P. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE: Further Considerations. Crop Science, 2008, vol. 48, p. 866–889.
3. Rodríguez Gross, Reynaldo; Puchades Isaguirre, Yaquelin; Bernal Liranza, Norge; Jorge Suárez, Héctor; Tamayo Isaac, Mónica; Caraballoso, Víctor y Vázquez López, Ledisliana. Contribución de las localidades de prueba en estudios multiambientales de caña de azúcar. *Cultivos Tropicales,* 2013, vol. 34, no. 2, p. 28-34.

EL CICLO DE VIDA DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES EN LA HISTORIA DE LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA
THE LIFE CYCLE OF THE MAIN VARIETIES IN THE HISTORY OF THE CUBAN SUGAR INDUSTRY

Rolando M. González Acosta, José M. Mesa López, Héctor García Pérez,Germán Hernández Pérez, Roberto Almeida García e Ibis Jorge Gómez

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, rolando@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Se revela la participación alcanzada por las principales variedades de caña en diferentes períodos de la historia de la industria azucarera en Cuba, haciendo énfasis en su permanencia bajo propagación, así como la evolución de la participación porcentual en diferentes momentos. Como respuesta a lascondiciones cambiantes en las que se han desarrollado, manifiestan comportamiento diferenciado ante tales cambios hasta llegar a declinar. Se enuncian las principales causas que impiden mantener el crecimiento y permanencia indefinida de las mismas en la etapa productiva. El denominado “ciclo de vida”, es una importante herramienta para el mejoramiento genético de los cultivos, contribuyendo a identificar la evolución de las variedades durante su explotación comercial y a diseñar estrategias más eficaces para alargar su utilización.
Palabras claves: Ciclo de vida, variedades, mejoramiento genético.

ABSTRACT

Participation reached by the main sugarcane varieties in different periods of the history of the sugar industry in Cuba, emphasizing his stay low spread and evolution of the percentage share at different times is revealed. In response to changing conditions in which they have developed, they show different behavior before such changes up to decline. The main obstacles to sustaining growth and indefinite stay in the same productive stage are set. The so-called "life cycle" is an important tool for genetic improvement of crops, helping to identify the evolution of varieties for commercial exploitation and to design more effective strategies to extend their.
Keywords: Life cycle, varieties, breeding.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del cultivo de la caña de azúcar en Cuba, la utilización de variedades más productivas y mejor adaptadas ha jugado un rol fundamental. Las célebres Criolla, Cristalina y Caña Blanca, fueron introducidas y cultivadas desde 1511 hasta 1930, año en el que irrumpe ML3-18,considerada la primera variedad cubana, y tres años más tarde llega a alcanzar cierta importancia la PPQK (Castro *et al*., 2001; Jorge *et al*., 2001).

A partir del hallazgo de la germinación de la semilla botánica y el descubrimiento de la hibridación interespecífica, el desarrollo de programas más eficientes de mejoramiento genético de la caña de azúcar ha permitido acceder al factor genético como generador de progreso e incremento productivo (Srivastava *et al*., 2000). Ello ha posibilitado la obtención de nuevas variedades para mantener y elevar el potencial agroindustrial de la caña de azúcar.

La recomendación de nuevos cultivares híbridos de caña de azúcar es un ejercicio queperiódicamente realizan los mejoradores, luego de transcurrido estudios largos y laboriosos de poblaciones de miles de posturas, desarrolladasbajo diferentes condiciones en estaciones experimentales dedicadas al mejoramiento genético del cultivo. Por lo general se asume la expectativa de incorporar nuevas obtenciones al proceso de producción comercial, y aunque la inmensa mayoría son eliminadas por diversas causas indeseables, unas pocas califican satisfactoriamente en la búsqueda del secreto de la vida.

Enel presente trabajo se realiza un estudio del recorrido cronológico sobre el empleo de algunas de las principales variedades de caña de azúcar, que han alcanzado y dominado el escenario agroindustrial azucarero cubano bajo desiguales circunstancias de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación se accedió a información patrimonialdelotrora Ministerio del Azúcar (MINAZ), del actual Grupo Azucarero AZCUBA y a bases de datos del Servicio de Variedades y Semilla (SERVAS). También fueron empleados documentos archivados por el Programa de Fitomejoramiento y publicaciones especializadas a las cuales hacemos referencia. Para la presente comunicación fueron definidas como variedades de mayor importancia en la historia de la industria azucarera: Criolla, Cristalina, POL2878, B4362 y Ja60-5.
El término "ciclo de vida", ampliamente utilizado en mercadotecnia (citas),se emplea como herramienta para analizar la evolución de las variedades (producto) considerando su permanencia y participación porcentual durante el tiempo que éstashan permanecido en explotación comercial (mercado), hasta que son descartadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- CRIOLLA

También nombrada caña Criolla o de La Española es la primera variedad que llega a América y posiblemente la que sirvió a Linneo para su clasificación original de *Saccharum officinarum*. En Cuba se introduce en el 1511, siendo la única variedad conocida desde el nacimiento de los primeros ingenios hasta la década de 1780. Permaneció ocupando el 100% de las áreas cañeras hasta 1799, siendo desplazada paulatinamente por nuevas variedades durante todo el siglo XIX, y a mediados del mismo se abandona su uso con fines azucareros, manteniéndose solo como alimento de las boyadas.

- CRISTALINA

Se desconoce la fecha de su introducción, existiendo evidencias de su cultivo hacia 1825 en los ingenies habaneros. Gradualmente pasa a ser la variedad preferida hasta 1927, donde se inicia su sustitución por susceptibilidad al Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA), enfermedad observada por primera vez en Java en 1890, cuya aparición en al país puso en peligro a la industria azucarera.

- POJ2878

Cultivar resultante de los trabajos de hibridación interespecífica (*Saccharum officinarum y Saccharum spontaneum*) y nobilizaciones continuadas llevadas a cabo a principios del siglo XIX en Indonesia con vistas a incrementar el rendimiento de azúcar y la resistencia a la enfermedad del *sereh* (Castro *et al*., 2001, D'Hont*et al*., 2008). Este híbrido resistente y altamente productivo se hizo popular rápidamente. En Cuba se explotó con interés comercial a partir de 1931 y llegó a ocupar más del 67% del área cañera nacional en los años 1961 y 1962. A partir de 1965 comienza a advertir un franco proceso de declinación de sus rendimientos, los que se presentaban inferiores a otras variedades, por lo que comienza a ser sustituida paulatinamente. En el año 1975 deja de considerarse como un cultivar de interés, luego de 44 años de explotación comercial (Fig. 1).

- B4362

Variedad obtenida e introducida desde las Islas Barbados y con amplia propagación en los territorios circundantes, por lo que llegó a ser distinguida como "La Reina del Caribe". A partir de 1961 comienza a extenderse en el país, llegando a alcanzar más del 45% del área cañera nacional en 1975 (Fig. 2). La aparición de la enfermedad conocida como roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* H. and P. Sydow) en 1978 encontró en este genotipo un hospedero altamente susceptible, por lo que fue necesaria realizar su sustitución emergente, hasta su eliminación en 1981, luego de 21 años de propagación comercial. En este mismo año aparece otra importante enfermedad fungosa, el carbón de la caña de azúcar (*Sporisorium scitamineum* (Syd.) M. Piepenbr., M. Stoll & Oberw), que afecta a otros cultivares principales menos extendidos.

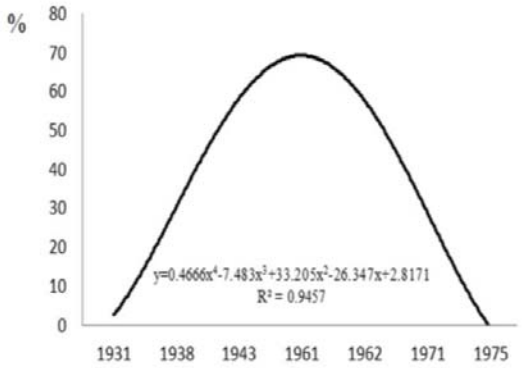


Fig. 1. POJ2878

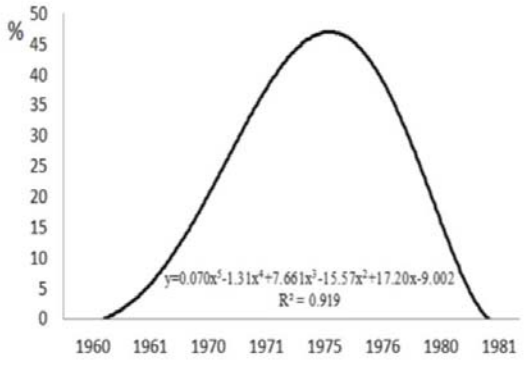


Fig. 2. B4362

Estos eventos obligaron a realizar cambios emergentes en el programa de mejoramiento genético, pues las variedades no se encontraban probadas ante estas enfermedades, y se desconocían los mecanismos de resistencia y el modo de herencia de las mismas.

- Ja60 -5

Comenzó a figurar entre las principales variedades (más del 1% de propagación nacional) a partir del año 1971. Sustituyó a la B4362 que declinó debido su elevada propagación nacional a consecuencia de las severas afectaciones de roya ocurridas entre 1978-1980. Fue el primer cultivar cubano que lideró la producción agroazucarera nacional, y desde su introducción obtuvo la aceptación por los productores cañeros emprendiendo un crecimiento progresivo por su gran habilidad de adaptación general y singular estabilidad productiva. Por estas y otras razones es el cultivar que históricamente ha logrado mayor extensión agrícola en Cuba, 1.122 millones de hectáreas, llegando a alcanzar más del 63% de la superficie cañera en 1987 (Fig. 3). Debido a ello los organismos patógenos se hicieron más específicos y ocasionaron la ruptura de la resistencia que mostró inicialmente a las patologías más agresivas, debutando con reacción susceptible a la roya y el carbón, causa principal de su disminución posterior. Tuvo una vida útil de 34 años.

- C323-68

Inició su período de explotación como variedad principal a partir del año 1985, al ser exonerada de las limitaciones que impidieron su expansión desde su recomendación en 1974 (susceptibilidad ante la roya), luego de haberse reducido la densidad de inóculo debido a la sustitución de Ja60-5. En el 2001 sobrepasó ligeramente el 20% de propagación nacional (Fig. 4), y se tomaron medidas para evitar su crecimiento y proceder a su reducción y ubicación en los suelos pobres, secantes y de mal drenaje, para los cuales representaba una solución actual casi exclusiva por su rusticidad, rebrote excelente y buena adaptabilidad.Sus principales limitaciones actuales son la progresiva susceptibilidad mostrada bajo condiciones naturales ante las enfermedades roya y escaldadura foliar. También se ha tornado susceptible al carbón, siendo la variedad comercial con mayor afectación actual ante esta patología bajo condiciones naturales, principal motivo por lo que en los proyectos de variedades está siendo reemplazada parcialmente, para mantenerla por debajo del 10%, lo que de conjunto con los tratamientos de hidrotermoterapia ha permitido prolongar la fase de madurez, motivo por el cual la curva de su ciclo de vida exhibe entre 2007-2013 un período de madurez algo más largo y estable. Este genotipo se encuentra transitando por sus 28 años de vida comercial.

- C86-12

Recomendada en 1997, clasifica como el principal cultivar del país desde el año 2006, y alcanza al cierre del 2014 un 18,35% del área nacional (Fig. 5). Debuta entre las principales variedades del país en 2001, y a partir de entonces promedió un incremento anual del 2,4% hasta 2009, cuando se reporta con más del 20% de propagación, comenzándose a establecer acciones tendientes a su reducción. La mayor tasa de crecimiento (4,8%) la alcanzó entre 2005 y 2006, período en el que se convierte en el cultivar de mayor propagación nacional, al desplazar a la C323-68, líder hasta entonces. Es reconocida como la más universal de las variedades que se cultivan hoy en Cuba, se encuentra transitando por sus 17 años de vida productiva.

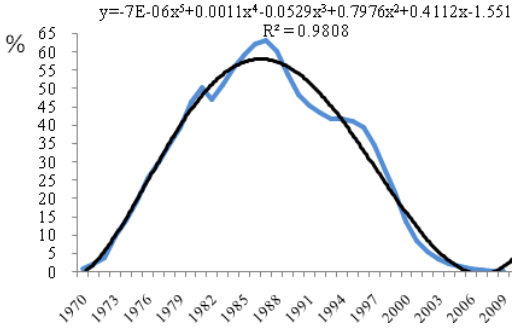


Fig. 3. Ja60-5

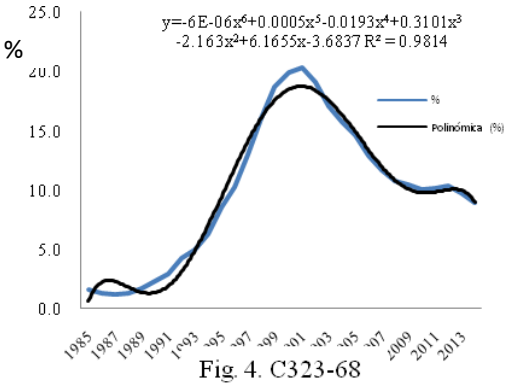


Fig. 4. C323-68

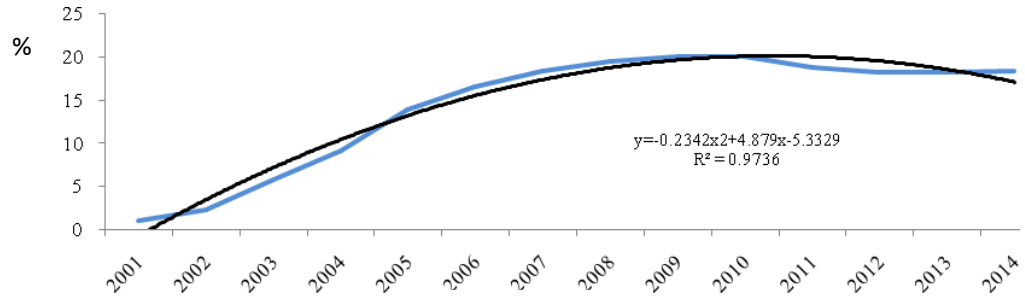


Fig. 5. C86-12

CONCLUSIONES

No todas las variedades alcanzan igual participación en diferentes períodos, ni pueden mantener un crecimiento y permanencia indefinida en la etapa productiva. Las condiciones bajo las que les corresponde desarrollarse cambian, lo que las hace manifestar comportamiento diferenciado como respuesta a tales cambios.

El beneficio logrado con el empleo de mejores variedades no solo se traduce en una mayor protección fitosanitaria, si bien es cierto que por lo general las variedades líderes declinan ante la agresividad de los patógenos con los que conviven. Se expresa además en lograr una mejor adaptación a las condiciones variables de producción, alcanzar una mayor concentración de sacarosa en los tallos, ostentar características y propiedades agronómicas ajustadas a ambientes particulares y específicos que le permitan aprovechar más eficientemente las nuevas tecnología de riego, mecanización, nutrición, etc.

El manejo inteligente de los nuevos cultivares puede contribuir a alargar su ciclo de vida, el cual manifiesta una acentuada tendencia a la reducción.

REFERENCIAS

Castro S., González R.M. y Mesa J.M. (2001). Principales variedades de caña de azúcar cultivadas en el mundo. En: González R.M. (ed.). Contribución al conocimiento y manejo de las variedades de caña de azúcar. INICA-MINAZ: 15-22.

Jorge H., Jorge I. y García H. (2001). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. En: González R.M. (ed.) Contribución al conocimiento y manejo de las variedades de caña de azúcar. INICA-MINAZ: 23-34.

Srivastava S. (2000). Cytogenetic of sugarcane.. In Shahi H.N., Shirivastava A.K. and Sinha O.K, 50 years of Sugarcane Research Edited by Indian Institute of Sugarcane Research, Lucknow-226 002 (ICAR): 29-53.

D'Hont A., Sousa G.M., Menossi M., Vicentz M., van-Sluys M.A., Glaszmann J.C. and Ulian E. (2008). Sugarcane: a major source of sweetness, alcohol and bioenergy. In: Moore P.H., Ming R. (eds.). Plant genetics and genomics: crops and models. Springer New York, 1: 483-513.

LA INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE EN EL MEJORAMIENTO DE PLANTAS: LA CAÑA DE AZUCAR.

THE GENOTYPE-ENVIRONMENT IN PLANT IMPROVEMENT: SUGARCANE

Guillermo Gálvez, Reinaldo Rodríguez, Héctor García, José M. Mesa y Alberto González.
INICA, Carretera CAI "Martínez Prieto" Km 2 ½, Ciudad de la Habana, Cuba

guillermo@inica.azcuba.cu

RESUMEN

La presencia de la interacción tratamiento x ambiente (TE) y de interacción genotipo x ambiente (IGA) en los experimentos agronómicos y de mejoramiento respectivamente, es expresada como respuestas inconsistentes de algunos tratamientos. Este trabajo tiene como objetivos abordar aspectos de la temática de la IGA en la ciencia internacional y particularmente en la caña de azúcar. Para esto se toma información de resultados de Australia, la Florida (EEUU) y de Cuba. Los resultados muestran que en situaciones de suelo, clima y objetos de mejoramiento con algunas diferencias los resultados son similares respecto a la descripción y uso positivo de la IGA, siendo utilizadas herramientas genético-estadísticas similares. Sin embargo queda mucho por dilucidar desde el punto de vista del conocimiento e interpretación biológica de la IGA.

Palabras claves: Interacción genotipo x ambiente, selección, caña de azúcar.

SUMMARY

The presence of treatment x environment interaction and genotype x environment interaction (GEI) in agronomy and plant breeding experiments is expressed as inconsistent response of some treatments. In this paper the main goals are to deal with some results of the international breeding programs in relation to GEI in sugarcane. Three examples of breeding programs are used, Australian, Floridian and Cuban data. The results showed that despite differences in some objectives of the programs, soil textures, rainfall patterns, and capacity of irrigation, the results are similar; some differences in the uses of some genetic-statistical variables are present. However, the main problem not solved yet in any program is the biological explanation of the GEI in sugarcane. That phenomenon is briefly discussed.
Key words: genotype x environment interaction, selection, sugarcane.

Introducción.

Los reportes finales y las conclusiones de los experimentos deben ser siempre basados en el conocimiento biológico y la correcta interpretación de los procedimientos estadísticos que hayan sido conducidos e interpretados de forma adecuada.

Al mismo tiempo la IGA es un fenómeno altamente complejo aun sujeto a estudios biológicos y de campo de tipo académico. Es importante continuar refinando las tecnologías genéticas y estadísticas para lograr dilucidar aspectos que lo requieren.

Además los estudios de los Marcadores (MM) del ADN brindan nuevos elementos, explicaciones biológicas y oportunidades para ampliar los conocimientos acerca del tema. Recientemente han aparecido en la literatura análisis y revisiones que cuestionan aspectos de importancia de esta compleja temática (Vargas y col., 2014; Crossa y col., 2014). Este trabajo pretende abordar principalmente aspectos de dicha temática y para ello utilizaremos algunos resultados de estudios de 3 programas de mejoramiento:

1. El programa de mejoramiento del BSES de Australia (áreas de riego y secano)

2. El programa de mejoramiento del Everglades Agricultural Area (EEA) de la Florida, EU. (poco más 80 % de los suelos altamente orgánicos con gran oxidación y cerca de 20 % de suelos arenosos), con uso intensivo del riego.
3. El programa de mejoramiento de Cuba con suelos variados, mayormente secano, patrones de lluvia cambiantes y % bajo de áreas de riego intensivo.

Materiales y métodos.

Australia.
Se tomó como ejemplo los resultados de un estudio en áreas de secano del valle del rio Herbert, estado de Queensland, descritos Jackson y Gálvez, 1996 y Gálvez y Jackson, 2013. Los experimentos son de estudios de regionalización realizados en 4 lugares, con 34 genotipos, diseño experimental de bloques completos al azar y dos cosechas. Se usó el paquete estadístico SAS versión 6.08.
Florida, Estados Unidos de Norteamérica.
Se utilizó fundamentalmente la información de Gilbert y col., (2006) para estudiar el efecto de las interacciones entre los genotipos, el ambiente y la época de cosecha sobre el rendimiento de sacarosa por t de cana (KST), las toneladas de caña/ha (TCH) y las toneladas de azúcar/ha (TSH). Los experimentos se realizaron en 5 localidades, y se construyeron 3 sets de datos. Se realizó el análisis de varianza según Littell y col., 2002, del paquete estadístico SAS. La interacción genotipo x tiempo fue realizada separadamente (Gilbert y col. 2004).

Cuba.
Se utilizan informaciones de Rodríguez (2012) a partir de experimentos de selección, fundamentalmente de la región de oriente sur de Cuba, por ser representativas de nuevos enfoques para la utilización positiva del fenómeno de IGA. Además de los ANOVA complejos se realizaron los análisis de coordenadas principales (PCO); se utilizó el modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas, (AMMI por sus siglas en ingles) y el modelo de Regresión de Sitio (SREG por sus siglas en ingles), siguiendo a Gauch, 2007; y Yan y Tinker, 2006, respectivamente.

Resultados y Discusión.

Australia.
La Tabla 1 es un ejemplo clásico de resultados de un ANOVA completo (datos no publicados) de estudios multiambientales.

Tabla I. Resultados unidos de los experimentos de la serie de selección de 1991(Jackson y Gálvez, 1996).

Coeficiente de Variación (CV) = 5,38 %	10,55 %	12,06 %
CV Genético = 3,46 %	11,58 %	13,74 %
Cociente σ^2 IGA/ σ^2G σ^2_{ge}/σ^2_g = 0,88	0,98	0,75

Los resultados del ANOVA completo muestran interacciones de importancia para la IGA (datos no publicados), resalta que el valor del cociente σ^2_{ge}/σ^2_g es casi 1 para el rendimiento agrícola y cercano a 1 para el contenido azucarero, lo que refleja que a pesar del alto valor de la IGA los valores genéticos fueron siempre ligeramente superiores que la interacción. Lo anterior sugiere, entre otras posibilidades, que hay todavía posibilidades para la mejora genética, especialmente para el contenido azucarero de dicho programa de mejoramiento. Los resultados de la serie de selección de 1992 (Jackson y Gálvez, datos no publicados) en condiciones similares, con 54 genotipos, mostro resultados similares.

Florida, EEUU.
La tabla II de Gilbert, y col., (2006), muestra los resultados de un uso diferente de usar en forma positiva la interacción genotipo x ambiente en forma positiva relacionada con los periodos de cosecha (en Florida es desde fin de octubre hasta finales de marzo) en diferentes momentos. Ya en esa zona cañera de menos de 200 ha utilizan sistemáticamente de 6 a 10 lugares donde se prueban las variedades en estadios finales y en este caso se trataba de ubicar un grupo de variedades de importancia no solo en los lugares sino en el momento adecuado de la cosecha.

Tabla II. Resultados de medidas repetidas de ANOVA para KST, TCH y TSH (por problemas de espacio se presentan solamente los resultados de los 3 casos de estudio para KTS, Kg. de Azúcar/t caña)).

Fuentes de Variación	Caso de estudio 1		Caso de estudio 2		Caso de estudio 3	
	G.L.	Test- F	G.L.	Test- F	G.L.	Test- F
KST						
Ambientes (E)	2	26,1***	1	53,9***	2	104***
Tiempo (T)	10	311***	7	51,4***	10	409***
Genotipo (G)	7	21,7***	7	26,1***	7	74,1***
Rep	2	2,65 NS	3	1,25NS	3	6,17**
E x T	20	7,45***	7	2,56*	20	6,35***
G x E	14	4,31***	7	4,58**	14	19,7***
G x E x T	140	1,02 NS	49	1,54**	140	1,27*

Esta información final que actualmente se usa rutinariamente en ese programa de mejoramiento está sustentada por trabajos de investigación y es de especial importancia, entre otros los de Gilbert y col., 2004 y de Glaz y Kang (2008) sobre los periodos y edades de cosechas y las contribuciones de las localidades respectivamente.

Cuba.
La tabla III expresa resultados del trabajo de Rodríguez (2012)

Tabla III. Relación entre los métodos de estabilidad fenotípica.
AMMI, GGE y Coordenadas Principales (r)

	Porcentaje de pol en caña		**t de caña.ha^{-1}**		**T de pol.ha^{-1}**	
Método	AMMI	GGE	AMMI	GGE	AMMI	GGE
GGE	0,68		0,11		0,93	
PCO	0,46	0,48	0,27	0,33	0,67	0,64

PCO= Método de Coordenadas principales.

Rodríguez (2012) señala que los dos tipos de *biplot* de los modelos AMMI y GGE (SREG), los resultados obtenidos en la descripción de la IGA y la estabilidad genotípica son similares, aunque con diferencias en los porcentajes de extracción de la varianza ($AMMI_2$>GGE>$AMMI_1$), lo que puede significar que los métodos diferentes pueden ofrecer resultados ligeramente diferentes y que se necesita mas trabajos de investigación en ese sentido.

Conclusiones finales.

Sin dudas las tecnologías genético-estadísticas para los estudios de IGA y su uso positivo en los programas de mejoramiento se han desarrollado y refinado en los últimos 40 años, aún más desde que existen las posibilidades de analizar un mayor número de datos, series históricas, etc. con los modernos sistemas de la informática y la bioinformática.
Sin embargo quedan por dilucidar aspectos de explicaciones biológicos de este importante fenómeno. Por ejemplo en la información utilizada de Australia, estudios posteriores (datos no publicados, Jackson y Gálvez, 1996), muestran una alta correlación fenotípica y genotípica entre algunos de los nutrientes del suelo como Ca, Zn, Mg y Mn con la IGA, expresada como segundo componente del análisis de componentes principales. La explicación biológica de esos resultados es muy compleja.
En Cuba a pesar de una amplia red experimental y de numerosos trabajos, incluyendo varias tesis de doctorado, falta una explicación de las causas genético-fisiológicas debidas al efecto de los suelos, y particularmente del clima con patrones cambiantes del efecto de las lluvias y el aumento de la temperatura entre otros fenómenos.

Bibliografía.

1. Vargas, M., Glaz, B.; Alvarado, G.; Pietragalla, J.; Morgounov, A.; Zelenskiy Y.; and Crossa, J. (2014). Analysis and Interpretation of Interactions in Agricultural Research. Agron. J. doi10.2134/agronj
2. Crossa, J., M. Vargas, C.M. Cossani, G. Alvarado, J. Burgueño, K.L. Mathews, and M.P. Reynolds. 2014. Evaluation and interpretation of interactions. Agron. J. doi:10.2134/agronj2012.0491
3. Jackson, P.J. y Gálvez, G. 1996. Role of variable soil nutrient levels in causing genotype x site interactions in sugarcane. Sugarcane Symposium, Brisbane, Australia, p: 54-56.
4. Zhao, D. ; Comstock, J. C.; Sandhu, H. S.; Glaz, B. Edmé, S. J.; Davidson, R. W.; Sood, S.; Gilbert, R. A.; McCorkle, K.; Glyn N. C. (2015). Registration of 'CP 06-2400' Sugarcane. Journal of Plant Registrations 9:71–77
5. Rodríguez, R. (2012). Perfeccionamiento del programa de mejora genética de la caña de azúcar para la obtención de nuevos genotipos tolerantes al estrés hídrico. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, La Habana, 142 p.
6. Gauch, H.G., 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46, 1488-1500.
7. Yan, W., Tinker, N.A., 2005. An integrated biplot analysis stem for displaying, interpreting, and exploring genotype x environment interaction. *Crop Science* 45, 1004-1016.
8. Gilbert, R.A. y col., 2004. The effect of year, cultivar, and time of harvest on sugar yields in Florida. Journal American Society Sugar Cane Technologists, Vol. 24:165-184
9. Gilbert, R., y col. (2006). The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. Filed Crops Research, 95: 156-170.
10. Glaz, B. y Kang, M.S. (2008).Location contributions determined via GGE biplot analysis of multienvironment sugarcane genotype-performance trials. Crop Science, 48:941-950.
11. Littell, R.C. y col, (2002).SAS for Linear Models. 4th Edition, Cary, NC, 406 p.

PAPEL DE LOS COMPUESTOS FENOLICOS DURANTE LA PROPAGACIÓN *IN VITRO* DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL (BIT)

ROLE OF PHENOLIC COMPOUNDS DURING *IN VITRO* PROPAGATION OF SUGARCANE IN TEMPORARY IMMERSION BIOREACTORS (TIB)

Aydiloide Bernal Villegas[1], Ariel D. Arencibia Rodríguez[2], María La O Hechevarria, Ricardo Acevedo Rojas, Jorge L. Montes de Oca Suárez[1], Pablo Machado Armas[1], Mayra Jiménez Vázquez[1], Zenaida Occeguera Águila[1], Ramiro Castillo León[1].

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Cuba.
2. Universidad Católica del Mule, Chile
   aydiloide@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

La investigación se desarrolló a partir de observaciones realizadas durante la propagación *in vitro* de explantes de caña de azúcar en Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT), estos producían metabolitos fenólicos que al contrario de la propagación convencional, donde estos compuestos se consideran indeseables, se obtuvieron vitroplantas con mayor vigor y más velocidad de crecimiento. La caracterización genómica de las plantas, se logró suprimiendo genes importantes de fenilpropanoide, como resultado de una nueva función de los metabolitos fenólicos. Genes relacionados con el metabolismo y desarrollo celular, defensa de las plantas, responsables del metil jasmónico, el etileno, reacciones oxidativas y la ruta de las auxinas, entre otros, fueron encontrados para ser inducido en plantas de caña de azúcar propagadas en los BIT con metabolitos fenólicos. Como resultado se obtuvieron vitroplantas mejor adaptadas a las condiciones naturales, aumentando el número de raíces funcionales y mayor velocidad de crecimiento.

Palabras Claves: metabolitos fenólicos, propagación *in vitro*, caña de azúcar, Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT)

ABSTRACT

The study was developed from observations made during the in vitro propagation of explants of sugarcane in Temporary Immersion Bioreactors (TIB), they produced phenolic metabolites that contrary to conventional breeding, where these compounds are considered undesirable, were obtained vitroplantas with greater vigor and growth rate. Genomic characterization of plants was achieved phenylpropanoid suppressing genes important as a result of a new function of phenolic metabolites. Genes related to metabolism and development, plant defenses, phenylpropanoids, methyl jasmonate response, ethylene, oxidative burst and, auxins pathways, among others were found to be induced in sugarcane plants propagating in TIB with phenolic metabolites. As a result plantlets were obtained better adapted to natural conditions, an increased number of functional roots, a high growth rate.

Key words: phenolic metabolites, *in vitro* propagation, sugarcane, Temporary Immersion Bioreactors (TIBs)

INTRODUCCIÓN

Las plantas sintetizan una gran cantidad de compuestos a partir del metabolismo de los fenilpropanoides (Petersen y col., 1999). Estos compuestos tienen múltiples funciones, por ejemplo: influencia en la lignificación y propiedades físico-químicas de la pared durante la expansión celular, protección a radiaciones UV, como antioxidantes, aleloquímicos. Recientemente la utilización de los medios de cultivos líquidos utilizando los Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT) con diferentes frecuencias y tiempos de inmersión para mejorar la calidad de las plantas y mostró mejores tasas de multiplicación. Ziv (2000) corroboró la información sobre el uso de Biorreactores como un sistema para la propagación de la planta a través de la organogénesis.

Sin embargo, aunque la producción de fenoles ha sido considerada ampliamente como un rasgo indeseable en el cultivo de tejido tradicional, Li y col., (2003); He (2006) las plantas de caña de azúcar cultivadas en BIT mostraron mejor vigor y más desarrollo. Por esta razón el objetivo del presente trabajo fue realizar el primer estudio de expresión diferencial de genes en plantas de caña de azúcar propagadas *in vitro* en los BIT utilizando como control la supresión del metabolismo de los fenilpropanoides (tratamiento realizado convencionalmente para evitar la producción de fenoles durante el cultivo de tejidos).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado fueron plantas de caña de azúcar propagadas *in vitro* del cultivar C90-317 obtenidas a través del cultivo de meristemo y micropropagadas de acuerdo con He y col., (1994). Las condiciones de cultivo fueron mantenidas a 110 mMm2 s1 de luz, 12-h de fotoperiodo, a las 28±1ºC. La de inmersión temporal de los explantes se desarrolló en frascos de 5L (10 plantas L^{-1} de medio de cultivo), los cuales contenían contenían 2 L de medio de cultivo, compuesto por las sales MS (1962), suplementadas con 100 mgL^{-1} myoinositol; 4 mgL^{-1} 6-BAP (6-benzyl-aminopurina). Los tratamientos control en los BIT y convencional, se suplementó con ácido ascórbico (0.5 mgL^{-1}).

Para las determinación de los compuestos fenólicos se mezcló 1mL del medio de cultivo resultante de la propagación, con 1 mL de Metanol (HPLC gradiente). La absorbancia fue leída a 320 nm (potencial browing) y 437 nm (quinones –solubles). Se realizaron mediciones cada 5 días, durante los 25 días que estuvo el material en propagación. La caracterización genómica de la planta se realizó tomando 500 mg de material vegetal de cada uno de los tratamientos T0, T1 (15 días) y T2 (25 días), se colocaron en líquido N_2. Las mismas fueron maceradas, para las extracción del ARN según los protocolos de ((PROMEGA, cat. # Z3100). Los análisis de AFLP-ADNc se realizaron según Bachem y col. (1998). El extracto de las bandas fue usado como plantillas para el re-amplificación por PCR.

Para la adaptación a las condiciones medioambientales las plantas fueron transferidas al medio MS (1962), suplementadas con 10mgL^{-1} de Ácido Indol acético (AIA). A los 15 días, fueron separadas y trasplantadas a bandejas que contenían 80% de compost y 20% de zeolita. El análisis estadístico Se combinaron las medias todas las réplicas y los efectos de los tratamiento, se les realizó un ANOVA simple y las diferencias fueron significativas para 5% de LDS de los valores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la multiplicación en BIT las plantas de caña de azúcar propagadas, se observa que en el tratamiento con ácido ascórbico hubo un adecuado control en la producción de los fenoles en BIT. (Fig. 1A). Este resultado confirma que el ácido ascórbico evitó el oscurecimiento del medio de cultivo al suprimir las enzimas de las rutas del fenilpropanoide. Para el caso del tratamiento sin ácido ascórbico se demuestra una elevada producción de estos metabolitos, evidenciada por el oscurecimiento del medio de cultivo, mostrándose opaco-oscuro-amarillo antes de los 15 días (Fig. 1B) y de forma oscura consistente hasta los 25 días de cultivo (Fig. 1C). Diferencias notables mostraron la coloración de las hojas de las plantas en ambos tratamientos. Se destaca que en los BIT donde se producen los fenoles las plantas tienen una coloración verde más intensa lo que constituye una primera evidencia visual de un estado fotomixotrófico. No hay diferencia en el número de brotes producido por planta.

El análisis con el espectrofotómetro confirmó que ambos compuestos fenólicos solubles y o-quinones permanecían a bajos niveles durante los 25 días de cultivo en los BIT+ ácido ascórbico (Fig. 1D). Sin embargo, un aumento estable en ambas variables demostraba que la ruta del fenilpropanoide permanecía activa durante el cultivo en los BIT con ácido ascórbico (Fig. 1E).

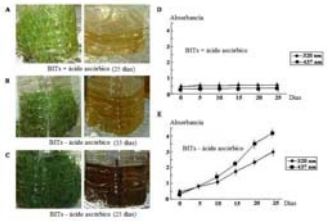


Figura 1. Micropropagación de caña de azúcar cultivar C90-317 en BIT. (A) Plantas micropropagadas en BIT+ ácido ascórbico. (B y C). Plantas micropropagadas en BITs – ácido ascórbico. (D y E). Análisis espectrofotométrico de la concentración de compuestos fenólicos.

Análisis Genómico

Seis copias de cebadores (las combinaciones de los cebadores de AseI–TaqI listadas en la Tabla 1), dio bandas reproducibles. Únicamente bandas polimórficas fiables entre los tratamientos en los BIT fueron considerados expresión diferencial para ambas secuencias y más allá el análisis del Northern Blot. Entretanto, esas bandas polimórficas están relacionadas con el tratamiento (control) del medio de cultivo utilizado en la micropropagación convencional, fueron asociaciones medidas en las plantas cultivadas en los BIT y no se relacionó con presencia de los compuestos del fenilpropanoide. (Fig. 2).

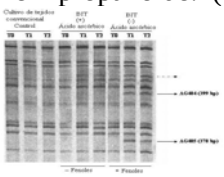


Figura 2. Sección de gel AFLP-ADNc (poliacrilamida 9%) que muestra la expresión diferencial de transcriptos en plantas de caña de azúcar micropropagadas en los BIT.

Por primera vez y utilizando la caña de azúcar como modelo para la caracterización genómica de las plantas propagadas *in vitro* en (BIT) fueron estudiadas suprimiendo los genes activadores de la ruta del fenilpropanoide. Como era de esperar, con la inhibición de la ruta del fenilpropanoide, se liberan los metabolitos secundarios, se agrupan los compuestos fenólicos.

Caracterización genómica- funcional de la planta.

La caracterización funcional del diferencial TDFs se muestra en Fig. 3. un primer y mayor grupo de 10 de TDFs (20%) fue relacionado con el metabolismo de la célula y desarrollo de la planta, incluyendo transcriptos asociados con las rutas del ubiquitin (AG207), actin (AG408) y fotosíntesis (AG405, AG609). El segundo grupo, la mayoría representativo se corresponde a los relacionados con los genes de defensa. Con cinco TDFs (10%), proteínas relacionadas con el etileno y la respuesta del metilo jasmónico con función ya conocida. Las auxinas y oxidasas se encontraron en las rutas representadas por tres TDFs (6%) cada uno. Un total de ocho TDFs (16%) no mostró homología significativa con los genes de función conocida informados en bancos de datos públicos, mientras demostró homologías con las secuencias de las transcripciones de *S. officinarum* .

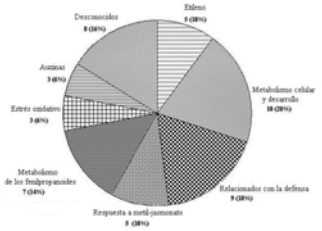


Figura 3. Caracterización genómico - funcional de los FDTs expresados diferencialmente en la micropropagación de caña de azúcar en BIT suplementados con ácido ascórbico 0.5 mgL^{-1}.

Los resultados permiten establecer que la presencia de metabolitos fenólicos durante la propagación *in vitro* en los BIT, inducen genes de respuesta defensiva en las vitroplantas de caña de azúcar. Las que se desarrollan con la presencia de ácido ascórbico, se observó la supresión de la actividad en los genes claves, por ejemplo aquellos que codifican para el PPO y el PAL de proteínas (AG503 y AG603 respectivamente).

Adaptación a las condiciones medioambientales.

En ambos tratamientos el número de raíces funcionales antes del trasplante y el porcentaje de adaptabilidad después de 30 días mostrado en la (Fig. 4) se observa un aumento en las plantas propagadas en los BIT sin ácido ascórbico. Además, la proporción de crecimiento de las mismas se incrementó. El aumento de raíces funcionales antes del trasplante apoya el hecho de una fotosíntesis más eficiente en los BIT debido a las de condiciones para el mixotrofismos. Estos resultados indican que la presencia de los compuestos del fenilpropanoide en los BIT prepara a las plantas de caña de azúcar para una mejor adaptabilidad a las condiciones naturales.

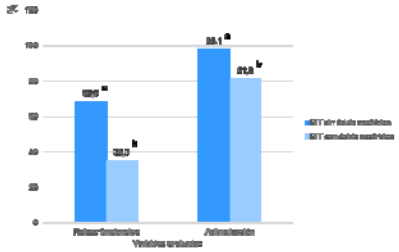


Figura 4. Aclimatización a las condiciones naturales de las plantas de caña de azúcar micropropagadas en BIT complementada o no con ácido ascórbico 5 mg L^{-1}. Porcentaje de raíces funcionales y adaptabilidad.

CONCLUSIONES.

1. Por primera vez y utilizando la caña de azúcar como modelo para la caracterización genómica de las plantas micropropagadas en Biorreactores de Inmersión Temporal fueron estudiadas suprimiendo los genes activadores de la ruta del fenilpropanoide.
2. Las evidencias demuestran que la ruta del fenilpropanoide desempeña un papel principal en la inducción de los otros genes ya identificados y expresados diferencialmente.
3. Las plantas de caña de azúcar micropropagadas en Biorreactores de Inmersión Temporal con los más altos niveles de compuestos fenólicos mostraron un mejor rendimiento durante su adaptación a condiciones naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Petersen M., Strack D., Matern U. Biosynthesis of fhenylpropanoids and related compounds, in: M. Wink (Ed.), Biochemistry of Plant Secondary Metabolism, Annual Plant Reviews, CRC Press, Boca Raton, FL, 1999, pp. 151–221.
2. Ziv M., Bioreactor technology for plant micropropagation, Horticult. Rev. 24 (2000) 1–30.
3. Bo´ ka K.,. Orba´ N. New aspect of H_2O_2 signaling, Plant Signaling Behavior 2 (2007) 498–500.
4. He X.M., He H, Zeng H., Yang X.Q, Wang T.S., He W.Z, Li S. The application of micropropagation technique to fast propagating improved sugarcane varieties, Sugarcane 1 (1994) 10–13.
5. He W.Z. The applications of sugarcane tissue culture research in China: an overview, in: Proceedings of the International Symposium on Technologies to Improve Sugar Productivity, Guilin, China Agriculture Press Beijing, 2006 pp. 613–618.

6. Murashige T., F. Skoog, A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures, Physiol. Plantarum 15 (1962) 473–497.

LA INFLUENCIA DE DIFERENTES FACTORES DEL AMBIENTE EN EL DESARROLLO EPIFÍTICO DE LA ESCALDADURA FOLIAR EN LA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS IN THE EPIPHYTIC DEVELOPMENT OF LEAF SCALD DISEASE IN SUGARCANE GERMPLASM COLLECTION IN CUBA

Yosel Pérez Pérez, José R. Pérez Milian, María La O Echevarría, Gelacio Pérez Oramas, Lorenzo Cabrera, Héctor Jorge Suarez y Héctor García Pérez.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba
Autor de correspondencia: yosel.perez@epicamt.azcuba.cu

RESUMEN

Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson, causante de la escaldadura foliar de la caña de azúcar, potencialmente puede limitar el cultivo de muchas variedades. Se evaluó el comportamiento epifítico de la bacteria en la colección de germoplasma. Se estudiaron 35 variables del clima y su influencia sobre la manifestación de los síntomas agudos de la enfermedad. Se realizaron análisis especiales de datos para decidir cuales variables influyen en la incidencia de la enfermedad en condiciones naturales. Los resultados indican que la Humedad relativa, Lluvias-Enero, Lluvias-Mayo-Agosto, Lluvias-Noviembre, Lluvias-Septiembre-Diciembre, Temperatura-Enero-Abril, Temperatura-Mayo-Agosto y, Temperatura-Octubre-Diciembre tienen la mayor influencia sobre la expresión de los síntomas. Las precipitaciones parecen ser el factor epifítico más influyente. En los 16 años de evaluación el número de genotipos que mostraron los síntomas agudos de la enfermedad fue mayor o menor cada año en la misma proporción que aumentaron o disminuyeron las lluvias.
Palabras clave: *Xanthomonas albilineans,* clima, epifita, precipitaciones, síntomas

---

ABSTRACT

Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson is the bacteria causal agent of sugarcane leaf scald disease. It limits the development of sugarcane cultivars in commercial areas. The bacteria epiphytic performance in sugarcane Germplasm Collection was assessed. Thirty five climatic variables and its influence over severe disease symptoms were studied. Special analysis were used for discriminate the more important variables for disease symptoms manifestation in natural conditions. Results showed Relative Humidity, January-Rain, May-August-Rains, November-Rain, September-December-Rain, January-April-Temperature, May-August-Temperature, and October-December-Temperature are the most important climatic factors for the development of the disease. Rains are the most important epiphytic factor. In 16 years of evaluation the number of genotypes with severe symptom disease rises or decreases related to more or less precipitation.

Key words: *Xanthomonas albilineans*, weather, epiphytic, rains, symptoms

INTRODUCCIÓN

La escaldadura foliar producida por la bacteria ***Xanthomonas albilineans*** (Ashby) Dowson, es una enfermedad que potencialmente puede limitar el cultivo de muchas variedades. Es una bacteria fastidiosa y su presencia puede tener un período asintomático o de latencia que a veces se prolonga por varios años. En

Cuba, como en muchos otros países cañeros, es considerada entre las enfermedades principales y por lo tanto es objeto de diferentes investigaciones. Su presencia en los campos comerciales puede constituir un problema no solo por su afectación directa a la producción de caña, sino por su influencia negativa en la calidad de los jugos durante el proceso industrial. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de los factores climáticos en la expresión de los síntomas de la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período 1998-2013 se evaluó el desarrollo epifítico de la bacteria *X. albilineans*, la Colección de Germoplasma, ubicada en áreas de la EPICA de Matanzas. Para la evaluación sólo se tuvo en cuenta la presencia de tallos con follaje clorótico o necrosado, así como de brotes laterales o tallos muertos (Grados 4 y 5), respectivamente, según la escala de severidad establecida por Rott *y col.* (1997). Los datos meteorológicos fueron tomados en la Estación Agrometeorológica del CITMA, ubicada en las inmediaciones del área experimental (Tabla 1).

Tabla 1. Variables empleadas en la evaluación epifitiológica.

No.	**Nombre Variable**	**No.**	**Nombre Variable**
Variables de Clima			
1	Lluvia Anual	19	Temperatura Diciembre(T _Dic)
2	Humedad Relativa	20	Temperatura Octubre-Diciembre(T_OD)
3	Temperatura máxima	21	Lluvia Enero (LL_Ene)
4	Temperatura media	22	Lluvia Febrero (LL_Feb)
5	Temperatura mínima	23	Lluvia Marzo (LL_Mar)
6	Temperatura Enero (T_Ene)	24	Lluvia Abril (LL_Abr)
7	Temperatura febrero (T_Feb)	25	Lluvia Enero-Abril (LL_EA)
8	Temperatura Marzo (T_Mar)	26	Lluvia Mayo (LL_May)
9	Temperatura Abril (T_Abr)	27	Lluvia Junio (LL_Jun)
10	Temperatura Enero-Abril (T_EA)	28	Lluvia Julio (LL_Jul)
11	Temperatura Mayo (T_May)	29	Lluvia Agosto (LL_Ago)
12	Temperatura Junio (T_Jun)	30	Lluvia Mayo -Agosto (LL_MA)
13	Temperatura Julio (T_Jul)	31	Lluvia Septiembre (LL_Sep)
14	Temperatura Agosto (T_Ago)	32	Lluvia Octubre (LL_Oct)
15	Temperatura Mayo -Agosto (T_MA)	33	Lluvia Noviembre (LL_Nov)
16	Temperatura Septiembre(T_Sep)	34	Lluvia Diciembre (LL_Dic)
17	Temperatura Octubre (T_Oct)	35	Lluvia Septiembre- Diciembre (LL_SD)
18	Temperatura Noviembre (T_Nov)	**Total de Variables analizadas**	
		36	Incidencia de la enfermedad

Para el análisis de los datos se aplicaron análisis especiales de datos que permiten decidir cuales variables influyen de manera positiva en la incidencia de la enfermedad en condiciones naturales. Los datos se dividieron en 3 grupos de incidencia (Tabla 2).

Tabla 2. Grupos de incidencias

Grupos	**Porcentaje de incidencia**
1	< 5
2	6-10
3	>10

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de cultivares con síntomas de la enfermedad desde el primer brote en 1998, varía cada año (Fig 2); es característico que muchos cultivares no se repitan en años consecutivos. Esto pudiera deberse a que en la fase aguda de la enfermedad mueren muchos tallos y cepas que no estarán presentes en la próxima cosecha. Sin embargo también puede deberse a las relaciones hospedante-patógeno-ambiente, muy decisivas para el comportamiento epifítico de *X. albilineans*.

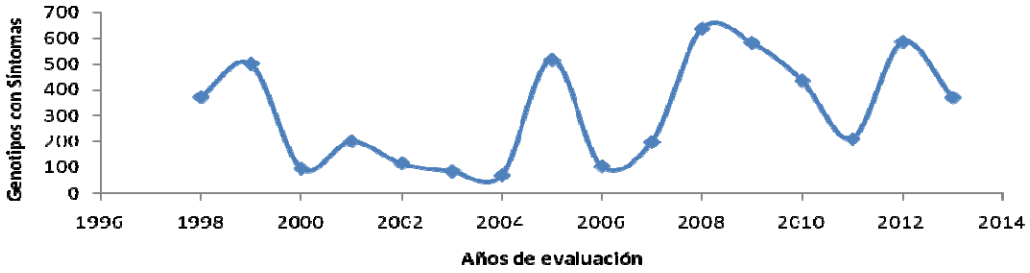


Figura 2. Fluctuaciones en la expresión de los síntomas agudos de la escaldadura foliarde la caña de azúcar en diferentes cultivares durante 17 años.

La importancia de diferentes variables climáticas como factores epifíticos para el desarrollo se presentan en la tabla 3. De estos resultados se infiere que las variables de mayor influencia en la expresión de síntomas son: Humedad relativa, Lluvias-Enero, Lluvias-Mayo-Agosto, Lluvias-Noviembre, Lluvias-Septiembre-Diciembre, Temperatura-Enero-Abril, Temperatura-Mayo-Agosto, Temperatura-Octubre-Diciembre.

Tabla 3. Resultados del Análisis Discriminante para las variables del Clima.

Función	Valor Eje	R. Canonic.	Wilke Lamda	X^2	GL	Sig.
0	84.1881	0.99411	0.00338065	36.9830	24	0.0439
1	2.47233	0.84381	0.287991	8.0914	11	0.7051

Coef. Estandarizados			MATRIZ DE CLASIFICACIÓN				
Variable	Raíz 1	Raíz 2					
Hum-R	0.358768	-0.947119	Filas: Clasificación observada Columnas: Clasificación pronosticada				
LL_Ene	-1.02697	-1.17615		Porcent. Correcto	G_1	G_2	G_3
LL_MA	3.13055	0.0304926	G_1	100	6	0	0
LL_Nov	4.03491	-0.659673	G_2	100	0	3	0
LL_SD	-2.32361	-0.283312	G_3	100	0	0	6
T_EA	-3.48891	1.25079	Total	100	6	3	6
T_MA	-1.62964	-0.674304					
T_OD	-1.26815	0.304678					
%	97.5	100					

En la Figura 3 se representa la distribución de los grupos del análisis discriminante con sus respectivos centroides los cuáles se utilizaron para calcular las distancias entre los grupos.

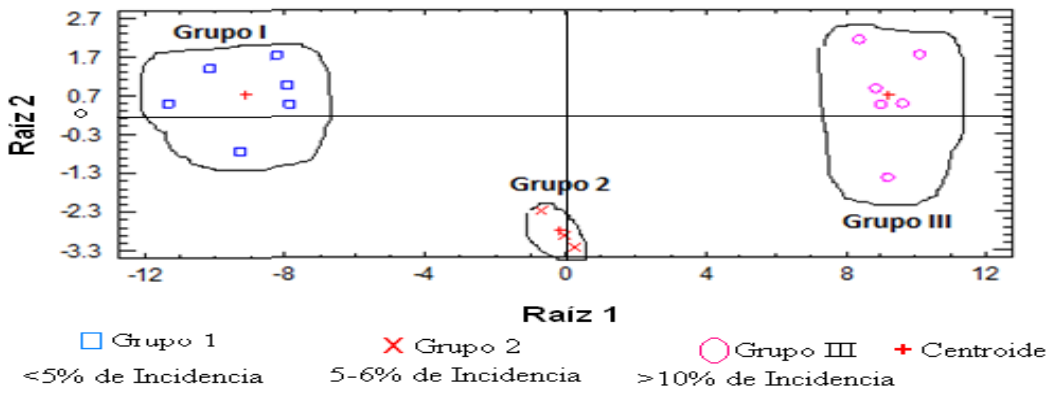


Figura. 3 Representación de los grupos del análisis discriminante

El porcentaje de buena clasificación alcanzado en el análisis de discriminante (100%) confirmó la importancia de las variables que entraron en el modelo, resultados que concuerdan con los alcanzados por (Pérez y col. 2000) quienes encontraron el mayor número de brotes en los meses de Mayo-Agosto en un sólo periodo y dos cultivares, meses en los cuales se registraron las mayores precipitaciones de ese año. El estudio individual de cada variable demostró que entre estas, el mayor efecto es producido por las precipitaciones, pues en los 16 años de evaluación el número de genotipos que mostraron los síntomas agudos de la enfermedad fue mayor o menor cada año, en la misma proporción que aumentaron o disminuyeron las lluvias. Daugrois y col. (2014) encontraron en diferentes zonas de Guadalupe, diferencias significativamente superiores, en poblaciones del patógeno, en aquellas zonas donde existió una mayor pluviometría y refieren una interacción del cultivar con las condiciones climáticas del área donde estaban plantadas, sin tener en cuenta su nivel de resistencia.

CONCLUSIONES

Las variables de mayor influencia en la expresión de síntomas son: Humedad relativa, Lluvias-Enero, Lluvias-Mayo-Agosto, Lluvias-Noviembre, Lluvias-Septiembre-Diciembre, Temperatura-Enero-Abril, Temperatura-Mayo-Agosto, Temperatura-Octubre-Diciembre

Las lluvias resultaron ser el factor crítico más importante, toda vez que la cantidad total de genotipos afectados durante un ciclo fue mayor o menor en correspondencia con el comportamiento de las precipitaciones.

El total de genotipos con síntomas severos de la enfermedad alcanzó su mayor expresión en el periodo mayo-agosto durante todos los años.

REFERENCIAS

1. Rott, P., Mohamed, I. S., Klett, P., Soupa, D., de Saint-Albin, A., Feldmann, P., and Letourmy, P. (1997): Resistance to Leaf Scald Disease Is Associated with Limited Colonization of Sugarcane and Wild Relatives by *Xanthomonas albilineans*. Phytopathology, Vol. 87, No. 12, pp. 1203
2. Pérez Milian, J. R.; Matos, M.; Montalván, J.; Peralta, E. L.; Pérez, G; Carvajal, O. y Chinea, A. (2003): Desarrollo de la escaldadura foliar X*anthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en cuba: patógeno, variedades y clima. Protección Vegetal. Vol 18. No 3, p. 162-167.
3. Daugrois, J.-H., Champoiseau, P., and Rott, P. (2014): Impact of rainfall on epiphytic colonization of sugarcane by the leaf scald pathogen and associated plant infection. In: Abstracts of the VIIIth Pathology Workshop of the International Society of Sugar Cane Technologists, p.44. Held January 23-27 2006, Petit-Bourg Guadeloupe, CIRAD, France.

AGRICULTURA CAÑERA
Protección de Plantas

VALIDACIÓN DE UN PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL PARA LOS GUSANOS DE ALAMBRE (COLEOPTERA : ELATERIDAE) EN LA SIEMBRA DE CAÑA DE AZUCAR

VALIDATION OF A SEQUENTIAL SAMPLING PLAN FOR WIREWORMS (COLEOPTERA: ELATERIDAE) AT SUGARCANE PLANTING

Ron Cherry

Everglades Research and Education Center,
3200 E. Palm Beach Road, Belle Glade, FL 33430

Abstract Wireworms in Florida are primarily a pest in newly planted sugarcane and growers usually apply a soil insecticide at planting to protect germinating seedpieces from wireworm damage. The objective of our research was to test a sequential sampling method to determine the need for soil insecticide at sugarcane planting. Using our sampling method, 38 fields were judged as not needing insecticide application. There was no significant difference in yield in these fields with versus without insecticide application.
Keywords wireworms, Elateridae, sugarcane, sampling

Resumen Los gusanos de alambre (gusano elatéridos) en Florida son principalmente una plaga en la caña de azúcar recién plantada y los productores generalmente aplican un insecticida de suelo en la siembra para proteger la germinación de la semilla contra daños del gusano de alambre (gusano elatéridos). El objetivo de nuestra investigación fue probar un método de muestreo secuencial para determinar la necesidad de insecticida de suelo en la siembra de la caña de azúcar. Mediante nuestro método de muestreo, 38 campos fueron considerados como no necesarios a la aplicación de insecticidas. No hubo ninguna diferencia significativa en el rendimiento en estos campos en la aplicación de insecticidas.
Palabras de clave gusanos de alambre, Elateridae (elatéridos), caña de azúcar, muestreo

Introduction

Florida sugarcane growers usually apply a soil insecticide at planting to protect germinating seedpieces from wireworm damage. However, studies have suggested that this application in many cases may not be necessary. Coale and Sosa (1) reported that sugarcane yield response to these applications was highly variable among locations in Florida. In determining wireworm populations in Florida sugarcane among soil types, Cherry and Stansly (2) noted that wireworm population densities were highly variable between ratoon fields. Moreover, Cherry and Stansly (3) later reported that transect samples taken showed a wide range of wireworm population densities present in fields at sugarcane planting. Although many growers feel that they are applying soil insecticides unnecessarily at planting, they do so because currently there is no sampling method to make this decision. The objective of our research was to test a sampling method to determine the need for soil insecticide at sugarcane planting.

Materials and methods

Testing was conducted on fields located on King Ranch near South Bay, Florida. Each field was 9.2 to 19.6 ha on muck soil (approximately 70% organic matter). The first set of fields (2008 fields) were grown from November 2007 planting until harvest in January 2009. The second set of fields (2009 fields) were grown from November 2008 planting until harvest in January 2010. Fields used were paired to compare yield differences with and without soil insecticide application. These paired fields were adjacent to each other and were the same in all agronomic features such as planting date, variety, etc. except that one field received insecticide application and one didn't.

Wireworm samples were taken in a transect diagonally across the length of each field. The transect started and ended approximately 25 m from field edges to avoid possible edge effects. A four-wheeler, ATV, or pickup truck was used to cross the field while taking samples. Each sample was 30 x 30 x 30 cm of moist soil dug up with a shovel. Soil was thrown directly on adjacent ground and quickly sorted through with the shovel or by hand. From the start of digging, one person spent 2 minutes looking for wireworms in the soil. If two people sampled, then one minute was allotted per sample. In a recent survey, Cherry and Stansly (2) reported that 91% of wireworms found in Florida fields on muck soils are known sugarcane pests, being *M. communis* and *Conoderus* spp. Hence, wireworms found in the sample were counted without consideration of size or species. The *Melanotus* and *Conoderus* wireworms are light tan to tan and are fairly easily seen in the black muck soil. Fortunately, few other arthropods looking like wireworms were encountered thus facilitating the sampling.

Sequential sampling was used in sampling each field. In this type of sampling the total number of samples taken is variable and depends on whether or not the results so far obtained give a definite answer to the question posed. It is of particular value for assessment of pest density in relation to control measures. Unpublished data gained in the earlier Cherry and Stansly (3) study indicated a threshold of wireworm density at sugarcane planting that might be used to determine the necessity of soil insecticide application at that time. These data were not gathered in whole fields, but provided the basis for this study using whole fields. In this study, each transect was divided into 25 evenly spaced locations where samples may be taken. The first sample was taken at one end of the transect and sequential samples taken towards the other end of the transect. Wireworms were counted in each sample and if 9 or more wireworms found in total samples, sampling was stopped and the field treated with soil insecticide. Hence, in this study 9 or more wireworms per 25 samples would be the economic injury level or the lowest pest population density that will cause economic damage. If less than 9 wireworms found in the 25 samples, soil insecticide was not applied. The soil insecticide used was Thimet 20G (AI = 20% phorate) placed in a 30 cm band over the seedpieces at 22.3 kg/ha (19.5 lbs/acre) which is a common practice and rate used by Florida sugarcane growers.

In November, 2007, 7 pairs of fields were sampled for wireworms. All 14 fields had fewer than 9 wireworms in their transect samples. Thus, these fields (2008 fields) were paired for plus or minus soil insecticide treatment to compare yield differences. In November, 2008, 14 pairs of fields were sampled for wireworms. Four fields were excluded from testing because 9 or more wireworms were found in the transect samples and the grower was not willing to risk economic damage in untreated fields at higher wireworm densities. The remaining 24 fields had fewer than 9 wireworms in their transect samples. These fields (2009 fields) were paired and tested as in the 2008 fields. The total number of wireworms found in a transect was compared between insecticide applied versus insecticide free fields in 2008 fields (N = 14) and 2009 fields (N = 24) by paired t-tests.

Sugarcane yield parameters for each whole field were obtained through standard commercial harvesting procedures. These parameters are gross metric tons sugarcane per hectare, % sucrose, and metric tons of sugar per hectare. Yield parameters in fields with versus without insecticide application were compared by paired t-tests for 2008 fields and 2009 fields.

Results and Discussion

In 2008 fields, there was a mean 2.0 ± 2.5 SD wireworms in transects in fields with insecticide application versus a mean 2.9 ± 2.5 SD wireworms in transects without insecticide application. These means were not significantly different ($t = 0.9$, $p = 0.4$, $N = 14$). Yield data showed that there was no significant difference in gross tons of sugarcane per ha, % sucrose, or tons of sugar per ha in 2008 fields with versus without insecticide application.

In 2009 fields, there was a mean 1.5 ± 2.3 SD wireworms in transects in fields with insecticide application versus a mean 0.9 ± 1.2 SD wireworms in transects without insecticide application. These means were also not significantly different ($t = -1.2$, $p = 0.3$, $N = 24$). Yield data again showed that there was no significant difference in gross tons of sugarcane per ha, % sucrose, or tons of sugar per ha in 2009 fields with versus without insecticide application.

In this study, our transect sampling accurately predicted which fields did not need soil insecticide application for wireworm control. This study demonstrated that sequentially sampling sugarcane fields at the pre-planting stage can assist growers in determining the need for an insecticide application for wireworm control. This study validates an economic injury level of 9 or more wireworms in the sequential sampling plan. The effect of wireworm populations of 9 or more in the samples in terms of potential economic loss was not determined in the study so further revisions to the economic injury level are possible. Nevertheless, the majority of fields sampled in this study had wireworm counts below our economic injury level suggesting that even without further research insecticide use can be reduced using data provided in this study.

Conclusions

Using our sampling method, 38 sugarcane fields were judged as not needing insecticide application for wireworm control at planting. There was no significant difference in yield in these fields with versus without insecticide application.

References

1. Coale F, Sosa O (1991) Sugarcane yield response to soil insecticides in the Everglades Agricultural Area. J. Amer. Soc. Sugar Cane Tech. 11: 23-28.

2. Cherry R, Stansly P (2008) Abundance and spatial distribution of wireworms (Coleoptera: Elateridae) in Florida sugarcane fields on muck versus sandy soils. Fla Entomol 91: 383-387.
3. Cherry R, Stansly P (2009) Impact on yield of wireworm (Coleoptera: Elateridae) populations in Florida sugarcane at planting. J. Amer. Soc. Sugar Cane Tech. 29:137-148.

CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE LOCALIDADES DE PRUEBA PARA RESISTENCIA A LA ENFERMEDAD ROYA PARDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAS CONDICIONES DE CUBA.

CHARACTERIZATION AND SELECTION OF LOCATIONS FOR SUGARCANE BROWN RUST DISEASE RESISTANCE TEST UNDER CUBAN CONDITIONS.

Joaquín Montalván Delgado, Isabel Alfonso Terry, Eida Rodríguez Lema, Javier Delgado, Omelio Carvajal Jaime, Osmani Aday Díaz, José Rodríguez Zayas, Mónica. Tamayo, Héctor Jorge Suarez, Ivia Pouza Sierra, Isabel Torres Varela,Félix. Valladares Arrocha; Yoslen Fernández Gálvez; Luis Águila Socorro y Eloy Valdés González.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera a CUJAE Km 2½, Boyeros, La *Habana, C. P. 19390*. e-mail: jmontalvan@eticacm.azcuba.cu

RESUMEN

El ambiente de cultivo de la caña está conformado por varios factores, esto contribuye a la formación de diferentes condiciones de desarrollo, lo que influye en el comportamiento de cultivares y enfermedades. Se realizaron experimentos en 6 localidades del país para caracterizar y definir las localidades de pruebas de resistencia a la roya parda. Se estudiaron 11 cultivares y 6 patrones de resistencia, se analizaron las variables climáticas. Se realizaron evaluaciones en diferentes edades de la planta, posición de la hoja, así como la cantidad de pústulas, largo más frecuente; tamaño mayor y porcentaje de área ocupada por las mismas. Se comprobó el comportamiento diferencial de las localidades, y el efecto de la humedad relativa y las temperaturas en la manifestación de la enfermedad. Las localidades evaluadas resultaron aptas para determinar la reacción de los cultivares ante esta enfermedad, y cuatro de ellas para determinar la reacción de los progenitores.
Palabras claves: Caña de azúcar, enfermedad, roya parda

ABSTRACT

Sugarcane brown rust disease *Puccinia melanocephala* Sydow& P. Sydow is one of the major diseases of crop. The environment where sugarcane is cultivated is constituted by several factors, and its combination contributes to the formation of different growing conditions, influencing on the varieties diseases behavior. To characterize and to define the resistance test locations to brown rust disease, experiments in 6 locations of the country, with 11 cultivars and 6 resistance patterns were carried out. The climatic variables during the period were analyzed, and evaluations in different plant ages leave position, quantity, length of the more frequent, and size of the biggest pustules, as well as area percentage occupied by pustules were evaluated. All studied locations are able for brown rust cultivar evaluations, while four of them are recommended to determine the parent reactions.
Key words: Sugar cane, disease resistance, brown rust

INTRODUCCIÓN

La roya parda (común) de la caña de azúcar, causada por el hongo fitopatógeno ***Puccinia melanocephala*** Sydow & P. Sydow es considerada una de las enfermedades de mayor importancia que afecta al cultivo y está ampliamente distribuida en casi todas las áreas cañeras del mundo (Chinea *et al*., 2014), origina importantes pérdidas económicas, estimadas en más del 50% del rendimiento del cultivo en cultivares susceptibles como B4362 (Comstock y Ferreira, 1986).

Numerosos son los factores que influyen en el desarrollo de la caña de azúcar, algunos pueden ser controlables y otros no. Su combinación contribuye a la formación de diferentes condiciones de desarrollo y producción, lo cual determina el comportamiento específico de los cultivares. Así mismo, las enfermedades del cultivo, están fuertemente determinadas en su desarrollo y distribución, por las variaciones edafoclimáticas locales (Sahni y Chona, 1965).
La definición de las localidades de prueba mas idóneas para la realización de estudios de resistencia a enfermedades es un importante aspecto a tener en cuenta a la hora de determinar el comportamiento de los cultivares frente a las enfermedades.
Por lo antes expuesto este trabajo tuvo como objetivo la caracterización y definición de las localidades de estudio mas propicias en el desarrollo de estudios de resistencia para definir comportamiento varietal ante la roya parda de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se plantaron en las localidades de Quivicán (Mayabeque), Jovellanos (Matanzas), Ranchuelo (Villa Clara), Florida (Camagüey), Guaro (Holguín) y Palma Soriano (Santiago de Cuba). Se evaluaron las cepas de planta y primer retoño.
Los cultivares estudiados fueron: C1051-73, C132-81, C266-70, C323-68, C86-12, C86-503, C86-56, C88-380, C90-530, Co997 y SP70-1284, además se emplearon los patrones de resistencia a la enfermedad para los estudios en foco infeccioso de roya parda PR980 (AR), Ja64-11 (R), C334-64 (MR), Ja60-5 (S), My5514 (S) y B4362 (AS) (Jorge *et al*.., 2011).
Se analizaron las variables climáticas durante el periodo de estudio.
De cada cultivar y patrón se plantó un surco de 6 m de longitud en cada réplica (3 réplicas) distribuidos al azar, colocándose un foco de infección de la enfermedad aportado por el cultivar altamente susceptible B4362 cada dos cultivares a estudiar. Los estudios se bordearon con B4362 lo que permitió incrementar y homogenizar la presión de inóculo.
Las evaluaciones se realizaron en las hojas +1, +3 y +5, según notación de Kuijper durante las edades de 3, 4, 5, 6 y 9 meses del cultivo. Se analizaron 2 cm^2 del tercio central de cada hoja (Tamayo, 2010), teniéndo en cuenta, cantidad de pústulas (CPÚST), largo de la pústula más frecuente (LPÚST), tamaño de la pústula mayor (TPM) y porcentaje de área ocupada por pústulas (PAPÚST).
Con los datos meteorológicos tomados durante el periodo de estudio en las localidades donde se desarrollaron los seis experimentos en foco de infección natural de roya parda y los resultados obtenidos de los estudios descritos se realizaron análisis de componentes principales y análisis discriminante, para agrupar los ambientes evaluativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El análisis de componentes principales para identificar las variables más importantes en la caracterización de los ambientes y la manifestación de la enfermedad mostró que la primera componente extrajo el 45,48 % de la variabilidad total de los datos, la segunda el 28,22 % y la tercera el 17,91 %. La suma del porcentaje de las tres componentes abarca el 91,61% de la variabilidad.
Los valores propios de las componentes y las coordenadas de los vectores que resultaron más importantes en la caracterización de los ambientes estudiados mostraron que en el primer componente las variables de mayor peso fueron las temperatura máxima, porcentaje de área ocupada por pústula, tamaño de pústula y la humedad relativa. Esta última se encuentra en sentido contrario del eje con respecto a las tres primeras.
En el segundo componente, las variables de mayor contribución fueron cantidad de pústulas, temperatura media y temperatura mínima en sentido positivo y el largo de la pústula en sentido negativo. La variable que resultó relevante en la tercera componente fue la lluvia y repiten su importancia en esta componente las variables cantidad de pústula y temperatura mínima.

Alfonso y col. (2011) utilizaron el parámetro de TPM como un aspecto importante a tener en cuenta en las evaluaciones de resistencia de los cultivares en diferentes localidades, estableciendo así nuevos criterios que contribuyan a perfeccionar las metodologías actuales de evaluación.
Estos resultados nos permiten aseverar el comportamiento diferencial que mantienen los cultivares en las diferentes localidades como una manifestación de la interacción Genotipo – Ambiente.
En el gráfico aportado por este mismo análisis para las dos primeras componentes (Fig. 1), puede observarse que existe la formación de diferentes grupos caracterizados por las distintas localidades que se estudiaron.
Puede apreciarse que las localidades de Camagüey y Holguín forman un grupo de similares características en el comportamiento frente a la enfermedad, otro grupo formado por las localidades de Matanzas y Villa Clara. Esto nos permite realizar una valoración para seleccionar una o dos localidades de prueba en estas provincias, en lugar de mantener las cuatro provincias mencionadas. El análisis nos sugiere además la importancia que tienen las dos provincias restantes, donde se hace indispensable el mantenimiento de estas como localidades de prueba basado en su comportamiento diferencial respecto a las anteriores.
De acuerdo con estas consideraciones podemos formar cuatro grupos con los ambientes en ambas cepas para la variable % de área ocupada por pústula, el grupo uno formado por las localidades de Villa Clara y Matanzas, el dos por Camagüey y Holguín, en ambas cepas, el tres solamente por Mayabeque y el cuatro por Santiago de Cuba en las dos cepas.
Lo expresado corrobora lo planteado por Infante *et al*. (2009), cuando expresan que la interacción genotipo-ambiente, es un problema muy específico, por lo que se debe tener precaución al hacer generalizaciones de los casos. En este caso la combinación de los genotipos y las localidades constituyen la interacción genotipo-ambiente.
Los resultados anteriores se confirmaron con un análisis discriminante, el cual muestra el 81,99 % de buena clasificación. (Tabla 1).

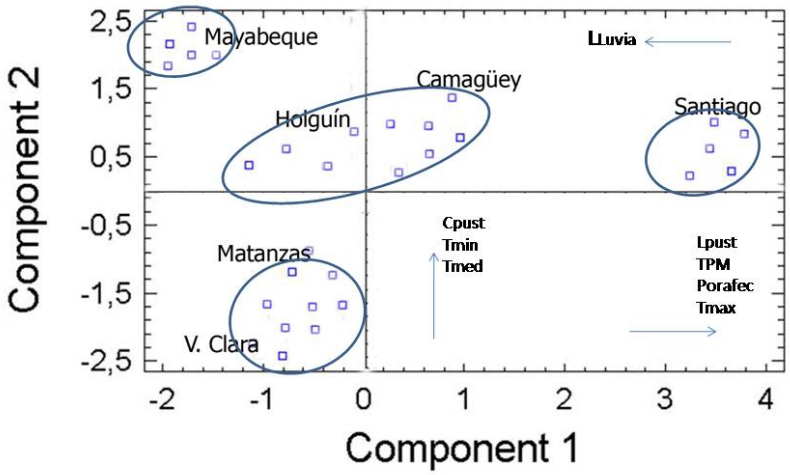


Fig. 1. Representación de los ambientes estudiados en el plano de las dos primeras componentes.
Los resultados de este análisis denotan la importancia que tienen las localidades de estudio en la clasificación de los cultivares, pudiendo mantenerse las seis localidades, sin descartar en un futuro, por razones económicas, utilizar solo cuatro localidades (Santiago, Mayabeque, Camagüey y Villa Clara). Estas últimas pueden ser utilizadas además como ambientes de prueba para definir el comportamiento de los progenitores a utilizar en las campañas de obtención de nuevos cultivares.

Los resultados de este análisis corroboran los obtenidos mediante el análisis de componentes principales al sugerir la utilización de cuatro localidades para definir la reacción de los progenitores a utilizar en el Programa de Mejora frente a la roya parda.

Tabla 4. Resultados del análisis discriminante por localidades.

Clasificación observada	Porcentaje de buena clasificación	Clasificados según modelo					
		Mayab.	Mat..	V. Clara	Cmg.	Hol.	Stgo
Mayabeque	71,76	**366**	0	0	73	69	2
Matanzas	89,41	0	**456**	0	0	0	54
Villa Clara	100	0	0	**510**	0	0	0
Camagüey	70	53	0	0	**357**	46	54
Holguín	60,98	44	0	0	102	**311**	53
S. de Cuba	99,80	1	0	0	0	0	**509**
Total	81,99	464	456	510	532	426	672

CONCLUSIONES

- Existe respuesta diferencialentre las diferentes localidades de estudio, por lo que cada localidad mantiene su importancia..
- Las localidades de Matanzas y Villaclara, así como Camagüey y Holguín presentan similitud en la manifestación de la enfermedad..

RECOMENDACIONES

- Mantener como centros de prueba de resistencia a la roya parda de los nuevos cultivares obtenidos por el proceso de mejora en caña de azúcarlas 6 localidades que se estudiaron.
- Establecer como localidades de prueba para definir el comportamiento de los progenitores a utilizar en las campañas de cruzamiento las provincias de Santiago, Holguín, Villa Clara y Mayabeque.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso Isabel; J. Delgado; Y. Rufin; O. Aday; J. Montalván; Mónica Tamayo; Eida Rodríguez, R. Acevedo; María La O y R. González. Tamaño de Pústula mayor, una variable categórica para evaluar la roya parda en Caña de Azúcar. Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA 2011). 2011.

Chinea A.; R. Acevedo; Eida Rodríguez y María LaO. Enfermedades de la caña de azúcar y evolución de las técnicas para su detección y diagnóstico en Cuba. Memorias del evento por el 50 aniverario del INICA. 6 pp. 2014.

Comstock J. C. and Ferreira S. A. Sugarcane rust: Factors affecting infection and symptom development. In: Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. XIX Congr., Yakarta,: 403-410. 1986.

Infante Danay; Martínez B.; González E. y González Noyma. *Puccinia kuehni i*(Krüger) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow. En el cultivo de la caña de azúcar. Rev. Protección Veg.; Vol. 24 No. 1. 2009.

Jorge H.; González R.; Casas M.; Jorge Ibis. Normas y Procedimiento del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín Cuba-Caña, INICA, 315. Actualización pp. 2011.

Sahni M. L. and B. L. Chona. Studies of sugar cane rust in India. Indian Phytopathology. 18 (2): 191-203. 1965.

Tamayo Mónica. Perfeccionamiento Metodológico para evaluar roya parda *Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow en caña de azúcar. Tesis Presentada en opción al título académico de Master en Sanidad Vegetal. Mención Fitopatología. Universidad Agraria de la Habana. 2010.

ANÁLISIS HISTOLÓGICO DE LA INTERACCIÓN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum sp.)* ROYA NARANJA (*Puccinia kuenhnii* (Krüger) Butler)

HISTOLOGIC ANALYSIS OF THE INTERACTION OF SUGAR CANE (*Saccharum* sp) ORANGE RUST (*Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler)

Arias, Marta E.[1], Luque Catalina[1], Debes Mario[1], Zardón M. de los Angeles[2], La O María[2], Perera Francisca [3], Bertani Romina[3], Gonzales Victoria [3], Cuenya M. Inés[3], Castagnaro Atilio[3], Acevedo Ricardo[2].

1-Facultad de Ciencias. Naturales e IML – UNT, Miguel Lillo 205, Tucumán-Argentina 2-Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar, Cuba. 3-Estación Experimental- Agroindustrial Obispo Colombres, Argentina.

RESUMEN

Las royas son las enfermedades fungosas más importantes por su interés económico, causando grandes pérdidas en los cultivos. La roya naranja, producida por el hongo *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler, está considerada como una de las mas seria en la actualidad. Este patógeno estaba confinado al Hemisferio Oriental, hasta que en 2007 se detectó en la Florida, EUA. Recientemente se ha informado en numerosos países del continente americano, por lo que ha adquirido mayor importancia por a su amplia diseminación. En Cuba se detectó en 2008 y entre los objetivos de las investigaciones que se desarrollan está la búsqueda de caracteres morfológicos con valor de diagnosis a nivel de microscopia óptica y electrónica. Esta investigación forma parte de un proyecto de colaboración entre Cuba y Argentina, denominado "Caracterización morfológico molecular de la interacción caña de azúcar y roya naranja". Se tomaron muestras de hoja de caña con síntomas de roya naranja. Se fijaron en FAA, se hicieron cortes transversales a mano alzada y se tiñeron con diversos colorantes. Se montaron en agua/glicerina, para ser observados al microscopio óptico. También se procesaron muestras para microscopía electrónica, realizando doble fijación con glutaraldehido y tetróxido de osmio, deshidratación en series de acetona e inclución en resina Spurr. Se realizaron cortes ultrafinos y se contrastaron con acetato de uranilo y citrato de plomo. Se describen caracteres morfo-histológicos del patógeno y alteraciones a nivel óptico y ultraestructurales producto de la interacción del hongo con variedades de caña de azúcar afectadas por la enfermedad.
Palabras claves: Roya naranja, histopatología, caña de azúcar.

ABSTRACT

Rusts are the most important fungal diseases by its economic interest, causing heavy crop losses. Orange rust, caused by the fungus *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler, is considered one of the more serious today. This pathogen was confined to the Eastern Hemisphere, until 2007, was detected in Florida, USA. Recently has been reported in many countries in Americas, so it has become more important by its wide dissemination. In Cuba was detected in 2008 and the objectives of the research undertaken is the search for morphological characters diagnostic value at the level of light and electron microscopy. This research is part of a collaborative project between Argentina and Cuba called "Molecular characterization of the interaction morphological sugarcane and orange rust". Leaf samples were taken cane with orange rust symptoms. Were fixed in FAA, were made freehand transverse sections and stained with various dyes. Then, mounted in water/glycerin, for observing under optical microscope. Also were processed samples for electron microscopy, by double fixation with glutaraldehyde and osmium tetroxide, dehydrated in series of acetone and inclución in Spurr resin. Ultrathin sections were made and contrasted with uranyl acetate and lead citrate. Morpho-histological characters of the pathogen are described and alterations a level optical and ultrastructural, product of the interaction of the fungus with sugar cane varieties affected by the disease.
Key words: Orange rust, histopathology, sugarcane

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades causadas por royas son consideradas las mas destructivas para las plantas. Las ocasionan hongos de la clase Basidiomicetos, del orden Uredinales y familia Puccnieaceae [1]. *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler y *P. melanocephala* Syd. & P. Syd son las únicas especies que se sabe causan la enfermedad de la roya de la caña de azúcar comercial y comúnmente están mal identificadas [2]. La roya naranja de la caña de azúcar, está considerada como una enfermedad muy seria en la actualidad [3]. Es altamente nociva para este cultivo causando pérdidas millonarias en los países afectados, debido a que presenta una fácil dispersión por el aire a grandes distancias [4]. Este patógeno estaba confinado al Hemisferio Oriental desde el año 1890, hasta que en 2007 se registró por primera vez en America, en el estado de Florida, Estados Unidos [1] [5]. Recientemente se ha informado en numerosos países del continente americano, por lo que ha adquirido mayor importancia [6]. En Cuba se detectó desde el 2008 y entre los objetivos de las investigaciones que se vienen desarrollando, está la búsqueda de caracteres morfológicos con valor de diagnosis a nivel de microscopia óptica y electrónica. Los síntomas iniciales de la roya naranja son lesiones minúsculas, elongadas y amarillas, que forman una aureola pálida, verde amarillenta. A medida que las lesiones crecen, se forma un color que pasa de naranja a naranja marrón [7]. La roya naranja puede ser distinguida de la roya marrón por el color, forma y ornamentación de las esporas, y el color de la pústula [8]. *P. kuehnii* carece de parálisis, tiene uredosporas de color naranja a canela y con la pared engrosada en la zona apical [2] Esta investigación forma parte de un estudio más amplio que pertenece a un proyecto de colaboración entre Cuba y Argentina, denominado “Caracterización morfológico molecular de la interacción caña de azúcar y roya naranja”. En esta etapa nuestro objetivo es realizar la caracterización morfológica de las estructuras del patógeno presente en las muestras colectadas y estudiar las interacciones planta-patógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron hojas de diferentes variedades de caña de azúcar, que presentaban síntomas de roya naranja, procedentes de estaciones experimentales de las localidades cubanas de Mayabeque, Matanza y Villa Clara. Se tomaron muestras del tercio medio de la hoja +3 con presencia de pústulas. Se fijaron en FAA (Formol; Acido acético; Alcohol etílico 96°), luego se hicieron cortes transversales de lámina con la técnica a mano alzada [9]. Para la tinción se utilizaron los colorantes azul de anilina, azul de algodón, azul de cresilo brillante. Se montaron en portaobjetos con el medio semipermanente agua-glicerina (1:1) y se observaron bajo microscopio óptico Leica DM 500. También se procesaron muestras para microscopía electrónica de transmisión (Zeiss SUPRA 55VP), realizando una doble fijación con glutaraldehido y tetróxido de osmio, luego una deshidratación en series de acetona y la inclución en resina Spurr. Fueron realizados cortes ultrafinos que se contrastaron con acetato de uranilo y citrato de plomo. Los preparados fueron analizados a diferentes aumentos.

RESULTADOS

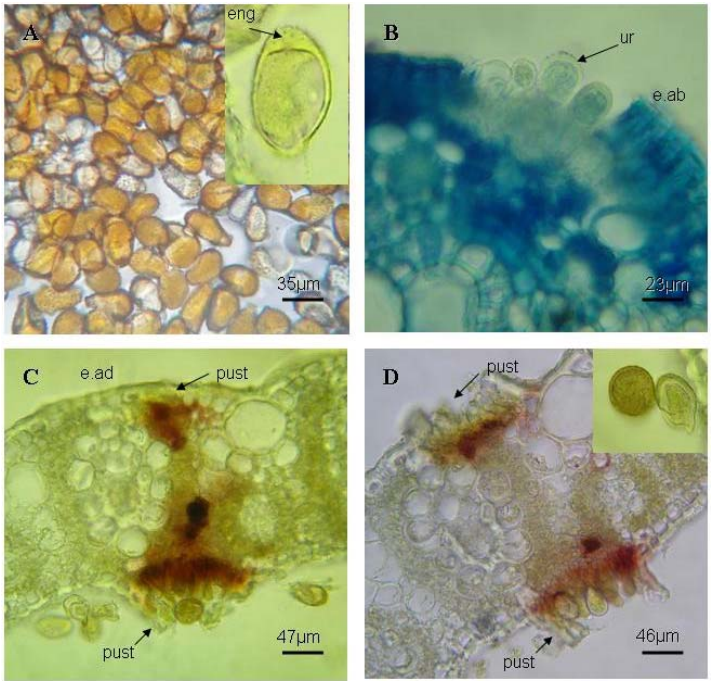


Figura 1. Fotografías en microscopio óptico mostrando la interacción entre hojas de caña de azúcar y *Puccinia kuehnii*. A- Masa de uredosporas mostrando en detalle el engrosamiento apical de la pared. B- Corte transversal de hoja mostrando una pústula joven con uredosporas. C- Corte transversal de hoja con una pústula abierta hacia la epidermis abaxial y otra formándose en la epidermis adaxial. D- Corte transversal de hoja con pústulas abiertas hacia ambas epidermis con detalle de los dos tipos de uredosporas encontradas. **eng**: engrosamiento; **ur**: uredosporas; **e.ab**: epidermis abaxial; **e.ad**: epidermis adaxial; **pust**: pústula.

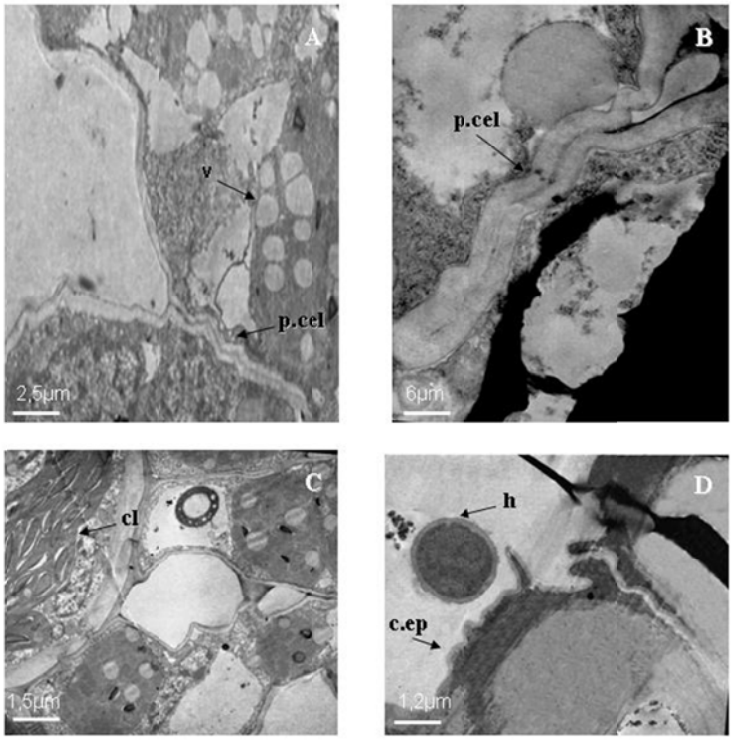


Figura 2. Fotografías en Microscopio Electrónico de Transmisión mostrando alteraciones a nivel de pared y mesófilo. A- Ondulaciones en la pared celular producto de la interacción. B- Detalle de las ondulaciones de la pared celular. C- Células del mesófilo donde se observa cloroplasto con numerosos granos de almidón. D- Célula epidermica en contacto con la hifa del hongo. V: vacuola; p.cel: pared celular; cl: cloroplasto; c.ep: célula epidermica; h: hifa.

REFERENCIAS

[1] Ordoñes M.C., Sanches J.C., Kafuré J.I. (2010) ".Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar" *Cenicaña*. 3 y 4.

[2] Dixon L.J., Castlebury L.A., Aime M.C., Glynn N.C., Comstock J.C. (2010) Phylogenetic relationships of sugarcane rust fungi. *Mycol Progress* DOI 10.1007/s11557-009-0649-6.

[3] Barrantes Mora J., Chavarría Soto E. (2008) "Acciones estratégicas realizadas y en proceso como respuesta para enfrentar el ataque de roya en la zona sur" *LAICA*.

[4] Díaz O.A., Barroso Medina F.J., Díaz Mujica F., Martín Tríada E.L., Pérez Vicente L., Alfonso Terry I., Pérez Milián J., Barroso Melillo J. (2010) Presencia de la roya naranja *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler en áreas experimentales de caña de azúcar (*Sacharum* spp. híbrido) de la region central de Cuba. *Fitosanidad* 14(2): 83-89.

[5] Sood S.G., Comstock J.C., Glynn N.C. (2009) "Leaf whorl inoculation method for screening sugarcane rust resistance" *Plant Disease* 93(12): 1335-1340.

[6] Comstock J.C., Sood S.G., Glynn N.C.; Shine J.M., McKemy J.M., Castlebury L.A. (2008). First Report of *Puccinia kuehnii*, Causal Agent of Orange Rust of Sugarcane, in the United States and Western Hemisphere. *Plant Diseases* 92(1): 175.

[7] Ángel J.C., Cadavid M., Victoria J.I. (2010) "Presencia de roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en el Valle del Cauca y estrategias para su manejo. *Cenicaña* 175.

[8] Braithwaite, K, (2005). "Final report: SRDC Project BSS258: Assessing the impact that pathogen variation has on the sugarcane breeding program. *BSES Limited Publication*.

[9] D’ Ambrogio de Argüeso A. (1986) “Manual de técnicas en Histología Vegetal” Ed. *Hemisferio Sur*. Buenos Aires, Argentina.

ENDÓFITOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU INTERACCIÓN CON *XANTHOMONAS ALBILINEANS* AGENTE CAUSAL DE LA ESCALDADURA FOLIAR

SUGARCANE ENDOPHYTES AND ITS INTERACTIONS WITH *XANTHOMONAS ALBILINEANS* CAUSAL AGENT OF LEAF SCALD

Juana Pérez Pérez, José Raúl Torres Viltres, Mario Casas González, María La O Hechavarría y Yanaiza Ferro Consuegra

Programa de Fitomejoramiento. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Km 1½ carretera a la CUJAE, Boyeros, CP 19390, La Habana, Cuba. Fax: (53-7) 260-2571 Tel. (53-7) 260-257. E-mail :juanita@inica.azcuba.cu.

RESUMEN

La escaldadura foliar de la caña de azúcar, producida por la bacteria *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, es una de las patologías de mayor importancia en el cultivo a nivel mundial. Numerosas bacterias beneficiosas son aisladas actualmente en el interior de los cultivos agrícolas. El objetivo del trabajo fue aislar y caracterizar bacterias endófitas en el cultivar C87-51 y determinar su interacción con el patógeno *X. albilineans.* Los aislamientos se realizaron en placas de agar Nutriente y agar Wilbrink, donde se seleccionaron, purificaron y caracterizaron mediante pruebas fisiológicas y bioquímicas diferentes colonias. La interacción se realizó en placas petri sembradas con *X. albilineans,* midiéndose los halos de inhibición. Los datos se procesaron mediante el programa Statistica 6.0. Se realizaron 22 aislamientos, de los cuales cuatro fueron identificados como *X. albilineans.* Se observó *in vitro* actividad antimicrobiana significativa del aislamiento Q22, que muestra además características bioquímicas que le confieren una mejor adaptación.

Palabras clave: *Xanthomonas albilineans*, endófitos, antagonismo.

ABSTRACT

The leaf scald of sugarcane, produced by the bacteria *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, is one of the most important pathology worldwide. Actually a large number of beneficial bacteria are isolated inside the crops. The objective of the work was isolate and characterize endophyte bacteria in the C87-51cultivar and to determine its interaction with the pathogen *X. albilineans*. The isolations were carried out in Petri dishes containing Wilbrink and Nutrient Agar, where were selected, purified and characterized by means of physiological and biochemical tests different colonies. The interaction was performed in Petri dishes sowed with *X. albilineans,* being measured the inhibition halo. The data were processed through Statists6.0program. Twenty two isolations were obtained, of which four were identified as *X. albilineans*. In vitro was observed significant antimicrobial activity of the isolation Q22 that also shows biochemical characteristics that confer him a better adaptation.

Keywords: *Xanthomonas albilineans,* endohytes, antagonism.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, ocupando un área comercial de más de 20 millones de hectáreas en alrededor de 80 países [(1)]. En Cuba representa aproximadamente 23 % de la tierra disponible, siendo el objetivo principal de la agroindustria azucarera

alcanzar eficiencia y eficacia en la producción agrícola e industrial para hacer de esta industria un sector competitivo [2]; sin embargo las afectaciones producidas por las plagas, es uno de los factores que conspiran contra del incremento de los rendimientos agrícolas.

La escaldadura foliar producida por *Xanthomonas albilineans*, es una de las patologías de mayor importancia en el cultivo, debido a los efectos negativos que ejerce sobre la calidad de los jugos y los rendimientos agrícolas, así como las elevadas pérdidas que ocasiona en su fase aguda, estimadas entre 90-100% [3].

La presencia en caña de azúcar de microorganismos endófitos como *Gluconacetobacter diazotrophicus* [4] que a través de diversos mecanismos constituyen controles biológicos de *X. albilineans*, ponen de manifiesto el papel que pudieran jugar estas bacterias como parte de un manejo integrado en el control de esta patología. Por lo que el objetivo del trabajo fue aislar y caracterizar bacterias endófitas en el cultivar C87-51 y determinar su interacción con el patógeno *X. albilineans*.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realizó un muestreo en el Área Experimental de la ETICA ¨Pablo Noriega¨ de Quivicán, provincia Mayabeque, en el cultivar C87-51. Se tomaron 20 muestras, de las cuales 10 tenían síntomas visuales de escaldadura foliar y 10 no tenían síntomas de ninguna patología. En el laboratorio las hojas se lavaron, desinfectaron y pesaron para los estudios serológicos y microbiológicos respectivamente.

Se utilizó la técnica UMELISA [5]) para confirmar la presencia de *X albilineans*, analizándose por triplicado las muestras mediante el juego de diagnosticadores de la firma Agdia anticuerpo anti-*Xanthomonas albilineans* (Xalb) y el anti-conejo para *X*alb conjugado fosfatasa alcalina.

Para los estudios microbiológicos se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} y se sembraron por triplicado, en placas Petri con agar nutriente (AN) y agar Wilbrink (W). Las placas se incubaron por 3 días a 35 y 28 grados Celsius respectivamente para la determinación de las Unidades Formadoras de Colonias ($UFC.mL^{-1}$).

Las colonias diferentes se seleccionaron y transfirieron por estrías al mismo medio con el objetivo de obtener colonias aisladas y puras. La tinción de Gram además de confirmar la pureza de los aislamientos, permitió agruparlos como Gram positivos o negativos para los estudios de caracterización morfo-fisiológica y bioquímica.

La identidad del patógeno se evaluó en los bacilos Gram negativos mediante la reacción en cadena de la polimerasa (RCP) en un termociclador BOECO modelo B-96G. Se emplearon los cebadores para el género *Xanthomonas*: FGPS1490 (5'-TGC GGC TGG ATC ACC TCC TT-3') y FGPS132 (5'-CCG GGT TTC CCC ATT CGG-3'), los cuales amplifican la región 16S ARNr y generan una banda específica para *X. albilineans* de 625 pares de bases (pb). Los productos de reacción se visualizaron bajo luz UV luego de una electroforesis en gel de agarosa 0,8% y tinción con gel red.

La interacción de los diferentes aislamientos con *X. albilineans* se realizó, en placas con medio W sembradas conel patógeno. Se realizaron tres réplicas por cada enfrentamiento y se dejaron en incubación a 28 grados Celsius durante 2 días. Se midió el radio del halo de inhibición a las 24 y 48 h. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon a través de la prueba Tuckey para un grado de significación de $p<0.05$.

RESULTADOS

Cuatro de las 10 muestras que presentaban síntomas visibles de escaldadura foliar, resultaron positivas a *X. albilineans* por la prueba UMELISA, mientras que entre las asintomáticas ninguna resultó positiva.

Los resultados de la cuantificación de las poblaciones de bacterias endófitas muestran que las concentraciones en el medio AN estuvieron entre 10^2-10^3ufc. mL^{-1}, mientras en el medio W fueron superiores llegando a alcanzar órdenes de 10^6ufc. mL^{-1}. En las muestras sintomáticas que resultaron positivas al patógeno por UMELISA las concentraciones bacterianas estuvieron entre 10^5-10^6ufc.mL^{-1}, sin embargo en las asintomáticas las concentraciones celulares fueros bajas.

Se obtuvieron 22 aislamientos bacterianos, de las cuales 8 proceden de AN y 14 del medio W (Tabla I). Del total de aislamientos 17 procedieron de muestras con síntomas y solo 5 de las asintomáticas. La tinción de Gram reveló el predominio de bacterias en forma de bacilos Gram negativos.

Tabla I. Reacción de Gram y forma celular de las bacterias aisladas en los medios AN y W en el cultivar C87-51 en muestras sintomáticas y asintomáticas a escaldadura foliar.

Muestras cs	**Gram +**		**Gram -**		**Muestras ss**	**Gram +**		**Gram -**	
	Bacilo	**Coco**	**Bacilo**	**Coco**		**Bacilo**	**Coco**	**Bacilo**	**Coco**
1cs**	-	M21	Q2, Q37	-	**1ss**	Q4	-	-	-
2cs	-	-	M4, M5, Q33	-	**2ss**	-	-	-	-
3cs	M6	M30	M15, Q7	-	**3ss**	-	-	-	-
4cs	-			-	**4ss**	-	-	-	-
5cs	-		Q12		**5ss**	-	-	-	-
6cs**	-	Q16	Q18	-	**6ss**	Q35	-	Q36	-
7cs**	-	-	M8	-	**7ss**	-	-	-	-
8cs	-	-	Q21	-	**8ss**	-	Q22		-
9cs	-	-	Q30	-	**9ss**	-	-	Q23	-
10cs**	-	M14	-	-	**10ss**	-	-	-	-

Leyenda: CS (con síntomas), SS (sin síntomas). ** (positivas por UMELISA). M (aislamientos de AN). Q (aislamientos de W).

En el análisis electroforético de la prueba de RCP realizada a los 12 aislamientos Gram negativos (Figura 1), se observaron bandas de la talla esperada para *Xanthomonas albilineans* (aproximadamente 625 pb), en Q30, Q37, M4 y M5, los demás aislamientos no presentan bandas amplificación.

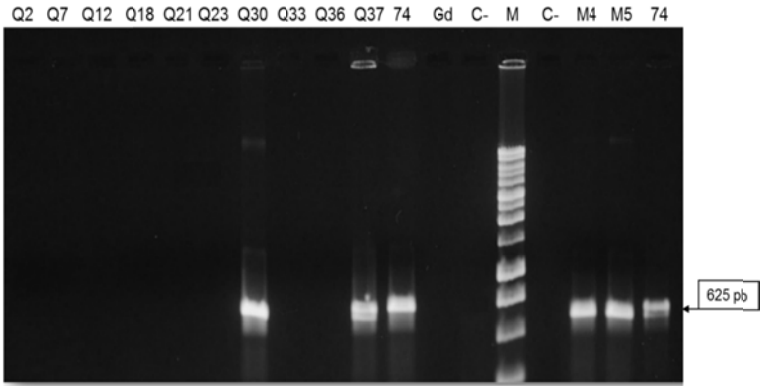


Figura 1. Productos de la amplificación mediante RCP de los bacilos Gram negativosen gel de agarosa 0,8 % con los cebadores genéricos de *Xanthomonas* spp. M patrón de peso molecular 1Kb (Promega). Gd: Control negativo *G. diazotrophicus* cepa 166, Xa: Control positivo, *X. albilineans* cepa 74y C-: Control negativo, mezcla de reacción con agua. Productos amplificados (Flecha).

El analisis de varianza mostró que los endófitos Q22 y Q16 tuvieron una actividad antagónica estadísticamente significativa en relación al resto de los aislamientos , al impedir el crecimiento de la cepa 74 de *Xanthomonas albilinean*.

El aislamiento Q22 se destacó por la magnitud del halo de inhibicion y expresó ademáscaracterísticas bioquímicas que le proporcionan ventajas favorables y le confieren un amplio espectro adaptativo. Si este

endófito es capaz de producir el principio activo que provoca la inhibición dentro de la planta hospedante, el patógeno puede ser controlado y los síntomas de la enfermedad suprimidos. Este aspecto lo convierte en un potencial control biológico de *Xanthomonas albilineans*. (Figura 2).

Figura 2. Halo de inhibicion del aislamiento Q22 sobre el crecimiento de la cepa 74 de *Xanthomonas albilineans* en medio W.

CONCLUSIONES

1- La presencia del patógeno se detectó en cuatro muestras que presentaron síntomas visibles de escaldadura foliar.
2- En las muestras sintomáticas se cuantificaron las poblaciones microbianas más altas y están en correspondencia con las muestras positivas al ensayo UMELISA.
3- Un total de 22 aislamientos de bacterias endófitas del cultivar C87-51 se caracterizaron morfológica y bioquimicamente.
4- El diagnóstico molecular de 12 aislados Gram negativos**,** produjo bandas de amplificación de la talla correspondiente a *X. albilineans* en cuatro de ellos.
5- Se encontró interacción antagónica significativa *in vitro* contra *X. albilineans* de los aislamientos Gram positivos Q22 y Q16.

REFERENCIAS

1. Cortegaza, L., P. E. Machado, J. L. Montes de Oca, M. Jiménez, P. E. Machado, Z. Occeguera y otros. En: Guía para la micropropagación *in vitro* de caña de azúcar. Fundación Produce Sinaloa. 2013. 40p.
2. INICA. En: Normas y procedimientos del programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. INICA. 2011. 348 p.
3. Rodríguez, M. Escaldadura foliar de la caña de azúcar en Cuba: caracterización, diversidad y diagnóstico molecular de su agente causal (*Xanthomonas albilineans* Dowson). La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 2000. 78p.
4. Cortegaza L. y A. Arencibia. Evaluación de la respuesta defensiva de la caña de azúcar ante la bacteria patógena *Xanthomonas albilineans* Ashby Dowson en interacción con *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Fitosanidad. 2009. Vol. 13(1).
5. Peralta, E., M. Pedroso, y Y. Martínez .Diagnóstico de Fitopatógenos. En: Manual Teórico- Práctico. CENSA. La Habana, Cuba. 2001. 134p.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

RESULTS OBTAINED IN CUBA RELATED TO SUGARCANE MOSAIC VIRUS EVALUATION

Eida Rodríguez, Yaquelin Puchades, María LaO, Dolores Piñón, Ricardo Acevedo, Omelio Carvajal, Joaquín Montalván, José Rodríguez y Roberto González

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Km 1½ carretera a la CUJAE, Boyeros, CP 19390, La Habana, Cuba.
eida@inica.azcuba.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es compilar los resultados obtenidos por el INICA relacionados con el virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA). Primeramente se trabajó en las bases fitopatológicas para la evaluación y control, tales como, distribución nacional, formulación de la estrategia de control, métodos de evaluación, fuentes de resistencia, resistencia de los cultivares en producción, composición de razas, obtención del suero para el diagnóstico serológico y las propiedades del mosaico, con énfasis en aquellos de importancia para el perfeccionamiento de los métodos de evaluación de la resistencia. Posteriormente se realizó la modelación biológica de la interacción Caña de Azúcar-Virus del Mosaico. Recientemente se observaron diferencias en las respuesta de resistencia en los tres centros de prueba y esto indicó la necesidad de perfeccionar el sistema evaluativo actual basado en métodos que ofrezcan una mejor estimación de la resistencia de los cultivares.
Palabras clave: caña de azúcar, mosaico, sistema de evaluación de la resistencia

ABSTRACT

The main objective of this work was compiled the results obtained in Cuba related to sugarcane mosaic virus evaluation. First of all are review the phytopathological bases for SCMV evaluation and control such as national distribution, design of a control strategy, evaluation methods, sources for resistance, resistance for commercial sugarcane cultivars, circulating races, getting of antibodies for diagnosis purposes and study of SCMV protein properties. It is highlighted the importance the improvement of methods for resistance evaluation. Next, the results obtained in biological modelation of SCMV-sugarcane are assessed. Recently differences observed in resistance response in the three testing sites for SCMV evaluation have indicated the need to update the evaluation system based on a more reliable method.
Key words: sugarcane, mosaic, system for resistance evaluation

INTRODUCCIÓN

El mosaico de la caña de azúcar fue detectado, en 1892, en Indonesia y rápidamente se convirtió en una amenaza para la producción azucarera en diferentes países del mundo, ya que puede producir pérdidas superiores a 30 % de la cosecha. En Cuba ocasionó pérdidas en la década de 1920-30 que llegaron a ser del 60-100%. A pesar de haberse realizado un serio trabajo de mejoramiento genético para obtener variedades resistentes, en la actualidad, el mosaico se encuentra presente en unos 72 países productores de caña. Se transmite por insectos vectores, por los propágulos de semilla y mecánicamente. Son hospedantes de este virus el maíz y una amplia gama de especies de hierbas silvestres. Se considera que el empleo de genotipos

resistentes es el método de control más eficaz, práctico y económico (Chinea y Rodríguez, 1994). El objetivo de este trabajo fue compilar los resultados de las investigaciones relacionadas con el VMCA en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compilaron resultados de todas las investigaciones realizadas en Cuba relacionadas con el VMCA. Estos estudios incluyen: la pesquisa nacional desarrollada entre 1967-1970 para conocer la diseminación del virus; la determinación de hospedantes para la multiplicación viral y obtención de inóculos; la identificación de razas circulantes del virus mediante hospedantes diferenciales en caña de azúcar; la valoración de los factores que favorecen la infección viral en condiciones naturales; el desarrollo del sistema de evaluación en condiciones artificiales y el diseño de la metodología de resistencia al VMCA.

Otros estudios revisados fueron: el establecimiento del método de purificación del VMCA; la obtención de antisueros policlonales específicos para la detección del virus; el desarrollo de técnicas de diagnóstico serológico; la modelación biológica de la interacción caña de azúcar-VMCA a través de variables bioquímico-fisiológicas y morfológicas; el establecimiento de criterios indicadores para la diferenciación de plantas susceptibles al patógeno y el perfeccionamiento del sistema evaluativo de la resistencia a esta enfermedad.

Adicionalmente se recogen resultados relacionados con estudios multiambientales para la evaluación del virus; la caracterización de los centros de prueba empleados por el programa de Fitomejoramiento y la molecular de los aislados virales; así como la determinación del efecto del mosaico sobre indicadores del rendimiento en caña de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre 1967-1970 (Rodríguez, 1979) se desarrolló un pesquisaje nacional para determinar el nivel de diseminación del VMCA en las plantaciones comerciales cañeras. Como resultado se constató que la enfermedad estaba ausente en las plantaciones sembradas con variedades resistentes. Sólo fue posible detectar síntomas de mosaico en plantaciones de cultivares susceptibles. Se encontraron pequeñas parcelas de cultivares susceptibles no infectadas pero rodeadas por cultivares resistentes. También la enfermedad estaba ausente en plantaciones con mezclas con el cultivar resistente POJ2878. Esto demuestra que los cultivares resistentes son un medio no favorable para la reproducción del virus así como para la diseminación, disminuye el foco de infección natural y no permiten que los cultivares susceptibles se infecten. Se demostró que las condiciones climáticas de Cuba son favorables para la diseminación de la enfermedad y que el único medio de control es la plantación de cultivares resistentes. Es por esto que la resistencia al mosaico debe valorarse como condición obligatoria para los cultivares recomendados a la producción.

El VMCA puede infectar a todo el grupo de gramíneas que se relacionan con las Poaceas. Son susceptibles todas las cañas "nobles", *Saccharum officinarum*, y todas las formas de *S. barberi*. Existen cultivares susceptibles entre las especies *S. robustum*, *S. sinense* y *S. spontaneum*. Las variedades dulces de maíz, como regla, son altamente susceptibles y también el millo se utiliza como planta indicadora y fuente de inoculo. En nuestras investigaciones se utilizaron las variedades de maíz Neveh Year 182,157, Black Mexico, Aurica, Bantan de Oro y T-66. El maíz presentó mayor acumulación de virus en el jugo que el millo y la mayoría de los cultivares de caña. La mayor concentración se observó en el cultivar de caña de azúcar B34104. Otros estudios evidenciaron que no existe diferencia significativa entre variedades de maíz y sorgo y que el agua destilada constituía un medio de extracción idóneo para el VMCA, así como para la inoculación.

El máximo de infección en el jugo de maíz se obtuvo en la hoja +1, a los 20 días después de la inoculación, manteniendo las plantas en luz difusa y una concentración de tampón fosfato equivalente a 1/45M, pH 7,45. El inoculo puede guardarse en refrigeración durante un día. La congelación y descongelación disminuyen notablemente la capacidad de infección. El virus se inactivó con calentamiento durante 10 minutos a 55ºC. El análisis de muestras de jugos procedentes de plantas con síntomas de VMCA, de diferentes cultivares y

localidades, inoculados en los cultivares de caña de azúcar diferenciales de razas (Summers, Brandes y Rands, 1948): Co281, CP29-291, CP31-294 y CP31-588 indicaron síntomas típicos de la raza B.

Los estudios de trasmisión por vía natural ratificaron que el virus se disemina por el material de siembra y por *Aphis maidis* (Fitch.). No se obtuvo trasmisión por el áfido amarillo *Sipha flava* (Forbes). En condiciones de campo la infección depende de la época de siembra, cercanía a la fuente de infección, enyerbamiento de la plantación, fertilización nitrogenada, edad de la plantación y grado de susceptibilidad del cultivar. Se determinó que las plantaciones sembradas en primavera se infectan en mayor grado que las de frío y la fertilización nitrogenada complementaria contribuye a una mayor infección. Estos resultados se tomaron en consideración para la elaboración y perfeccionamiento del sistema de evaluación de la resistencia en condiciones de foco de infección.

En posturas y en plantas se compararon tres métodos de inoculación artificial del VMCA: inyección del inoculo con jeringuilla, frotación de las hojas y aspersión de las hojas con pistola a presión, resultando este último método el de mejores resultados. La utilización de la tierra de infusorios en calidad de abrasivo así como la colocación en luz difusa de las plantas dos días antes de la inoculación aumentó considerablemente el porcentaje de infección.

La primera metodología de evaluación de resistencia al VMCA queda establecida de la siguiente forma: uso de progenitores donadores de resistencia en el programa de cruzamientos; inoculación de las posturas con pistola a presión y eliminación del material con síntomas antes del trasplante a campo; evaluación preliminar de clones con perspectivas (élites) mediante inoculación artificial, los clones no infectados pasan a otras evaluaciones agronómicas mientras que el material infectado debe ser evaluado en foco de infección durante un año y los resistentes pasan a las subsiguientes evaluaciones agronómicas. Finalmente todo el material resistente debe ser evaluado en foco de infección durante dos años. En este sistema de evaluación la eliminación mayor por susceptibilidad al mosaico se realiza en las primeras etapas de selección.

Otros estudios realizados refieren la purificación del VMCA mediante clarificación del homogenado de muestras de hojas con cloroformo con posterior ultracentrifugación y precipitación con polietilenglicol. La fracción viral purificada se empleó como antígeno para la obtención de un anticuerpo policlonal en conejos que reaccionó positivamente por aglutinación con las muestras de plantas infectadas. En la reacción de Ouchterlone el suero no produjo franjas de precipitación debido al gran tamaño de las partículas del VMCA que dificulta su difusión en gel. La obtención de anticuerpos específicos contra el VMCA posibilitó el establecimiento de técnicas de detección serológicas como los ELISA de doble anticuerpo y la imnunomicroscopía electrónica, ambos ensayos con ventajas sobre la observación y descripción de síntomas en cuanto a especificidad, rapidez y confiabilidad de los resultados. El uso de anticuerpos policlonales también permitió la detección de otras partículas baciliformes asociadas a las partículas virales típicas de VMCA, lo que constituyó el informe para Cuba del virus baciliforme de la caña de azúcar (Rodríguez y col., 1986).

La evaluación fisiopatológica de cultivares de caña de azúcar con diferentes aislados del VMCA mostró que los genotipos susceptibles y medianamente susceptibles al virus son capaces de experimentar estimulaciones de las enzimas nitrato reductasas y ribonucleasas en etapas tempranas de postinoculación, mientras que las enzimas fenilalanina amonioliasa, peroxidasas y polifenoloxidasas aumentan su actividad en etapas avanzadas de la infección como parte de los mecanismos de defensa de la planta. El análisis de la ultraestructura celular permitió observar partículas virales en las plantas infectadas, así como alteraciones de los cloroplastos, mitocondrias y núcleos e inclusiones citoplasmáticas. Las variables fisiopatológicas que permitieron diferenciar las plantas infectadas fueron: porcentaje de infección, altura, concentración viral y actividad nitrato reductasa. Se observaron disminuciones en la actividad fotosintética, contenido de pigmentos y actividad respiratoria en cultivares susceptibles y moderadamente susceptibles enfermos. En formas originales se detectó una relación entre la concentración de fenoles y el nivel de resistencia de las variedades, así como alteraciones en estos compuestos una vez que aparecen síntomas del virus lo que sugiere la posible participación de estos en los mecanismos de respuesta de la planta ante la infección viral (Piñón, 1993).

Los conocimientos adquiridos sobre el virus y su interacción con caña de azúcar, así como la erradicación del virus de las plantaciones comerciales permitieron el perfeccionamiento de la metodología de evaluación. De manera que se mantiene el uso de progenitores donadores de resistencia en el programa de cruzamientos; y

posterior inoculación de las posturas; y se incorpora la inoculación artificial en vivero del material en etapas finales del esquema de selección y el empleo de genotipos controles B42231 (resistente), 39MQ382 (moderadamente resistente), C97-59 (moderadamente resistente) y C236-51 (susceptible) para facilitar la clasificación del material evaluado (INICA, 2011).

Ensayos recientes mostraron cambios en el comportamiento de diferentes cultivares incluidos los genotipos controles en los centros de prueba de resistencia al virus. Esto motivó el establecimiento de un ensayo multiambiental que mostró que las fuentes de inóculo presentan poca variación entre ellas mientras que los genotipos manifiestan un comportamiento diferencial frente al virus en los diferentes ambientes. Este resultado sugiere que las diferencias detectadas se deben más a las condiciones ambientales que a las fuentes de inóculo empleadas en cada centro de prueba (Puchades y col., 2014).

La obtención de la secuencia nucleotídica de la proteína de la cápside de los aislados de cada centro de prueba mostró un 99% de similitud entre ellos. Las secuencias fueron depositadas en la bases de datos pública GenBank (KM096755, KM096756 y KM096757). Estas secuencias fueron agrupadas junto a otras secuencias del VMCA aisladas a partir de caña de azúcar de distribución mundial (Puchades y col., 2015).

A pesar de la alta semejanza entre los aislados en ensayos de severidad conducidos en condiciones controladas la fuente de inóculo de la localidad de Jovellanos mostró un porcentaje de infección superior en el cultivar susceptible CP31-294. Así mismo el cultivar susceptible inoculado con las fuentes de inóculo de cada centro de prueba manifestó una reducción del diámetro, la longitud, clorofila b y carotenoides. Otros resultados muestran que la infección con VMCA provoca una disminución en las variables de rendimiento agroindustrial ton caña/ha y porcentaje de pol.

CONCLUSIONES

Los estudios realizados por el INICA han contribuido a la erradicación del VMCA en las plantaciones comerciales y al perfeccionamiento del sistema evaluativo de la enfermedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chinea, A.; Eida Rodríguez. (1994). Enfermedades de la Caña de Azúcar. Publicaciones IMAGO, 100pp.

Summers, EM., Brandes, EW., Rands, RD. (1948). Mosaic of sugarcane in the United States, with special references to strains of the virus. Technical Bulletin, N. 955, p1-24.

Rodríguez E. 1979. Fundamentación para las medidas de lucha contra el mosaico de la caña de azúcar en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Protección de Plantas, Leningrado, Rusia.

Rodríguez, E., Rodríguez, D., Fernández, E., Acevedo, R., López, D. (1986). Bacilliform particles in plants affected by the sugarcane mosaic virus. Proceedings of XVIII ISSCT Congress, Jakarta, Indomesia, 6pp.

Piñón D. 1993. Fisiopatología de la interacción caña de azúcar – virus del mosaico. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

INICA. Manual de Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento. Boletín Especial Cuba&Caña, 2011, 200pp

Puchades, Y.; La O, M.; Zardón, M,; Carvajal, O.; Montalván, J.; Rodríguez, J.; Mesa, JM.; Rodríguez, E. (2014) Caracterización de los ambientes de evaluación del virus del mosaico de la caña de azúcar. Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA), La Habana, Cuba.

Puchades, Y., María La O, Montalván, J., Carvajal, O., Yamila Martínez, María A. Zardón, Mesa, JM., Sofia Lissbrant, Arencibia, AD. (2015). Genetic and Symptomatic Characterization of Sugarcane mosaic virus (SCMV) in Cuba. Sugartech, published online: http://dx.doi.org/10.1007/s12355-015-0375-00972-1525.

CALIDAD

CONSULTORIAS EN SISTEMAS DE GESTION DE CALIDAD: EXPERIENCIAS Y RESULTADOS
CONSULTING IN QUALITY MANAGEMENT SYSTEM: EXPERIENCES AND RESULTS

Aracelia Hernández, Eduardo Casanova, Gloria Villamil y Col.
ICIDCA, aracelia.hernandez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Se define como consultoría la transmisión del conocimiento y la experiencia de un hombre o de un equipo de expertos hacia otros con el objetivo de alcanzar más fácilmente una meta humana. Esencialmente, es la búsqueda constante de conocimiento preparado para el beneficio de otros. Las mismas se remontan a los orígenes de las relaciones humanas pero no fue hasta el siglo XX que el consultor llegó a ganar los patrones de actividad que actualmente se encuentran bien definidos y caracterizados.

En los años 40 y 50 en los Estados Unidos y Europa Occidental hubo importantes avances en la sistematización del trabajo de consultoría con contenidos técnicos y científicos, unido a la experiencia y bases teóricas, pero siempre con un enfoque en soluciones prácticas.

Las consultorías de calidad específicamente van dirigidas a toda organización que quiera implantar y/o mejorar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) basado generalmente en las normas ISO 9000 (1, 2,3) y llevadas a cabo por un equipo de consultores de calidad, profesionales con experiencia probada

El objetivo del presente trabajo ha sido dar a conocer la metodología y algunos de los resultados alcanzados en las consultorías de SGC llevadas a cabo por un colectivo de consultores del ICIDCA.

Palabras claves: Calidad, Gestión, consultorías, ISO 9001

ABSTRACT

Consulting is the transmission of the knowledge and the experience of a man or of a team of experts toward others with the objective of achieving a human goal more easily. It is the constant search of prepared knowledge for the benefit of others providing expert advice or services in a particular field.

In the middle of the XX century in the United States and Western Europe had important advances in the systematizing of the consulting services with technical and scientific contents, experience and theoretical bases, always with a focus in practical solutions. Up to date is a common practice for the implant and improvement different management systems.

One of the main objectives of the consulting services in quality is to implant and/or to improve a Quality Management System (QMS) generally based on the standards ISO 9000 carried out by a team of consultants with proven experience.

The present paper deals with the methodology and some of the results achieved in consulting's services carried out by a community of consultants of ICIDCA.

Key words: Quality Management System, Consulting, ISO 9001

INTRODUCCIÓN

La implementación se SGC se ha convertido en nuestros días en un requisito imprescindible para competir en las organizaciones tanto productoras de bienes como de servicios de todo el mundo; pues sus implicaciones en los resultados, ya sea en corto como en el largo plazo, las resultan decisivas para lograr la eficacia en la obtención de sus objetivos.

En la actualidad existe unanimidad en que el atributo que contribuye de manera fundamental a determinar la posición de cualquier entidad es la opinión de los clientes sobre el producto o servicio que reciben o desean recibir (4, 5). Por tanto, si satisfacer las expectativas presentes y futuras del cliente es tan importante es necesario implantar y certificar un SGC para cumplir esta aspiración demostrando su capacidad para proporcionar regularmente productos que cumplan con lo pactado.

Una de las certificaciones de calidad más reconocidas es la desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) 9000, que corresponden a una familia de estándares y guías para sistemas de gestión de calidad. La ISO 9001 "Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos" (2, 6) tiene un carácter general y multisectorial, no excluye industrias o sectores económicos específicos ya sea en empresas que se dedican tanto a la producción de bienes como a la prestación de servicios.

Para brindar de forma efectiva (con eficacia y eficiencia) servicios de consultoría para implementar SGC hay que tener en cuenta que existen muchos rubros o sectores, diferentes empresas productoras de bienes y de servicios, y por lo tanto muchos tipos de clientes de los que hay que lograr la plena satisfacción de sus necesidades. Para ello los consultores deben tener en cuenta fundamentos básicos que pueden considerarse aplicables en cualquier situación: la fiabilidad, la confianza, la capacidad de respuesta, la empatía y la imagen trasmitida por los consultores y su empresa a sus clientes, aspectos claves para poder gestionar la calidad de los servicios de consultoría (7).

En este sentido el ICIDCA viene prestando servicios de consultoría para la implantación de diferentes sistemas de gestión, entre ellos los SGC, ya que cuenta con un colectivo de consultores competentes formados en la implementación de sus propios sistemas de gestión de calidad y como auditores líderes. Esta formación les permite prestar los servicios de consultoría según lo pactado, atendiendo rápida y eficazmente a los clientes, manteniendo la disponibilidad para atender sus consultas, con los conocimientos necesarios para dar respuestas adecuadas y orientadas a las necesidades de los clientes.

El presente trabajo trata algunos aspectos claves de las consultorías de SGC llevadas a cabo por un grupo de consultores del ICIDCA en diferentes empresas del sector con resultados satisfactorios en su gestión.

DESARROLLO

Cuando una organización solicita los servicios de consultoría para la implementación de SGC por lo general han tenido en cuenta los elementos necesarios para un proceso de cambio, que son (7):

- DETERMINACIÓN: Es el reconocimiento de la necesidad del cambio. Para ello se debe fundamentar la necesidad del cambio con el liderazgo y el compromiso permanente de la dirección para comunicar y convencer a todos los implicados en la organización. Para lograr el cambio no basta con intentarlo hay que estar determinado y dedicado a ello.
- EDUCACIÓN: Capacitación necesaria de la nueva cultura para que todos adquieran un lenguaje común y se logre mantener la motivación y la comprensión de la posición individual y colectiva en el cambio con el desarrollo de nuevas habilidades y aptitudes. Capacitar es un arte que requiere esfuerzos, dedicación y recursos.
- IMPLANTACIÓN: Es la dirección del cambio, la puesta en marcha del proceso de cambio con el convencimiento y motivación a la acción con el uso de la información a todos los niveles (hacia adentro y hacia afuera).

Consultorías en SGC llevadas a cabo por el ICIDCA

La ISO 9001 establece los requisitos mínimos que debe tener un SGC para realizar una buena gestión empresarial enfocada al cliente y a la mejora continua de su desempeño (3), pero no dice cómo hacerlo. Es en este punto en dónde los consultores del ICIDCA ofrecen su apoyo para ayudar a las organizaciones que solicitan sus servicios, adaptando la norma al servicio o producto que ofrece cada empresa mediante una metodología sencilla y ágil, adaptada a cada cliente como un traje a su medida (7, 8).

Esta metodología parte del principio de la participación de los miembros de la organización y del reconocimiento de que todas las empresas, ya sean grandes o pequeñas, tienen una forma o sistema establecido de hacer los negocios y se toman en cuenta los documentos que ya existen.

El proceder para el desarrollo de las consultorías consta de varias etapas, que pueden solaparse entre sí, las que se muestran a continuación (9):

Etapa 1. Diagnóstico de la calidad.

Consiste en un análisis, recogido en forma documental, del estado de la situación actual y de la dinámica de desarrollo de la Organización, reflejando los problemas, insuficiencias, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para su desempeño integral con un enfoque de Calidad Total en su gestión. Objetivos: Determinar, mediante la aplicación de técnicas de Auditoría de la Calidad y Diagnóstico Organizacional (10), el cumplimiento de los requisitos de la NC ISO 9001 vigente, así como de otros requisitos regulatorios aplicables. Identificar los principales procesos que originan la cadena de valor de la misma y elaborar un mapa preliminar de ellos. Realizar la Auditoría Documental de Suficiencia para evaluar el estado, eficacia y eficiencia de la documentación existente

Etapa 2: Asesoría en el diseño del SGC.

Objetivos: Asesorar a la Organización en la estructuración y definición del alcance del SGC**,** la definición de la Política y los Objetivos de la Calidad**,** la definición de la Autoridad a otorgar y las responsabilidades a delegar, así como las líneas de subordinación, información y comunicación**,** la identificación de los procesos que actúan en su desempeño, así como su misión, alcance, diagramas de flujo, interacciones, elaboración de fichas, precisión de riesgos y medición de su eficacia así como la elaboración del Mapa de Procesos y en el diseño del sistema documental que regirá su SGC.

Etapa 3. Formación del equipo de trabajo como gestores de la calidad

Objetivos: Capacitar al equipo interno de trabajo del Cliente, como Gestores de la Calidad, lo que les permitirá adquirir el entrenamiento mínimo necesario para la implantación y administración posterior del SGC.

Etapa 4: Asesoría en la elaboración de la documentación del SGC

Objetivo: Asesorar a la Organización en la elaboración de la documentación del SGC. Para ello se tendrán en cuenta todos los documentos internos de la empresa ya existentes así como la documentación externa. La documentación necesaria y suficiente que requiere el sistema según la ISO 900 y exigen los documentos regulatorios. .

Etapa 5. Asesoría en la implantación y monitoreo del SGC

Objetivos: Asesorar a la Organización en la implementación, puesta en marcha y administración del Sistema de Gestión de la Calidad diseñado y documentado**.** Todo documento terminado debe quedar implantado con el llenado correcto de sus registros como evidencia de las actividades que se han realizado.

Etapa 6. Formación de auditores internos de calidad.

Objetivos: Preparar al personal para la realización de auditorías internas de la calidad en un curso de 40 h para estudio de técnicas de Auditorías de la Calidad, ejercicios prácticos y examen final con la emisión de un certificado.

Etapa 7. Asesoría en la ejecución de auditorías internas.

Objetivo: Realizar una auditoría interna por los auditores internos del “Cliente”, tutorada por auditores experimentados con el propósito de adiestrarlos en las técnicas de auditoría donde se puede conocer el estado de la implantación y la efectividad alcanzada por el SGC, identificando las no conformidades con los requisitos de la norma y las oportunidades de mejora.

Etapa 8: actividades de seguimiento

Objetivo: Asesorar a la Empresa en la preparación y acompañamiento en el proceso de certificación, garantizando que se cumplan las acciones correctivas y de mejora y completar correctamente las evidencias necesarias.

CONCLUSIONES

- Los servicios de consultoría para la implementación de SGC deben llevarse a cabo de forma simple, clara y eficaz con un enfoque en soluciones prácticas que mejore el desempeño y la imagen de sus clientes así como que faciliten y simplifiquen su proceso de certificación.
- Las consultorías para la implantación de SGC llevadas a cabo por consultores del ICIDCA han ayudado a diferentes empresas al logro se la certificación de sus SGC, partiendo del liderazgo y la participación activa de sus integrantes.

- La capacitación brindada por investigadores y consultores del ICIDCA en diferentes temáticas relacionadas con conocimientos específicos de tecnologías y de sistemas de gestión (los principios de la gestión de la calidad, la gestión por procesos, de auditoras y de documentación de SGC, entre otros), han permitido la formación de un numeroso grupo de especialistas en el sector volcados a la tarea de la implantación de SGC y a la multiplicación del conocimiento en sus empresas.

BIBLIOGRAFIA

1. NC ISO 9000:2005 "Sistemas de Gestión de la Calidad — Fundamentos y vocabulario".
2. NC ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad — Requisitos".
3. NC ISO 9004:2009 "Gestión para el éxito sostenido de una organización — Enfoque de Gestión de la Calidad".
4. González, H., "Gestión de la Calidad de los Servicios", 8 abril, 2014. www.calidad-gestion.com.ar.
5. Gómez M, M. "El Impacto de las Certificaciones de Calidad en las Exportaciones de Servicios TI de Chile". Estudio de Caso para optar al Título de Magíster en Estrategia Internacional y Política Comercial. Universidad de Chile, Instituto de Estudios Internacionales, julio 2013.
6. ISOTools Excellence, "Popularidad internacional de la ISO 9001", 16 Dic. 2013. http://www.isotools.org.
7. IVE Consultores. Consultoría ISO 9001 de la calidad. © 2015, (http://www.iveconsultores.com).
8. González, H., Boletín Calidad & Gestión, www.calidad-gestion.com.ar
9. Procedimiento para la realización de consultorías para Sistemas de Gestión. Dirección de Calidad ICIDCA, 2012.
10. NC ISO 19011:2012 "Directrices para la auditoría de los Sistemas de Gestión".

EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO ALCANCE EN EL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DEL ICIDCA

EXPERIENCES IN THE IMPLEMENTATION OF A NEW SCOPE ON INTEGRATED MANAGEMENT ICIDCA

Grisel M Ortega Arias-Carbajal, Maricela Vega, Tania García, Aracelia Hernández, Gloria Villamil, Marlyn Pérez, Marta González.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). E-mail: grisel.ortega@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En este trabajo se presentan las experiencias del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), en la implementación de un nuevo alcance en el sistema integrado de gestión calidad-inocuidad (NC-ISO 9001:08 – NC-ISO 22000:05), el cual se encuentra certificado con alcance para la producción de ron “Vigía”. El nuevo alcance establecido incluye la producción del estimulante FITOMAS conjuntamente con la producción de dicho ron. Fueron definidos la política, los objetivos de la calidad, las responsabilidades y se elaboraron e implantaron los documentos del sistema de gestión en correspondencia con el nuevo alcance; evidenciándose la mejora continua, todo lo cual conllevará a lograr la satisfacción plena de los clientes y la competitividad.
Palabras clave: sistema de gestión, calidad, implementación**.**

ABSTRACT

In this paper the experiences of the Cuban Research Institute of the Sugar Cane By- products (ICIDCA) on the implementation of a new scope for the integrated quality-food safe management system NC-ISO 9001: 08 – NC- ISO 22000: 05 certified for the production of "Vigía"rum trade mark, are presented. The new scope introduces FITOMAS production together with the above mentioned rum production. The policy, quality objectives and responsibilities were defined and the documents were elaborated and implemented according with the new scope of the management system; demonstrating continuous improvement, all of which will lead to achieving full customer satisfaction and competitiveness.
Key words: management system, quality, implementation

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la calidad se ha convertido en una meta de todas las organizaciones, su gestión ha pasado a ser centro de interés de empresarios que han comprendido que la satisfacción y superación de las necesidades del cliente es imprescindible para permanecer en el mercado, por lo que implementar un sistema de gestión de la calidad como herramienta esencial en una organización, es una alternativa segura para lograr que su funcionamiento sea eficiente y de excelentes resultados (1).

El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) subordinado al Grupo Empresarial AZCUBA, contempla en su misión, entre otros aspectos, producir y comercializar productos de alto valor agregado en el campo de la agroindustria azucarera; cuenta con un sistema integrado de gestión calidad-inocuidad (NC- ISO 9001:08– NC- ISO 22000:05), certificado por la Oficina Nacional de Normalización, con alcance a producción de ron “Vigía” y se encuentra trabajando desde el 2013 con vistas a ampliar el alcance a otras producciones. Diferentes acciones han sido previamente reportadas (2), con

vistas a ampliar el alcance a la producción del estimulante FITOMAS, de importante aplicación para el sector agrícola.

El objetivo de este trabajo es mostrar las experiencias en la implementación de un nuevo alcance en el sistema integrado de gestión calidad-inocuidad del ICIDCA, el cual abarca la producción del estimulante FITOMAS conjuntamente con la producción de Ron Vigía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo como base los requisitos que establece la norma NC-ISO 9001:08 (3) y NC- ISO 22000:05 (4), los procesos del ICIDCA y las acciones reportadas (2); el trabajo se realizó utilizando la técnica de tormenta de ideas, métodos de análisis, síntesis, deducción y la metodología Planear –Hacer-Verificar-Actuar; en varias etapas, las cuales se mencionan a continuación:

- Creación de un grupo gestor de la calidad.
- Revisión de la documentación del sistema integrado de gestión con alcance a la producción de ron Vigía.
- Definición, análisis y aprobación del nuevo alcance del sistema de gestión.
- Redefinición de la política de calidad-inocuidad.
- Redefinición de los objetivos de calidad.
- Preparación y ejecución del ciclo de formación.
- Definición de la estructura documental respecto al nuevo alcance del sistema de gestión.
- Elaboración de la documentación respecto al nuevo alcance del sistema de gestión.
- Implantación de la documentación del sistema con el nuevo alcance.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de alcanzar una mejora eficaz; el grupo gestor de la calidad, analizó la estrategia reportada con vistas a ampliar el alcance del sistema de gestión (2) y luego de la revisión de la documentación del sistema integrado de gestión del ICIDCA con alcance a producción de ron “Vigía”; procedió a definir el nuevo alcance, a redefinir la política de calidad-inocuidad, partiendo de la misión y visión del instituto.
En el Consejo de Calidad y luego en el Consejo de Dirección, se presentó y aprobó la ampliación del alcance del sistema de gestión, estableciéndose en este nuevo alcance la producción del estimulante FITOMAS conjuntamente con la producción de ron “Vigía”. También se aprobó la política de calidad-inocuidad, la cual se describe a continuación:

“Cumplir con las investigaciones, producciones y servicios que garantizan la sostenibilidad del instituto, asegurando satisfacer la conformidad con los requisitos del cliente, a través de una comunicación efectiva a todos los niveles. Se emite bajo la autoridad de la alta dirección y se trabaja bajo requisitos legales que garanticen la calidad en todos los productos, así como la inocuidad del ron Vigía. Se aplica con seguridad y eficacia a lo largo del proceso productivo, optimizando los recursos por medio de la mejora continua y cumpliendo lo establecido en la NC-ISO 9001: 2008 y NC-ISO 22000: 2005”.

Esta política está establecida a nivel de instituto, se comunica a todos los miembros y se revisa periódicamente con el objetivo de que siga siendo pertinente y apropiada para la organización.
En el ICIDCA se establecieron los objetivos de calidad-inocuidad del año y el cumplimiento de éstos se chequea semestralmente en el Consejo de Calidad y en el Consejo de Dirección.
La política y los objetivos de la calidad se establecen para proporcionar un punto de referencia para dirigir una organización. Los objetivos tienen que ser consistentes con la política de la calidad y el compromiso de mejora continua y deben ser medibles, según establece NC-ISO 9001:08 (3).

Las responsabilidades para el sistema integrado de gestión están definidas de la forma siguiente:

- **Director General**: jefe del sistema de gestión del ICIDCA. En caso de su ausencia, el Director adjunto también podrá cumplir con esta responsabilidad.
- **Representante de calidad de la dirección**: responsable de gestionar la calidad, de asegurarse que se establecen, implementan y mantienen los procesos del sistema de gestión, de la elaboración de los procedimientos documentados, de informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema, la necesidad de la mejora. Revisa, controla el sistema, gestiona la realización de auditorías internas y coordina la realización de reuniones del Consejo de Calidad.
- **Grupo gestor**: responsable de la orientación metodológica a los involucrados del sistema, elaborar y revisar los documentos asignados.
- **Jefe de proceso**: máximo responsable de la ejecución de las actividades del proceso en cuestión**,** de aprobar los documentos específicos del proceso, realizar la evaluación de la eficacia del proceso y confeccionar un informe de los resultados de dicha evaluación.
- **Representante de calidad del área:** encargado de participar en la implementación del sistema de gestión y la mejora de la eficacia en su área. Actualizar, custodiar y conservar los documentos respectivos y aportar al jefe de proceso la información necesaria para evaluar la eficacia del proceso.
- **Líder del equipo de la inocuidad de los alimentos**: responsable de evaluar los recursos necesarios para la implementación, la revisión y actualización del sistema respecto a la inocuidad e informar al representante de calidad sobre la eficacia y adecuación del mismo.
- **Consejo de Calidad**: integrado, por el Director General como Presidente, un Especialista en Calidad como Vicepresidente, el Director Adjunto, el representante de la calidad como coordinador y los representantes de las áreas como miembros. Asesora metodológicamente al Consejo de Dirección y realiza reuniones mensuales.

El ciclo de formación del personal involucrado en el sistema se llevó a cabo a través de la realización de los siguientes cursos:

- Sistemas de gestión de la calidad según NC-ISO 9001:08.
- Formación de auditores y gestores de la calidad.

La alta dirección aprobó elaborar la documentación correspondiente a los procesos que se incluyen en el nuevo alcance. Por lo que se confeccionó la documentación para los procesos estratégicos: Planificación estratégica; Medición análisis y mejora; para los procesos clave: Producción de ron Vigía y Producción de FITOMAS y para los procesos de apoyo: Gestión de Recursos Humanos, Gestión Comercial y Negocios, Gestión del Conocimiento, Gestión Administrativa y Gestión Económica, Financiera y Contable. Posteriormente se irá incrementando el alcance a todos los procesos clave, de cara a clientes externos.
La documentación contribuye a lograr la conformidad con los requisitos del cliente, a la trazabilidad del sistema, a la mejora de la calidad y a evaluar la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Los documentos que conforman el sistema han sido elaborados de acuerdo a lo establecido en el procedimiento MAM-C/P-01. La estructura de la documentación del sistema quedó establecida como se describe:

- Manual de calidad- inocuidad. Se adecuó al nuevo alcance del sistema de gestión.
- Política y objetivos de calidad-inocuidad.
- Procedimientos obligatorios según la norma NC- ISO 9001: 08:
  MAM-C/P-01: Procedimiento Requisitos de la documentación, control de documentos y registros
  MAM-C/P 02: Procedimiento de auditoría.
  MAM-C/P-03: Procedimiento de No conformidades, acciones correctivas y preventivas.
  MAM-C/P-04: Procedimiento de producto No conforme.
- Otros procedimientos reglamentarios:
  MAM-C/P-05: Procedimiento Aseguramiento metrológico.

MAM-C/P-06: Revisión por Dirección

- Fichas de proceso.
- Procedimientos y registros específicos en cada proceso
- Procedimientos y registros específicos de inocuidad alimentaria según NC- 22 000:05.
- Instrucciones específicas en cada proceso.
- Registros obligatorios según la norma NC-ISO 9001: 08, generales.
- Reglamentos ICIDCA, del Grupo AZCUBA, CITMA, regulaciones, leyes y resoluciones.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de documentos elaborados e implantados en correspondencia con el nuevo alcance del sistema de gestión.

Tabla 1: Cantidad de documentos elaborados e implantados.

Documentos	Cantidad
Fichas de proceso	9
Procedimientos obligatorios y reglamentarios, (generales)	6
Procedimientos específicos de procesos	117
Instrucciones	5
Registros	299

Se elaboraron todos los documentos requeridos. La mayor cantidad de documentos corresponde a procedimientos específicos de procesos y registros. La elaboración e implantación de la documentación, contó con la participación activa de los jefes de proceso.

CONCLUSIONES

El nuevo alcance que se estableció en el sistema de gestión calidad-inocuidad incluyó la producción del estimulante FITOMAS además de la del ron “Vigía”. Fueron definidos la política, los objetivos de la calidad, las responsabilidades y se elaboraron e implantaron los documentos del sistema de gestión en correspondencia con el nuevo alcance; evidenciándose la mejora continua, todo lo cual conllevará a lograr la satisfacción plena de los clientes y la competitividad.

REFERENCIAS

1. Michelena E, Cabrera-Monteagudoii N. Una experiencia en la implementación del sistema de gestión de la calidad de una empresa de servicio. Ingeniería Industrial ISSN 1815-5936, Vol XXXII, No.1, enero-abril, pág 60-68. (2011)
2. Ortega Arias, G., Hernández A; Villamil G, Fernández F, Casanova E., Blanco I., Vega M, Vasallo M. C. Cuba. Estrategia para ampliar el alcance del sistema integrado de gestión del ICIDCA. Memorias Congreso Internacional Diversificación 2013. Editorial ICIDCA, Octubre 2013, pág. 1490- 1501. ISBN 978-959-7165-39-2. (Consulta Mayo 2015)
3. NC - ISO 9001:08. Norma Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. (2008).
4. NC- ISO 22000:05. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización de la cadena alimentaria. (2005).

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA UEB BIOPROCESOS CUBA 10, EN RELACIÓN A LA CALIDAD

DIAGNOSIS OF ACTUAL SITUATION IN UEB BIOPROCESSES CUBA 10 IN RELACION TO THE QUALITY

Marlyn Pérez Rodríguez, Ana Nelis San Juan Rodríguez, José Andrés Rodríguez Pérez.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
Vía Blanca 804 y Carretera Central. La Habana 11000. Cuba
invesc10@enet.cu

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de realizar un diagnóstico del sistema de gestión de la calidad (SGC), basado en la norma NC ISO 9001:2008, que permita identificar sus principales problemas, teniendo como nuevo alcance la producción de bioproductos. Estas producciones aun son escasas, debido a dificultades con la consistencia de las tecnologías y la calidad de los productos, considerándose importante promover la implementación de un SGC adecuado a los requerimientos exigidos para las producciones biotecnológicas. Entre los resultados se obtuvo una caracterización de la UEB y las barreras que frenan la implementación del SGC, entre las que se encuentran: no se trabaja sobre la base de un enfoque a procesos, deficiencias en la gestión de los recursos materiales y tecnología, funciones no establecidas en la estructura organizacional y poca formación del personal, en temas de calidad. Quedaron definidos los procesos y sus interrelaciones, elaborándose el mapa de proceso y se estableció la estructura organizativa para gestionar la calidad.
Palabras claves: calidad, diagnóstico, bioproducto, SGC.

ABSTRACT

The present work was performed with the target to diagnosis of Quality Management System (QMS), based on the Cuban Standards NC ISO 9001:2008, that allows to identify the principal problems, taking into account the production of bioproducts. These large-scale productions are scarce even today, owed, fundamentally, to problems with the consistency of the technologies and the quality of the products, being considered important to promote the implementation of a QMS adapted to the requests demanded for the biotechnological productions. Among the principal results, it was obtained a characterization of the UEB and the barriers that break the implementation of the QMS. So can be mentioned: the absence of an approach to processes, deficient management of the material resources, technological shortcomings, and functions not established in the organizational structure, as well as little formation of the personnel in quality topics. The processes and its interrelations remained definite, the process map being prepared; the organizational structure was established to manage the quality.
Keywords: quality, diagnosis, bioproducts, QMS.

INTRODUCCION

Como parte de los Lineamientos de la Política Económica y Social del país se promueve: *la necesidad de impulsar una agricultura sostenible en armonía con el medioambiente … potenciando la producción y el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes y biopesticidas* (lineamiento 187); a partir de ello el Grupo Empresarial AZCUBA, tiene entre sus principales objetivos estratégicos potenciar el uso de los bioproductos en la agricultura cañera. En el marco de este escenario se encuentra la Unidad Empresarial de Base Bioprocesos

CUBA 10 (UEB Bioprocesos Cuba 10), perteneciente al Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), la cual introduce en su misión la producción, a gran escala, de bioproductos para uso agrícola, originada por la remodelación de la planta de producciones biotecnológicas.

Esta planta tiene como principal propósito, lograr posicionarse como una empresa exitosa en el sector industrial, sin embargo, estas producciones han sido limitadas, debido fundamentalmente a problemas con la consistencia de las tecnologías productivas y de productos que no cumplen con la calidad requerida; según experiencias de otras industrias, estos pueden ser solucionados con la implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad y el establecimiento de Buenas Prácticas de Fabricación.

Teniendo en cuenta estos aspectos se considera importante la realización de un diagnóstico organizacional, siendo esta etapa considerada por muchos autores como el punto de partida para lograr un adecuado diseño e implementación de un sistema de gestión de calidad como se evidencia en los trabajo realizados por González A. 2008, González A. 20010, Michelena E. 2011, Isaac C. 2004 y Martínez C., Moreira J. L., 2011.

Para lograr el cambio o la mejora continua, es necesario evaluar la situación de la empresa y a partir de este diagnóstico, planear el cambio. La organización está en constante movimiento, aprendizaje y acumulación de conocimientos para mejorar todos los aspectos relacionados con los procesos de producción de bienes y servicios, eventos que requieren de tiempo y cultura de adaptabilidad al proceso de cambio. [Pérez, O. 2011]

Con la aplicación del diagnóstico en la UEB Bioprocesos Cuba 10, se identificaron los obstáculos que actualmente existen en la entidad, fundamentalmente para lograr de forma eficaz las producciones de bioproductos y la influencia de la gestión de los procesos que intervienen. El presente trabajo centra su análisis en los resultados obtenidos durante la investigación realizada para el desarrollo de las etapas 3 y 4 del modelo de diagnóstico aplicado.

MATERIALES Y METODOS

Para conocer la situación de partida en la que se encuentra la UEB Bioprocesos Cuba-10 en materia de Calidad se aplicó un modelo de diagnóstico, el cual tuvo su base en el estudio de los modelos CYMA [Cuéllar M. 2009] y CASCI [González A. 2008], a partir de los cuales se realizó una adaptación a las características de la organización que se estudia. El modelo está formado por 5 etapas, contempla en su metodología la aplicación de los 8 principios de la gestión de la calidad recogidos en la norma NC ISO 9000:2000. Las etapas desarrolladas para el diagnóstico se describen a continuación:

Etapa 1. Preparación del diagnóstico. *Objetivo:* Seleccionar el grupo gestor encargado de ejecutar el diagnóstico y su representante, definir las funciones del grupo y las herramientas a utilizar.

Etapa 2. Caracterización Global de la empresa. *Objetivo:* Conocer las principales características de la organización dentro de la cual se localiza el área de estudio; sus metas y objetivos, así como la correspondencia de estos con la entidad donde se realiza el diagnóstico.

Etapa 3. Caracterización del objeto de estudio (UEB Bioprocesos Cuba 10). *Objetivo:* Conocer las principales características de la UEB Bioprocesos Cuba 10 y determinar la perspectiva de la entidad en lo referente a la satisfacción de las necesidades de las partes externas e internas interesadas; identificar las brechas respecto a la calidad y algunos aspecto de su gestión empresarial.

Etapa 4. Resultados del diagnóstico. *Objetivo:* Determinar las barreras que tienen una influencia significativa en la gestión de la calidad de la entidad y que pueden afectar o impulsar el Sistema de Gestión de la Calidad implementado.

Etapa 5. Análisis de las barreras de cambio. *Objetivo:* Proponer las medidas y acciones para la minimización de las barreras con impactos negativos en la entidad, teniendo en cuenta la mejor alternativa a desarrollar para ejecutar el plan de acciones.

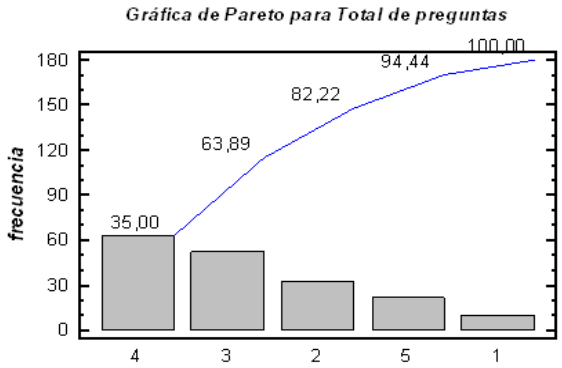
El objetivo de la aplicación de este modelo de diagnóstico fue *conocer el punto de partida de la organización con respecto a su entorno e internamente, para gestionar la calidad.*

Principales herramientas utilizadas en la aplicación del diagnóstico: Tormenta de ideas, análisis de competencias, Software Sample.exe para la obtención del tamaño muestral. Guía para el estudio de la UEB

Bioprocesos Cuba 10, que incluye entrevistas, encuestas, observación directa y revisión de documentos. Diagrama de Pareto, gráficos simples, diagrama Causa-Efecto, Matriz DAFO y para el análisis estadístico se utilizó el software STATGRAPHICS Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los elementos externos. Para determinar el nivel de satisfacción de los clientes externos se aplicó una encuesta cuyo resultado se muestra en la siguiente gráfica:



De acuerdo a este análisis el 35% de las respuestas dadas refieren satisfacción de los clientes de forma general (barra 4), sin embargo el 52.78 % refirió un nivel de satisfacción relativamente medio a bajo (barra 3 con 28,89% medianamente satisfecho, barra 2 con 18,33% poco satisfecho y barra 1 con 5,56% de insatisfacción); solo el 12,22% de los clientes se encuentra muy satisfecho con el servicio o producto recibido, situación esta que resulta alarmante.

Al realizar el análisis de Pareto para el *problema identificado* por los clientes externos, se obtuvo como resultado que el problema que más afectó a los servicios y/o productos recibidos o adquiridos en la empresa el 60% de los encuestados señaló que no se satisface la demanda, lo cual corrobora el resultado obtenido del análisis realizado a la encuesta aplicada.

Para un estudio más profundo de los problemas detectados, se aplicaron tormentas de ideas entre trabajadores y directivos del área, y se utilizaron como herramientas básicas la observación y el diagrama Causa-Efecto, para comprobar dichos problemas y determinar los posibles factores, donde se identifican las causas principales que inciden sobre el problema detectado, que es la insatisfacción de las demandas de bioproductos, las principales causas son: Equipamiento tecnológico deficiente, Insuficiencias organizacionales, Insuficiente gestión del Capital Humano e Insuficiente gestión de logística

Análisis de los elementos internos. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la encuesta aplicada, las entrevistas realizadas, la observación y revisión de los documentos, entre otras herramientas utilizadas se comprobó que el nivel de satisfacción de los clientes internos no es aceptable, la capacitación del personal es insuficiente para los requerimientos exigidos en los procesos biotecnológicos (el 58.03% de los encuestados se considera medianamente o poco capacitado con los planes de formación). No se tiene establecida correctamente la documentación necesaria para las actividades específicas en las áreas críticas (laboratorios, planta de fermentaciones) donde se trabaja con organismos vivos según se establece en las buenas prácticas de fabricación (procedimientos de trabajo, registros, etc.). Se pudo comprobar que el personal tiene conocimiento sobre la política y los objetivos de calidad de la entidad, lo cual no ha sido suficiente pues no se ha logrado comprender los conceptos de Gestión de la Calidad, Satisfacción del Cliente, entre otros. En relación con la estructura organizacional con que cuenta la entidad, esta no permite una adecuada gestión de la calidad, solo se tiene dedicado a esta actividad un especialista que no se subordinaba directamente a la dirección de la UEB.

En la UEB Bioprocesos Cuba 10, se tienen identificados y clasificados los procesos claves, sin embargo existen indefiniciones con sus interacciones influyendo en que el trabajo muestre poca integración. Las tareas se organizan desde una perspectiva vertical, más bien funcional y no con enfoque de proceso con una perspectiva horizontal. Esta situación ha afectado los resultados de la UEB, fundamentada en la insatisfacción de las solicitudes de los clientes, quedando demandas sin respuesta, ocasionando pérdidas económicas en el 2013 e incumplimientos en los planes productivos del año 2014.

A partir del análisis realizado a cada uno de los procesos identificados y teniendo en cuenta la misión y visión de la UEB Bioprocesos Cuba 10 con la incorporación de la producción, a gran escala, de bioproductos se propuso el mapa de proceso donde se muestran las interrelaciones de estos, quedando identificados como **Procesos estratégicos**: Proyección Estratégica, Mejora continua y Gestión del Capital Humano; los **Procesos claves**: Proceso de producciones biotecnológicas, Proceso de producciones químicas, Proceso de I + D + i, Proceso de servicios científicos técnicos y los **Procesos de apoyo**, identificados son: Proceso de control económico, Proceso de gestión administrativa, Proceso de gestión de mantenimiento y Proceso de comercialización.

Resultados del diagnóstico

A partir del análisis realizado se identificaron las siguientes barreras que frenan el Sistema de Gestión de la Calidad en la UEB Bioprocesos Cuba 10:

1. No se trabaja sobre la base de un enfoque a procesos
2. Deficiente gestión de los recursos materiales.
3. Deficiencias tecnológicas.
4. Funciones no establecidas en la estructura organizacional.
5. Poca formación del personal de la entidad, fundamentalmente en temas de Calidad.

También se determinaron algunos aspectos favorables al cambio como:

1. La alta dirección está a favor del cambio que se propone la organización.
2. Interés de la alta dirección en implementar un SGC con alcance a las producciones biotecnológicas.

CONCLUSIONES

1. Se elaboró un modelo para el diagnóstico de la UEB Bioprocesos Cuba que permitió ejecutar la caracterización de la entidad objeto de estudio y el análisis de los elementos internos y externos que interfieren en la gestión de la calidad.
2. En el diagnóstico efectuado se identificaron las principales barreras que frenan el Sistema de Gestión de la Calidad en la UEB Bioprocesos Cuba 10.
3. Se definieron los procesos y sus interrelaciones, elaborándose el mapa de proceso.

REFERENCIAS

Cuellar M. E.: Diseño de un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad ISO 9001-Buenas Prácticas para la Fabricación de Ingredientes Farmacéuticos Activos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Especialidad Ingeniería Industrial. Calidad. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba. 2009

González A.: Modelo de Diagnóstico Integrado de la Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud del Trabajo y Control Interno y su Aplicación Informática. 14 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. CUJAE. 2008

González A.: Diseño y Aplicación del Modelo Integrado de Gestión CMASCI. 15 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. 2010

Isaac G. C.: Modelo de Gestión Integrada Calidad-Medio Ambiente (CYMA). Aplicado a Organizaciones Cubanas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. La Habana, Cuba. 2004

Martínez C. y Moreira J.L.: Diagnóstico integrado en tiendas turísticas. Revista Ingeniería Industrial. No. 2, p. 117-122, 2011.

Michelena E., Una experiencia en la implementación del sistema de gestión de la calidad en una empresa de servicio. Revista de Ingeniería Industrial, No. 1. CUJAE. 2011

Pérez O.: Importancia del Diagnóstico Empresarial para lograr el cambio en las organizaciones. Revista del empresario cubano. 2011

TECNOAZUCAR: LA CERTIFICACION DEL SGC EN EL CAMINO HACIA EL ÉXITO SOSTENIDO EN LA EMPRESA
TECNOAZUCAR: CERTIFIED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Ivonne González y Aracelia Hernández*
TECNOAZUCAR, ivonne.gonzalez@tecnoazucar.azcuba.cu
* ICIDCA

RESUMEN

La empresa TECNOAZUCAR certificó recientemente su Sistema de Gestión de Calidad (SGC) con alcance a la Gestión de exportación de alcoholes, rones, sorbitol y sirope rico en fructosa, y trabaja actualmente en la ampliación de este alcance atendiendo a los resultados satisfactorios obtenidos durante su implantación.
La estrategia de implantación y mejora del SGC está basada en la aplicación por su alta dirección de los principios de calidad, cuyos conceptos son la base de un sistema de gestión de la calidad eficaz, para el logro del éxito sostenido.
El objetivo del presente trabajo ha sido presentar la evolución del SGC de la empresa TECNOAZUCAR tomando como base la aplicación de los principios de calidad y la autoevaluación de su madurez según el Anexo A de la ISO 9004:2009 (1, 2,3) las que constituyen herramientas claves para planificar eficazmente las acciones de mejora en el camino hacia el logro del éxito sostenido de la organización. Estas evaluaciones proporcionan una visión global del desempeño de la organización y del grado de madurez del SGC.
Palabras claves: Calidad, Gestión, Principios, madurez, éxito sostenido

ABSTRACT
Recently TECNOAZUCAR have certified its Quality Management System (QMS) with the scope for the export services (of spirits, rums, sorbitol and fructose rich syrup) and is currently working on expanding this scope.
The strategy for implementation and improvement of the QMS is based on the application of management quality principles, whose concepts are the bases of an effective of quality management system for achieving sustained success.
The objective of this work was to present the evolution of the QMS of TECNOAZUCAR as well as the degree of maturity reached in the application of quality principles and the guide in Annex A of the NC ISO 9004:2009 as the basis for achieving sustained success of the organization.
Key words: Quality Management System, Principles, maturity, sustained success

INTRODUCCIÓN

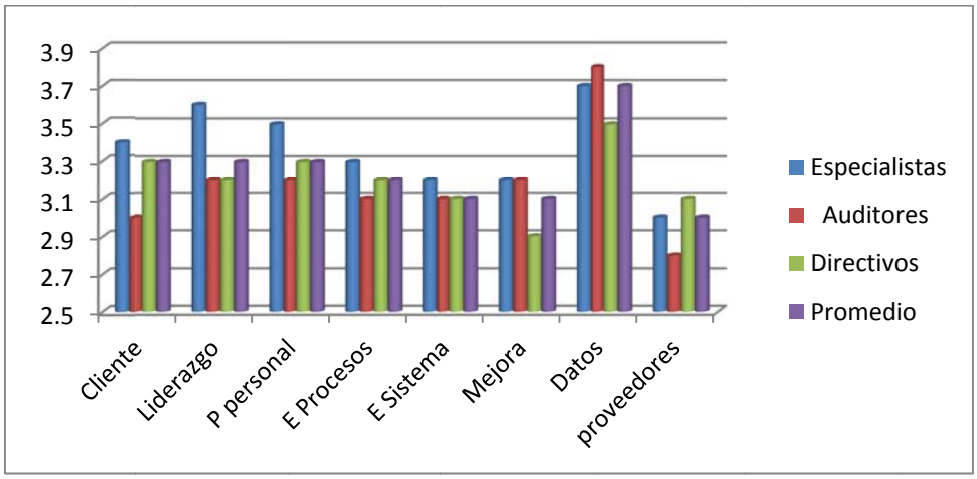
Los principios de la gestión de la calidad proporcionan a cualquier organización la capacidad de cumplir sus políticas y objetivos a corto y largo plazo cuando se evalúan de forma sistemática para el logro de la mejora continua.
En la actualidad las empresas se desarrollan en un ambiente caracterizado por la globalización de los mercados, la limitación de los recursos, los cambios vertiginosos de las tecnologías que conllevan a la necesidad de la elevación constante de las competencias de su personal y donde las tecnologías de la información intervienen de forma decisiva.
Hoy en día el impacto de la calidad se extiende, más allá de la satisfacción del cliente, también a las partes interesadas y su influencia llega a ser de un impacto directo en el prestigio de la organización.
La ISO 9004 del 2009 en su anexo A, señala que la autoevaluación del nivel de madurez de una organización es una herramienta poderosa para conocer a profundidad las fortalezas y debilidades de la

misma en términos de su desempeño. La aplicación de la autoevaluación permite a la empresa implementar acciones de mejoras e innovaciones con oportunidad para el logro de la eficacia y eficiencia.
El objeto principal de esta autoevaluación es el de ayudar a las organizaciones que emplean o están certificadas acorde a la norma ISO 9001 a obtener beneficios palpables en el largo plazo, desde un proceso básico que parte en la implementación de un sistema de gestión de la calidad, y enfocándose hacia un mayor alcance dentro de los procesos de la empresa.
El presente trabajo trata sobre la aplicación de herramientas para la evaluación del desempeño de la empresa TECNOAZUCAR tomando como base la aplicación de los principios de calidad y la autoevaluación de su madurez según la ISO 9004 en el camino hacia el logro del éxito sostenido de la organización.

DESARROLLO

Para el desarrollo del trabajo se tomaron en consideración las opiniones de un grupo de especialistas, auditores internos y directivos de la organización que evaluaron el cumplimiento de los principios de Gestión de la Calidad (4) en la empresa en forma de cuestionario, así como su nivel de madurez según la metodología propuesta en el anexo A de la NC ISO 9004 de 2009 (3).
En la figura 1 se presentan los resultados de la evaluación efectuada a los 8 principios de la calidad por la muestra de trabajadores de la empresa seleccionada.

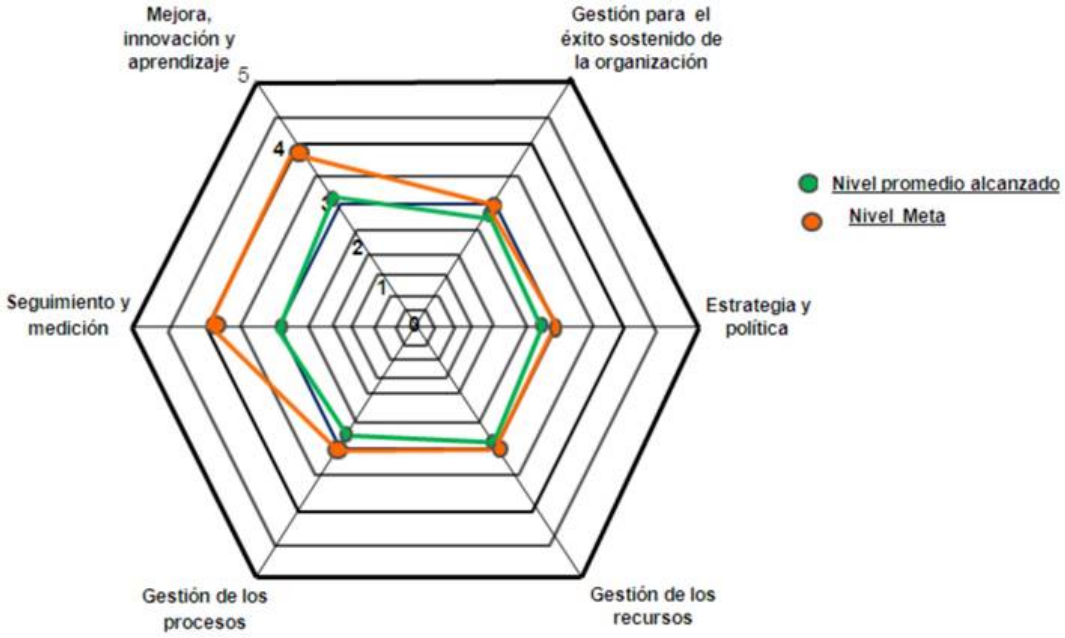
Figura 1. RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS PRINCIPIOS DE LA GESTION DE LA CALIDAD.



Los valores obtenidos en la evaluación de los principios de calidad, como se muestra en el gráfico, nos indican que la empresa se encuentra nivel de madurez satisfactorio en la aplicación de los principios de calidad en general.
Se destaca la alta evaluación el principio del "Análisis de datos para la toma de decisiones" donde tanto los auditores internos como los especialistas y directivos de nivel medio lo evaluaron por encima del resto. Esto indica que la empresa proporciona el acceso a datos e informaciones que permiten la realización eficaz de sus análisis en general para la toma de las decisiones y realizar las acciones pertinentes.
Para la mejora en este aspecto es necesario el uso de técnicas y herramientas estadísticas para profundizar en predicciones en la planificación y el desempeño de los procesos.
El principio que obtuvo una puntuación menor fue el principio de las "Relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores" que obtuvo como promedio una evaluación de 3. A pesar de que la empresa mantiene una activa retroalimentación con sus proveedores, en general no existe la posibilidad de la flexibilidad y

rapidez de respuestas conjuntas ante las exigencias de un mercado globalizado y cambiante, lo que conlleva a que existan problemas en lograr la plena satisfacción de las necesidades crecientes de sus clientes. Un aspecto que afecta negativamente en lograrlo es la imposibilidad de seleccionar a los proveedores en la mayoría de las ocasiones.
En la figura 2 se muestra el nivel de madurez de la empresa como resultado de la evaluación por parte de la muestra seleccionada según el Anexo A de la NC ISO 9004:2009.

Figura 2. RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LA MADUREZ



Como puede observarse la empresa se encuentra en el entorno de un nivel tres de madurez, aunque en algunos acápites haya quedado un poco por debajo. Este nivel de madurez nos indica que estamos en presencia de una empresa con "calidad certificada" que incluyen en su gestión los principios fundamentales de la ISO y que además de controlar la eficacia de los procesos se comienza a tener en cuenta la eficiencia de los mismos así como el crear una cultura empresarial basada en la calidad. Se puede denominar dentro de la cultura ISO, como "empresa de calidad certificada - gestionada" (5).
En resumen existe un avance sostenido en la satisfacción de los requisitos de los clientes y se evidencia el cumplimiento de los requisitos de la ISO 9001:2008 aunque se debe mejorar aumentando el involucrar a las partes interesadas
Teniendo en cuanta los resultados de ambas evaluaciones propone el siguiente plan de mejora: (6)

- Aumentar el nivel de respuestas rápidas y flexibles ante los cambios en el mercado externo y así aprovechar oportunidades y garantizar el aumento de los ingresos.
- Atender de forma oportuna las inquietudes y quejas de los clientes y los recursos necesarios para cumplir con las expectativas de los mismos, aumentando sus niveles de satisfacción.
- Mantener una comunicación en toda la organización sobre los resultados de la evaluación de los clientes.
- Mantener una comunicación clara y abierta con proveedores y aliados estableciendo actividades conjunta de desarrollo y mejora.

- Promover y apoyar la formación de grupos de trabajo que colaboren en función de la mejora involucrando a trabajadores y clientes.
- Promover y recompensar la innovación y la creatividad en la organización, así como buscar oportunidades para mejorar la competencia del personal. Identificar las limitaciones para el desempeño del personal y la posibilidad de discutir abiertamente problemas y temas.
- Realizar estudios de clima organizacional para conocer los aspectos de mejora con el personal y favorecer la productividad, la creatividad y el bienestar de las personas.
- Evaluar los riesgos, las consecuencias y los impactos de las actividades sobre clientes, proveedores y otras partes interesadas.
- Realizar enfoques estructurados que armonicen e integren los procesos.
- Establecer metas para guías hacia la mejora continua a través de la medición, la evaluación y el análisis frecuente.
- Hacer de la mejora continua de productos, procesos y sistemas, un objetivo de cada individuo en la organización. Admitir y reconocer las mejoras por la alta dirección.
- Integrar el SGC con otras disciplinas como la gestión ambiental y la salud ocupacional, entre otros, al sistema de control interno.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en la autoevaluación del SGC indican que la empresa se encuentra en un nivel de madurez satisfactorio donde hay evidencia de la mejora y el cumplimiento de los principios de la calidad acorde a la ISO 9001:2008.
- La empresa ha desarrollado un alto acceso a la información y los datos para la toma de decisiones que puede poner en función de la mejora, con el empleo de técnicas y herramientas estadísticas avanzadas que permitan profundizar en predicciones en la planificación y el desempeño de los procesos.
- La evaluación del SGC certificado permitió determinar oportunidades de mejora y establecer un plan de acción para el avance y la innovación a un nivel superior de la organización hacia el éxito sostenido

BIBLIOGRAFIA

1. NC ISO 9000:2005 “Sistemas de Gestión de la Calidad — Fundamentos y vocabulario”.
2. NC ISO 9001:2008 “Sistemas de Gestión de la Calidad — Requisitos”.
3. NC ISO 9004:2009 “Gestión para el éxito sostenido de una organización — Enfoque de Gestión de la Calidad”.
4. González, H., “Gestión de la Calidad de los Servicios”, 8 abril, 2014. www.calidad-gestion.com.ar
5. Guerrero Monroy, J., “Evaluación del nivel de madurez de un SGC basado en la norma ISO 9004:2009; área de auditoría. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. 2/ 2011.
6. Rodríguez Navas, Y. A., “Modelo de autoevaluación integrado entre la norma ISO 9004”. SIGNOS, 2012, Vol. 4, No. 2, pp. 33-50. ISSN: 2145-1389

DIAGNÓSTICO INTEGRAL NORMATIVO DE LAS PRODUCCIONES INDUSTRIALES Y DERIVADAS QUE COMERCIALIZA LA EMPRESA TECNOAZÚCAR VILLA CLARA.

INTEGRAL NORMATIVE DIAGNOSTIC OF THE INDUSTRIAL AND DERIVED PRODUCTIONS THAT TECNOAZUCAR ENTERPRISE VILLA CLARA MARKETS

Dulce María Pérez Martínez
Unidad Empresarial de Base Tecnoazúcar, Villa Clara, Cuba
dulcemaria.perez@tavc.azcuba.cu

RESUMEN

El éxito sostenido de una Empresa Comercializadora se logra por su capacidad para satisfacer las necesidades de sus clientes de un modo equilibrado. El presente trabajo consiste en realizar un diagnóstico normativo integral con alcance nacional de todas las producciones, comparando cada parámetro involucrado con las normas vigentes, para poder verificar el cumplimiento de las mismas. Como resultado se obtiene una caracterización de todas nuestras producciones contra normas registradas, haciéndolo extensivo a su vez hasta la actividad de contratación. Este diagnóstico constituye una valiosa herramienta de trabajo aportando como elemento distintivo el análisis, monitoreo y verificación rigurosa de los requisitos y parámetros de calidad de las producciones que comercializa nuestra Empresa

Palabras clave: calidad sostenida, contratación, monitoreo, parámetros de calidad.

ABSTRACT

The sustained success of a marketer is achieved by its ability to meet customer needs in a balanced way. This study is to conduct a comprehensive normative diagnostic nationwide of all productions, comparing each parameter involved with current standards, to verify compliance with the same. The result is a characterization of all our productions against registered standards by extending it to turn up the contracting activity. This is a valuable diagnostic tool providing work as a distinctive feature analysis, monitoring and verification requirements and stringent quality parameters productions that sells our Enterprise.

Keywords: sustained quality, procurement, monitoring, quality parameters

INTRODUCCIÓN

Nuestra Empresa Tecnoazúcar es la comercializadora por excelencia del azúcar y los derivados de la agroindustria azucarera y es la interfase entre los productores y los clientes finales , asumiendo la responsabilidad dentro del actual grupo AZCUBA de garantizar la calidad de toda la gama de productos que comercializa tanto en le mercado interno como el de exportaciones .

En la actualidad las Empresas no pueden sobrevivir por simple hecho de realizar un buen trabajo o crear un buen producto. Sólo una excelente labor de interacción con los consumidores permite tener éxito en los mercados globales, cada vez más competitivos. Estudios recientes han demostrado que la clave para una operación rentable de la Empresa es el conocimiento de las necesidades de sus clientes y el nivel de satisfacción alcanzado por ellos al consumir el producto o servicio ofrecido. (Cornella, Alfons de 2011)

El mejoramiento de la Satisfacción del Consumidor a través de la calidad de productos, la calidad en servicios, incluyendo todo lo que esto implica, son prioridades como nunca antes. La preocupación por estas materias es un rasgo común en prácticamente todas las economías que se preparan conscientemente en favor de sus consumidores y cumpliendo las demandas y exigencias de los nuevos mercados. (Ponjuán Dante, Gloria, 1998).

DESARROLLO

Se procedió a una revisión minuciosa de todas las Normas Cubanas vigentes con el apoyo del uso del servicio de abonados que brinda la Oficina Territorial de Normalización, en correspondencia con las producciones que comercializa Tecnoazúcar: azúcar, productos derivados de la industria azucarera y productos agropecuarios .Se inicia este trabajo en diciembre del 2010 y se ha ido perfeccionando hasta la fecha ,lográndose conservar esta Base de Datos que surge del diagnóstico integral normativo y llevarlo a un sitio web de fácil acceso . (García, 2009)

Se estructuró este estudio normativo en dos partes, priorizándose la Planta de alimentos por ser la que presentaba en ese momento la situación mas desfavorable con respecto a la calidad y posteriormente se procedió a continuar este Diagnóstico en las fábricas de azúcar incluyendo : refinerías y destilerías de toda la provincia de Villa Clara .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del diagnóstico normativo en la planta de alimentos ,se registraron un total de 142 normas de ellas 131 son Normas Cubanas y 11 son Normas Ramales (Incluyendo Cárnicos y Conservas) que representa un 24 % del total de Normas Vigentes de Alimentos 549. En total la Planta de alimentos La Esperanza posee 13 productos con 59 surtidos en general.

- Normas de requisitos de calidad **(90), (68 %)**
- Códigos de prácticas, directrices y normas de requisitos sanitarios **(7), (0.05 %)**
- Normas de métodos de ensayo **(33), (25%)**
- Otras (Gestión, Guías, Principios,) **(1), (0.01%)**

Productos cárnicos: Se registraron 44 normas relacionadas con la producción cárnica tal y como se demuestra en la TABLA # I.

Tabla # I Normas registradas en fábricas de Cárnicos

TOTAL NORMAS CARNICA	44
Normas Cubanas :	37
Productos Cárnicos Especificaciones	20
Embutidos	1
NC ISO Métodos de ensayos	11
NC Obligatorias	5
Normas Ramales :	7
Mortadella :Especificaciones	1
Picadillo : Especificaciones	2
Carne deshuesada : Requisitos	2
Hamburguesa :Almacenamiento	1
Carne Ahumada : Especificaciones Calidad	1

Productos en conservas: Se registraron 98 Normas relacionadas con la producción de Conservas, tal y como se demuestra en la TABLA # II

Tabla # II Normas registradas en fábricas de Conservas

TOTAL NORMAS CONSERVAS	98
Normas Cubanas	94
Frutas y vegetales en conservas (De ellas Métodos de ensayos)	78 (22)
Mermeladas	2
Col	1
Guayaba	1
Mango	1
Tomate	5
Pepinos	3
Salsa Tomate	1
De carácter obligatorio	2
Normas Ramales	4
Frutas en almíbar	1
Hortalizas en Conservas	1
Pulpas	1
Sofrito .Especificaciones	1

Como resultado del diagnóstico realizado en las fábricas de azúcar y sus derivados se registraron un total de 130 normas de ellas 129 son NC y dentro de estas en mayor representación se encontraban las relacionadas con las normas de requisitos sanitarios ,1 sola Norma Ramal lo que representa un 23.4 % del total de Normas Vigentes de Alimentos.

- Normas de requisitos de calidad (9), (6.76%)
- Códigos de prácticas, directrices y normas de requisitos sanitarios (54), (85.7 %)
- Normas de métodos de ensayo (43), (15.4%)
- Otras (Gestión, Guías, Principios,) (24), (109%)

Sobre el cumplimiento de todas las Normas implicadas en los requerimientos de Calidad podemos resumir lo siguiente:

1. En las fábricas de azúcar: Se registraron 66 Normas; 23 de azúcares blancos, 26 de azúcar crudo y 17 de Miel Final.
2. En las fábricas de derivados: Se registraron 46 Normas correspondientes a Glucosa (23) y Sirope (23)
3. En las destilerías se registraron 18 normas correspondientes a rones y alcoholes.

Se registraron un total de 10 productos y 17 surtidos en las producciones industriales y derivadas.
El diagnóstico integral normativo arrojó un total de 23 productos agroindustriales con 76 surtidos que comercializa la UEB Tecnoazúcar de Villa Clara.

CONCLUSIONES

1. Se logra con este Diagnóstico la verificación del cumplimiento de las especificaciones de Calidad en todas las producciones que comercializa la UEB Tecnoázucar Villa Clara.

2. Este diagnóstico constituye una valiosa herramienta de trabajo aportando como elemento distintivo el análisis, monitoreo y verificación rigurosa de los requisitos y parámetros de calidad de las producciones que comercializa nuestra UEB

3. El diagnóstico normativo realizado garantiza que cada producto a comercializar por nuestra UEB esté amparado por su norma cubana vigente cumpliendo con las especificaciones de calidad requerida incluyendo por supuesto las exigencias contratadas por cada cliente.

4. Se logra cuantificar e identificar cada una de las producciones que nuestra UEB Tecnoazúcar comercializa.

5. Se logra identificar las Normas Ramales involucradas en aquellos productos de la Fábrica de alimentos que no poseen normas cubanas.
6. Se logra un lenguaje único con respecto a la calidad entre todas las partes involucradas: los productores, lo que almacenan, los que transportan y todos los que participan en la cadena de servicio al cliente.
7. Se logra llevar a la actividad de contratación todos los elementos necesarios que garanticen cumplir con las exigencias del cliente en cuanto a los requisitos de calidad.

REFERENCIAS

1. Cornella, Alfons de 2011.Medir el valor de la información en la empresa [en línea] Consultado 21 abril. Disponible en http://www.infonomía.com/extranet/index.asp
2. Ponjuán Dante, Gloria. Gestión de Información en las Organizaciones: principios, conceptos y aplicaciones. --Santiago de Chile CECAPI, 1998. -- 222p

APLICACIÓN WEB DISEÑADA PARA LA VIGILANCIA SOSTENIDA DE LA CALIDAD DE LAS PRODUCCIONES QUE COMERCIALIZA TECNOAZÚCAR.

WEB APPLICATION DESIGNED FOR THE SUSTAINED SURVEILLANCE OF THE QUALITY OF THE PRODUCTIONS THAT TECNOAZUCAR MARKETS.

Dulce María Pérez Martínez, Danny Jiménez Sabina
Unidad Empresarial de Base Tecnoazúcar, Villa Clara, Cuba
dulcemaria.perez@tavc.azcuba.cu, danny.jimenez@vc.datazucar.cu

RESUMEN

Este estudio surge por la necesidad de disponer de un Sistema de Información Integral que medie entre las empresas comercializadoras y las productoras a nivel de todo el país. En el presente trabajo se diseña un sitio web para acceder a la Base de Datos surgida del diagnóstico integral normativo elaborado por nuestra Empresa. Los resultados muestran que este sitio web constituye una herramienta de trabajo que aporta toda la información útil y necesaria que deben dominar todas las empresas ya sean suministradoras o de servicio, permitiendo a su vez esta Base de Datos que se cumpla con los requisitos de calidad contratados según lo legislado y normado para con ello evitar incurrir en costos y gastos innecesarios afectando la rentabilidad, la competitividad y aún la sostenibilidad y continuidad de la comercialización de nuestros productos; siendo este el aporte más novedoso del trabajo .

Palabras clave: *base de datos, calidad sostenida, requisitos de calidad.*

ABSTRACT

This study arises by the necessity of having a System of Integral Information that mediates between the marketting companies and the producers at the whole country level. In this work it is designed a web site to acces to the Data's Base arised from the normative integral diagnosis elaborated by our Company. The results show that this web site constitutes a working tool that contributes all the useful and necessary information that all companies should dominate being suppliers or service companies, allowing this Data Base that the requirements of quality hired be fulfilled according to that legislated in turn and normed for avoiding to incur in costs and unnecessary expenses affecting the profitability, the competitiveness and still the ssustainability and continuity of the commercialization of our products; being this the most novel contribution in the work.

Key words: data's base, sustained quality, requirements of quality.

INTRODUCCIÓN

La clave para una operación rentable de cualquier empresa está en el conocimiento de las necesidades de sus clientes y el nivel de satisfacción alcanzado por ellos al consumir el producto o servicio ofrecido, de aquí la importancia que reviste la vigilancia sostenida de la calidad del producto, pues para nadie es un secreto de que la competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto y la calidad del servicio.

Nuestra Empresa Tecnoazúcar es la comercializadora por excelencia del azúcar y los derivados de la agroindustria azucarera y es la interfase entre los productores y los clientes finales , asumiendo la responsabilidad dentro del actual grupo AZCUBA de garantizar la calidad de toda la gama de productos que comercializa tanto en el mercado interno como en el de exportaciones.
Independientemente de que la calidad se puede definir de diversas formas tenemos que estar conscientes de que en la definición que demos no puede faltar la capacidad de una empresa para generar valor para el cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores. (Cornella, Alfons de 2011)

La mala calidad no sólo trae coma consecuencia clientes insatisfechos sino también mayores costos y pérdidas para la entidad, sin dejar de mencionar las reclamaciones y las quejas que de ello se derivan por parte de los clientes. Por consiguiente trabajar por la Mejora Sostenida de la Calidad constituye en este momento el propósito esencial para lograr con el cambio un enfoque de sistema encaminado a incrementar en nuestra entidad la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes, por ello se desprende la necesidad de enfocar a la empresa hacia el cliente, de manera que nuestro trabajo se vea desde la perspectiva del cumplimiento de sus intereses. (Suárez and Morin, 2005).
Con vistas a facilitar el dominio y la aplicación correcta de todas las normas que se involucran en la actividad nuestra de comercialización y servicios, así como de todos aquellos documentos legales que lo amparan como : resoluciones ,instrucciones y/o indicaciones para sus controles , se crea este sitio web sobre la Base de Datos Normativa ,de acceso rápido ,fácil y eficiente que permite darle el uso adecuado a la información que necesite el usuario al respecto ya sea para la contratación, para tomar criterio de decisión ante una solución técnica , para proyectar una solución a la hora de conciliar así como para disponer de todos los elementos normativos necesarios como respaldo ante cualquier reclamación por concepto de calidad , sin dejar de mencionar la cultura general que se genera al dominar estas informaciones y el prestigio que se alcanza con la misma .

El objetivo del presente trabajo es implementar un sitio web sobre la base de datos normativa, de fácil acceso y con alcance nacional que garantice el monitoreo correcto de la calidad así como la vigilancia sostenida de los parámetros de calidad pactados en la contratación de todos los productos que comercializa nuestra Empresa.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la elaboración de la Página Web se utilizó el software “Artisteer 3” en cuanto a la realización del diseño de la plantilla, las demás funciones se agregaron manualmente con el software “Notepad++ 5.8.2”

Se diseñaron cinco carpetas principales donde el usuario puede acceder en dependencia del objetivo de su búsqueda o de la información que desea procesar.

RESULTADOS.

Los resultados obtenidos demuestran tal y como se visualiza a continuación el contenido normativo organizado que aparece al acceder a cada carpeta.

Pagina Inicial

En ella se muestran todas las carpetas a las cuales se puede acceder con esta Aplicación WEB en dependencia del interés y de la información que el usuario necesite así como de la actividad que se ejecute en ese momento.

Plantas Industriales y derivados
Esta carpeta nos permite acceder a todas las normas que se utilizan en cualquier fábrica de azúcar tanto crudo como refino incluyendo además las destilerías y sus derivados ya sean de: requisitos, especificación, de análisis de ensayos incluyendo por supuesto las de referencia normativa. Como complemento se adiciona además otra carpeta que incluye las normas generales y de carácter obligatorio aplicables a las producciones tales como : alcohol, aguardiente, azúcar crudo, azúcares blanco, azúcar orgánica ,miel final, miel B, glucosa, fructuosa, sirope y Ron, para que nuestra Empresa pueda obtener la confianza necesaria al respecto

Planta de Alimento
Esta carpeta nos permite acceder a todas las normas que se utilizan y existen para las producciones que se elaboran en las plantas: Cárnicas y Conservas, incluyendo los diferentes tipos de surtidos que poseen, por lo que al ser más amplia la gama de productos, en esta sección se hace referencia a varias normas : normas de requisitos de calidad , normas sobre códigos de prácticas y directrices , normas de requisitos sanitarios, normas de métodos de ensayo, normas de evaluación sensorial y muestreo y otras que se utilizan en plantas cárnicas de otras empresas.

Generales de carácter OBLIGATORIO
En esta carpeta hace una compilación de todas las normas de carácter obligatorio que existen y que por supuesto ,su conocimiento es de vital importancia para ser aplicadas y darle cumplimiento.

Carpeta de Vigilancia:
Esta carpeta se va actualizando constantemente con una frecuencia mensual y en correspondencia con la información que nos ofrece La Normoteca del Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad (CGDC)

Para definirla de un modo distintivo es la carpeta principal, pues sin acceder a la misma no podemos cumplir con nuestra gran meta: garantizar la sostenibilidad de la calidad de nuestras producciones en la comercialización.

Informativa:
En esta carpeta se puede disponer de todo el trabajo alcanzado en materia de normalización por parte de nuestra Empresa Tecnoazúcar siendo nuestra mayor fortaleza y que compartimos al ponerla al servicio de todos los usuarios en el sitio web, sean suministradores, comerciales o de servicios. En ella se concentran todos los documentos legales, resoluciones, disposiciones, en fin varios tipos de documentos que corresponden a varias actividades y que sin ellos no podríamos hablar de calidad.
En todas las carpetas pondrán visualizarse las normas en correspondencia a la selección realizada.

Información de Contacto
El usuario sólo tendrá que acceder a la siguiente dirección http://calidad.tavc.azcuba.cu desde cualquier punto de la Red de AZCUBA y así podrá obtener en dependencia de su elección la información, el resto de las facilidades las ofrece la Web al dar la opción de aportar todas las normas referente a los productos que son canteras en nuestra Empresa ,incluyendo todos los surtidos .Debemos destacar que se le adiciona a cada carpeta principal una carpeta opcional donde se concentran varias normas ,que servirán de consulta en caso de que así lo desee el usuario ,al profundizar digamos en un producto en particular.

CONCLUSIONES

1. El uso de este sitio web resultó ser una herramienta de trabajo con acceso rápido ,fácil y confiable para el monitoreo sostenido de la calidad..

2. La información que ofrece esta aplicación es de alcance nacional y puede ser utilizada por cualquier empresa ya sea suministradora (centrales azucareros incluyendo destilerías) o de servicio (comercializadoras) .
3. Su aplicación en la Provincia de Villa Clara a partir de la zafra 2013 y hasta la fecha nos ha permitido garantizar la comercialización del azúcar y sus derivados con los parámetros de calidad establecidos y lo que es más importante poder tomar medidas preventivas para impedir incumplimientos normativos y cumplir con las exigencias pactadas con los clientes.
4. El usuario sólo tendrá que acceder a la dirección http://calidad.tavc.azcuba.cu desde cualquier punto de la Red de AZCUBA

REFERENCIAS

1. Cornella, Alfons. Medir el valor de la información en la empresa (2) [en línea]Infonomía < http://www.infonomía.com/extranet/index.asp/ > [consultado 20 julio.2001]
2. Suárez R, Morin R. Caña de Azúcar y sostenibilidad: enfoque y sostenibilidad, Cuba, 2005 http://www.improvenconsultores.com/paginas/documentos. Abril, 2003.

IMPACTO DEL LABORATORIO DE ENSAYOS Y CALIBRACIONES DE LOS ALIMENTOS EN EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR CRUDO

IMPACT OF THE ESSAY AND CALIBRATION FOOD LABORATORY IN THE CONTROL OF RAW SUGAR PRODUCTION

Roberto Rodríguez Mambuca; Julián Rodríguez López; Alejandra Sánchez Herrera; Marlen Alfonso Lorenzo
ICIDCA
roberto.rmambuca@icidcaby.azcuba.cu

RESUMEN

En este trabajo se detallan los procedimientos de aseguramiento de la calidad y los resultados obtenidos por el Laboratorio de Ensayos y Calibraciones de los Alimentos como parte de la estrategia del Grupo Azucarero AZCUBA para el control e incremento de la calidad de las producciones de azúcar crudo para la exportación.

Palabras claves: muestreo sistemático, métodos ICUMSA, acreditación de laboratorios

ABSTRACT

This paper shows the quality assurance procedures and results obtained by the Essay and Calibration Food Laboratory (LEYCAL in Spanish) as part of the strategy of the AZCUBA Sugar Group for the control of raw sugar production for export.

Keywords: systematic sampling, ICUMSA methods, laboratory accreditation

INTRODUCCION

Con el incremento de la producción azucarera mundial, también se ha incrementado la exigencia de los clientes en cuanto a la calidad del azúcar crudo producido, la cual se evalúa por las técnicas analíticas aprobadas por la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analyisis (ICUMSA). La ISO se ha encargado de estudiar el funcionamiento de los laboratorios y ha propuesto una norma de acreditación que ha sido adoptada íntegramente por Cuba con la denominación NC-ISO/IEC 17025:2006.

Para prestar un servicio de calidad en correspondencia con los requerimientos internacionales, el Laboratorio de Ensayos y Calibraciones de los Alimentos (LEYCAL) del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) recibió en Enero del año 2012 del Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC) la acreditación por la NC ISO/IEC 17025: 2006. La acreditación implica la trazabilidad en cada instante de la muestra de azúcar según se le realizan las técnicas analíticas a su paso por el laboratorio, así como la trazabilidad metrológica de cada medio o instrumento empleado hasta los correspondientes patrones nacionales.

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados, el objetivo de este trabajo es dar a conocer de forma sucinta el funcionamiento del laboratorio LEYCAL, así como el comportamiento de la calidad del azúcar crudo producido para la exportación a partir del año 2010.

MATERIALES Y METODOS

El control interno establecido en las UEB productoras de azúcar crudo requiere el envío de tres muestras representativas de su producción de dos Kg de Azúcar Crudo, si su zafra es menor de 90 días y una muestra mensual si excede ese tiempo.
De oficio se realizan 11 determinaciones analíticas, por razones de espacio solo se informan los siguientes parámetros por su impacto comercial (1): Polarización[1], Humedad[1], Color Horne[2], Color Fotocolorimétrico[1], Almidón[3], Dextrana[1],

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Como resultado de la puesta en práctica de esta estrategia el LEYCAL recibió de las distintas UEB las cantidades de muestras que se relacionan en la tabla I, donde se aprecia un incremento a partir del 2012.

Tabla I. Muestras recibidas durante el período 2010-2015

años	azúcar crudo	años	azúcar crudo
2010	349	2013	411
2011	282	2014	518
2012	199	2015	414

En los siguientes gráficos se aprecian los valores promedios de los análisis efectuados a todas las muestras recibidas en el período considerado.

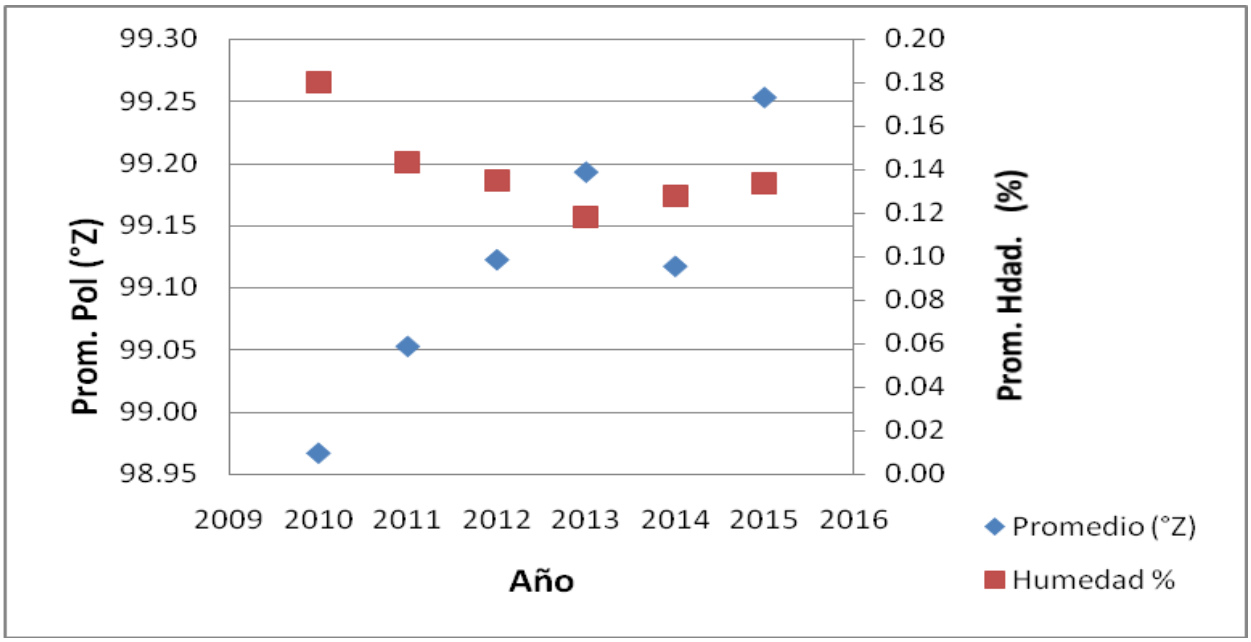


Gráfico No. 1 Promedios Anuales de Polarización (°Z) y Humedad (%)

[1] Método ICUMSA; [2] Método validado; [3] Método ICUMSA modificado

En este gráfico se aprecia el incremento de la polarización promedio del azúcar crudo cubano en el período 2010-2015. En la segunda coordenada se puede ver la disminución del % de humedad que tiene correspondencia con el incremento de la polarización, por mejoras introducidas en la tecnología azucarera.

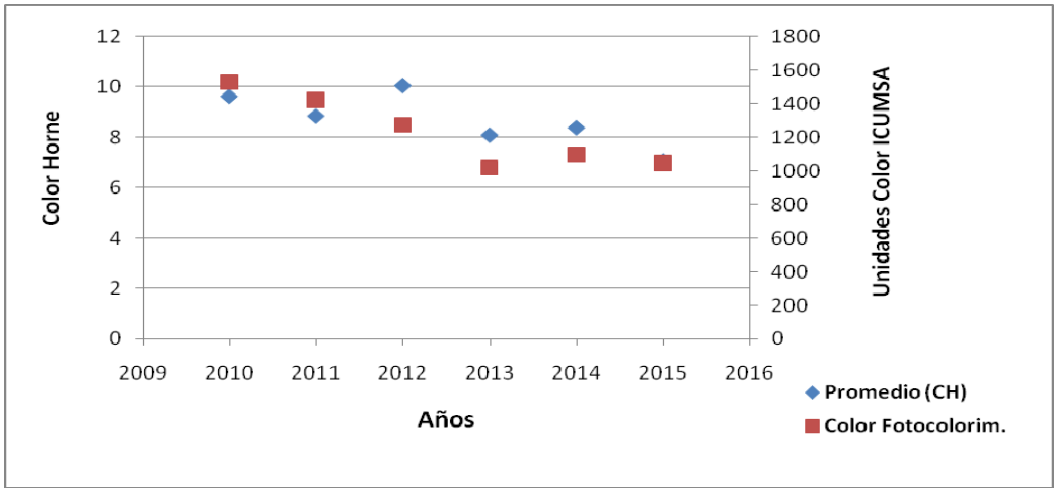


Gráfico No. 2 Promedios Anuales de Color Horne y Color Fotocolorimétrico

En este gráfico se aprecia la reducción paulatina tanto del color Horne como del color fotocolorimétrico que se corresponde con el esfuerzo hecho por los productores para incrementar la polarización del azúcar.
Para la reducción del contenido de almidón es imprescindible separar el cogollo de la caña planta durante la cosecha. La reducción del contenido de dextrana tiene mucho que ver con la reducción del tiempo que media entre corte y cosecha, así como con la cantidad de cortes que se le dé a la caña para incrementar su densidad para la transportación. A mayor número de cortes mayor área de ataque de los microorganismo que generan la dextrana.

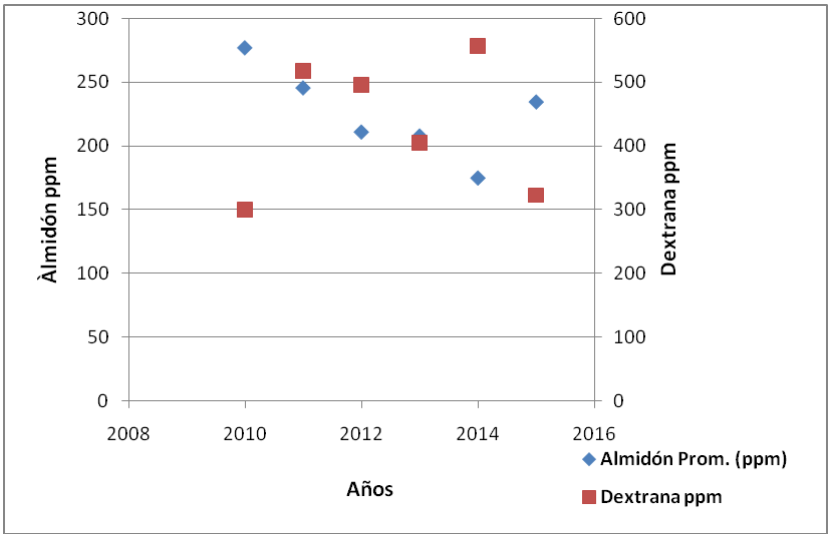


Gráfico No. 3 Promedios Anuales de Almidón (ppm) y Dextrana (ppm)

El gráfico muestra que la concentración de almidón ha tenido una reducción gradual del 2010 al 2014 y en el 2015 se aprecia un incremento hasta 234 ppm de almidón. En el caso de la dextrana lo que se aprecia es un

comportamiento cíclico con dos oscilaciones una correspondiente a los años 2010-2013 y otro ciclo con los años 2014 y 2015.
En ambos casos es poco lo que puede hacer la industria después que la materia prima arriba al ingenio, salvo el empleo de las enzimas amilasa y dextranasa para degradar los correspondientes polisacáridos, pero en general su importación tiene un costo elevado y no es normal su utilización en la industria azucarera cubana.

CONCLUSIONES

Como resultado de la inserción de Cuba en el mercado mundial internacional actual, en el sector azucarero cubano se han introducido los temas de calidad para el control de las producciones, los cuales forman parte de la estrategia del sector, que incluye los siguientes aspectos:
1- Muestreo representativo sistemático de la producción azucarera en todas las UEB y la preparación y envío regular de las muestras al laboratorio LEYCAL.
2- Implantación y actualización de las técnicas analíticas del (ICUMSA) en el laboratorio nacional (LEYCAL)
3- Acreditación (y mantenimiento de dicha acreditación) del Laboratorio LEYCAL mediante el empleo de la NC ISO/IEC 17025: 2006.
4- Es particularmente importante señalar que el punto uno implica la participación de todas las UEB del país y esto asociado a los puntos 2 y 3 funciona como un gran sistema de monitoreo de la calidad de toda la producción de crudo del país.
5- Como resultado del sistema implantado, en el período considerado (2010-2015) se aprecia un incremento sostenido (o una disminución, según el caso) de los principales parámetros de calidad analizados a través de las curvas de tendencia que aparecen en los correspondientes gráficos.

RECOMENDACIONES

1,- Preparar un informe con el resto de los parámetros analizados
2.- Se sugiere incrementar las técnicas acreditadas por el LEYCAL

AGRADECIMIENTOS

Al colectivo del LEYCAL que con su trabajo sistemático ha hecho posible el desarrollo del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. PEREZ SANFIEL, F.H., FERNANDEZ ALVAREZ, F., «Métodos analíticos para azúcar crudo», Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras, Cuba, nov./2006, p 72-78; 82-85; 88-90; 91-93; 145-150; 163-168.

EXPERIENCIAS DE LA ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO LAGUAZUR POR LA NORMA NC ISO/IEC 17025:2006

EXPERIENCES OF LAGUAZUR LABORATORY IN THE ACCREDITATION BY THE STANDARD NC-ISO/IEC 17025:2006

Julio Santo Tomás, Felipe Eng, Orly López, Juana Chanfón.

Laboratorio LAGUAZUR, CENGMA, ICIDCA.
E-mail: julio.santotomas@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En el trabajo se presentan las experiencias en la implementación del Sistema de Gestión y la acreditación del laboratorio LAGUAZUR y su incidencia en las acciones para el cuidado del medioambiente en Cuba. El laboratorio realiza los ensayos para el monitoreo de las aguas residuales de los centrales azucareros para encontrar las soluciones mas adecuadas para el tratamiento, la disposición o el empleo en el fertirriego de la caña de azúcar y para la producción de biogás a partir de la vinaza, efluente de las destilerías de alcohol. El laboratorio de ensayo tiene implementado su sistema de gestión desde el año 2011; acreditado por la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 desde marzo de 2015 y desarrollado los métodos analíticos para la caracterización de las aguas residuales y los efluentes de la industria azucarera y los derivados.
Palabras clave: laboratorio ensayo, aguas residuales, acreditación, medioambiente

ABSTRACT

In this work it will present the experiences in the implementation of the management system and the accreditation of LAGUAZUR laboratory and its impact on the action in order to protect the environment in Cuba. This laboratory makes the monitoring of wastewater from sugar industry and tries to find in the treatment, disposal or use in irrigation on sugarcane and the study of technologies for the biogas production from vinasse effluent of alcohol distilleries. This laboratory has implemented its management system since 2011 and was accredited by the standard NC-ISO/IEC 17025:2006 since March 2015 and developed analytical methods for the wastewater and effluents characterization on the sugar industry and by-products.
Keywords: laboratory, wastewaters, accreditation, environment

INTRODUCCIÓN

El Centro de Gestión de Medio Ambiente, CENGMA, para la industria azucarera y los derivados, subordinado al Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA; fue creado mediante la Resolución No 258 del 2008 del MINAZ y que en su segundo resuelvo dice - "siendo su misión orientar y motivar la política de innovación tecnológica para la protección al medio ambiente y el desarrollo sostenible de la Industria Azucarera y sus Derivados", y el 5 de diciembre del 2008 se crea, de forma oficial, el Laboratorio LAGUAZUR mediante la Resolución No 54 del ICIDCA para entre sus funciones – "desarrollar procedimientos analíticos que sean necesarios para el control de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales de la industria azucarera y derivados".
Los antecedentes de la creación del CENGMA y el laboratorio LAGUAZUR se hallan en la década de 1990; el germen de estos grupos de trabajo se originó en la Dirección de Fermentaciones, en la que se comenzaron a realizar los estudios para el tratamiento y la disposición de las aguas residuales de la industria azucarera y los derivados, entre los que se encuentran la utilización de las aguas residuales de los centrales azucareros en

la fertirrigación de la caña de azúcar y el desarrollo de tecnologías para la producción de biogás a partir de las vinazas, efluentes de las destilerías de alcohol. Hasta la actualidad los servicios brindados por el Laboratorio se han realizando dentro de los proyectos de I+D+i, que los incluye entre sus principales tareas; en los diagnósticos ambientales a la industria azucarera y a otros clientes que solicitan los servicios de caracterización de sus residuales líquidos.

Destacar que la industria azucarera y la de los derivados, han provocado el vertimiento de importantes cantidades de contaminantes líquidos, durante las diferentes etapas del desarrollo económico de nuestro país, como los residuales azucareros, los efluentes de las destilerías de alcohol (vinazas) y los de las plantas de levadura. El tratamiento y la disposición final de estos residuales es de extrema importancia para evitar o mitigar la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, los asociados a la flora y la fauna y otros de tipo socio-económicos. De ahí la importancia de los trabajos que se realizan en el laboratorio de ensayo LAGUAZUR, con su sistema de gestión implementado y acreditado por la norma NC-ISO/IEC 17025:2006[1] y con los métodos analíticos desarrollados, en los cuales ha logrado especializarse, en la caracterización de las aguas residuales y los efluentes de la industria azucarera y los derivados.

DESARROLLO

El proceso para la implantación del sistema de la calidad en el laboratorio de ensayo LAGUAZUR, por la norma cubana NC-ISO/IEC 17 025:2006 "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"[1], comenzó en el año 2008 y se culminó en el 2011 con la implementación de la documentación del sistema (la política de calidad, el manual de calidad, los procedimientos, registros, etc.), las "Políticas del ONARC" y la capacitación del personal, la revisión por la dirección y la realización de la auditoría interna con los auditores del ICIDCA. La implantación de un sistema de la calidad amplía las oportunidades para mejorar la prestación del servicio, la satisfacción de los clientes, y mejorar la competitividad de los laboratorios.

En el año 2012 se solicitó al Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC) la evaluación "in situ" con el objetivo de demostrar la competencia técnica y la capacidad de funcionamiento para ejecutar los ensayos implementados en el Laboratorio. En ese mismo año se envió para su revisión por el ONARC el "Cuestionario para Laboratorios de Ensayos" DT-06e, el cual les permitió realizar una evaluación preliminar y valorar si el sistema de gestión estaba implementado, este cuestionario fue aceptado sin objeciones.

El paso siguiente fue la entrega de la documentación -manual de calidad y manual de procedimientos- al ONARC para que un equipo evaluador de especialistas realizara el análisis documental. El resultado del "Informe del análisis documental" DT-20, identificó 9 no conformidades (NC), 4 no conformidades y 5 observaciones, las cuales fueron resueltas e informadas mediante el DT-56 "Cierre de acciones correctivas".

Una vez resueltas las no conformidades del análisis documental, el laboratorio estuvo en condiciones de recibir al equipo evaluador para realizar la evaluación "*in situ*", importante momento del proceso, por lo que representa acreditar al laboratorio LAGUAZUR, para los ensayos que avalan la caracterización de los residuales y efluentes de las UEB del Grupo Empresarial AZCUBA y de otros organismos.

El proceso para la implementación del sistema de gestión y la acreditación demora, en ocasiones, un largo tiempo y éste depende de las características de cada laboratorio y de manera muy especial del factor humano y de sus relaciones.

La acreditación

La acreditación de los laboratorios es voluntaria y es la única vía para demostrar la competencia y capacidad para realizar ensayos o calibrar dispositivos de medición. Los laboratorios se acreditan para mostrar su competitividad ante terceros, mejorar la percepción de los clientes, nacionales e internacionales, en relación con la imagen, y el funcionamiento del laboratorio. Es el reconocimiento oficial de su competencia y la capacidad para ofrecer sus servicios.

El alcance de la acreditación

En cuanto al alcance de la acreditación se presentaron dos ensayos, los cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla I. Alcance de la acreditación

No.	Campo / Producto	Denominación del método de ensayo	Norma nacional o internacional u otra documentación que ampara el ensayo	Instalación
1	Medio Ambiente/ Agua y aguas residuales	Calidad del agua – Determinación del pH	ISO 10523:2008 (traducción al español)	Permanente
2	Medio Ambiente/ Agua y aguas residuales	2510 CONDUCTIVIDAD 2510 B. Método de Laboratorio	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. XXI (traducción al español)	Permanente

Los equipos de medición que se utilizan para la ejecución de los ensayos que se acreditaron se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II. Equipos de los ensayos que se acreditaron

Instrumento o Equipo	Rango de medición	Clase	No. de serie	Otras características metrológicas	No. certificado de calibración	Entidad que emitió el certificado	Fecha prevista para la próxima calibración	Ensayo en que está involucrado
pH metro	0 a 14	0,01	6626	HANNA pH 213	CU01-9046-32-C	INIMET	2016-05	Medición de pH
Conductímetro	0 a 1999 µS/cm	0,5 %	6932	WTW 720	CU01-9046-73-C	INIMET	2016-05	Medición de Conductividad

El alcance de los ensayos deberá incrementarse, pero su incremento estará en dependencia, entre otros factores, de la cantidad de muestras por ensayo que los clientes soliciten y de los ingresos que por este concepto obtenga el laboratorio.

La evaluación *"in situ"*

Para evaluar la competencia y capacidad del laboratorio para realizar los ensayos, un equipo de evaluadores del ONARC, integrado por expertos y especialistas en laboratorios medioambientales y en metrología, realizó una evaluación integral del sistema de gestión, a los ensayos objeto del alcance y a los técnicos que realizan los mismos, a partir del cumplimiento de los requisitos de la norma cubana NC-ISO/IEC 17025:2006[1]. Esta evaluación se realizó en el mes de noviembre del año 2014, y los hallazgos resultaron 5 observaciones, las cuales fueron resueltas e informadas oportunamente al ONARC.

El personal

Las personas que integran el colectivo de trabajo del laboratorio son el recurso más importante con que se cuenta para alcanzar los objetivos de acreditarlo. El equipo de trabajo del laboratorio está integrado por el jefe del laboratorio, el responsable de la calidad y dos técnicos Analistas Químicos, todo el personal está calificado y capacitado para asumir sus responsabilidades en el sistema de gestión, así como de los recursos necesarios para asegurar el desarrollo de sus funciones. La alta dirección como parte interesada con el buen desempeño del laboratorio debe asumir su importante responsabilidad con el mantenimiento de las condiciones que propiciaron la acreditación del laboratorio. Se debe señalar la importancia de la participación del laboratorio en los consejillos de la Dirección de Derivados, el Consejo de Calidad (CC) del ICIDCA u otras actividades en equipo que posibiliten agilizar la toma de las decisiones y el desempeño para, entre todos, resolver las diferencias.

La calidad de los resultados

La calidad de los resultados es garantizada a través de los controles internos realizados en la ejecución de los ensayos, los cuales se encuentran establecidos en los procedimientos del laboratorio como los ensayos de duplicados, el empleo de muestras ciegas y de Muestras Certificadas de Referencia (MCR).

El laboratorio está provisto del equipamiento y la instrumentación adecuada, debidamente calibrada en cumplimiento de la Política de Trazabilidad del ONARC[2].

El Ensayo de Aptitud

El sistema de gestión tiene instrumentado la realización de controles internos para la evaluación del desempeño de los analistas y la participación del laboratorio en rondas de Ensayos de Aptitud con el objetivo de demostrar su competencia técnica. La participación de los laboratorios en los Ensayos de Aptitud (EA) es una de las políticas del ONARC, para comprobar el desempeño y establecer la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración a los efectos de otorgar o mantener la acreditación. Los resultados obtenidos en los EA son comprobados durante la evaluación que realiza el equipo evaluador a los laboratorios. El Laboratorio ha participado en 3 rondas de EA coordinados por la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST). Los resultados en todos los casos han resultado satisfactorios; en el año 2015 se está participando en una nueva ronda de EA con el (ENAST), en cumplimiento de la Política de Ensayo de Aptitud[3] del ONARC.

La capacitación del personal

El laboratorio garantiza y chequea la capacitación que recibe el personal involucrado, mediante los planes de capacitación y los registros establecidos en el sistema de gestión. La norma establece que las personas que realicen actividades que incidan en el desempeño del sistema de gestión, deben ser competentes sobre la base de una educación, formación o experiencia adecuada. Para ello deben de identificarse y determinar el nivel de competencia, experiencia y capacitación requerido para lograr la capacidad del personal, su motivación y concientización.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia adquirida en el empleo y la aplicación de los criterios de la NC-ISO/IEC 17025:2006, posibilitó alcanzar los resultados esperados satisfactoriamente y el cumplimiento de los objetivos propuestos cuando se implantó el sistema de gestión en el laboratorio LAGUAZUR, entre los que se encuentra la acreditación del laboratorio. El proceso para la implementación del sistema de gestión y la acreditación demora, en ocasiones, un período largo de tiempo y éste depende de las características de cada laboratorio y de manera muy especial del factor humano y de sus relaciones. La calidad no la hace una sola persona, es una actividad que la realiza el colectivo que integra el sistema de gestión y es el más importante para lograr los objetivos y el éxito.

Se recomienda establecer un programa en las empresas azucareras de cada provincia que garantice el monitoreo de los residuales de la industria azucarera y la de los derivados en cada región del país y el incremento del número de los ensayos relacionados con el control de la calidad de los residuales para el fertirriego en un laboratorio acreditado con una larga experiencia en la caracterización de estos tipos de residuales.

REFERENCIAS

1. Norma cubana NC-ISO/IEC 17 025:2006 “Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.
2. POL 2 Política Trazabilidad. rev.03, 2013..
3. POL 1 Política de Ensayos de Aptitud. rev.03, 2011

25 AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA EVALUACION COMPARATIVA DE LA DETERMINACION DE SACAROSA POR POLARIMETRIA Y CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (HPLC) EN MIEL FINAL

25 YEARS OF EXPERIENCE IN COMPARATIVE DETERMINATION OF SUCROSE BY POLARIMETRY AND CHROMATOGRAPHY HIGH EFFICIENCY (HPLC) IN FINAL MOLASSES

Estuardo Edmundo Monroy Benítez
Ingeniero Químico.
ingmonroy1@yahoo.com
Consultorías Especializadas Monroy, S. A.
Guatemala, C. A.

Resumen

El presente trabajo es una investigación basada en la recopilación y análisis histórico para evaluar la concentración de sacarosa en miel final a partir de los datos recopilados durante 25 años realizando comparaciones metodológicas entre Polarimetría y Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia.

La presentación de los resultados de la investigación entre las dos metodologías actualmente utilizadas, se enfoca en confirmar que el método de Polarimetría no es exacto para determinar la concentración de sacarosa en muestras de miel final o melaza de caña de azúcar, pero sigue siendo el más utilizado y creíble por la mayoría de los técnicos azucareros en fabricación.

A partir de estos estudios se plantea que se utilice la metodología HPLC como un método exacto y preciso para determinar la concentración de sacarosa en miel final, que conllevará a mejores decisiones de recuperación y de eficiencia industrial, y que los resultados por "polarimetría" sean un enfoque rutinario de control, utilizado en muchos casos como referencia en sistemas de pago/compra de melaza a clientes, pero que no debe ser la base de toma de decisiones precisas en mejoras del proceso de agotamiento industrial.
Palabras clave: *Miel Final, Cromatografía líquida de alta eficiencia, Polarimetría, Sacarosa*

Abreviaturas empleadas: *HPLC, ICUMSA*

Abstract

This is a research based on the collection and historical analysis to evaluate the concentration of sucrose in molasses from 25 years carrying out methodological comparisons between Polarimetry and high efficiency liquid chromatography (HPLC).

The approach or presentation of the results of the investigation between the two methodologies currently used, focuses on confirming that the method of Polarimetry is **failed or analytically invalid**, to determine the concentration of sucrose in samples of final honey or molasses of sugar cane, but is still the most widely used and credible by a majority of the technical sugar in manufacturing.

The recommendation raises that used the methodology HPLC as the reference accurate and precise to determine measurements of concentration of sucrose in final honey, which will lead to better decisions recovery and industrial efficiency, and that be finally clear that the results by "Polarimetry" are a focus of routine control, used in many cases as a reference on systems of payment/purchase of molasses to customers, but should not be the basis of accurate decision-making in exhaustion industrial process improvements.
Key words: final molasses, high efficiency liquid chromatography, polarimetry, sucrose.

Introducción

El método de polarimetría es el oficial o internacionalmente reconocido en la industria azucarera mundial por ICUMSA.[1] El análisis científico de su principio de medición, basado en

el poder rotatorio de los carbohidratos, y la experiencia de mediciones comparativas contra métodos más precisos y exactos, como lo es en este caso el HPLC (Cromatografía líquida de alta eficiencia), ha demostrado que el método de polarimetría no es exacto para la determinación de mieles finales debido principalmente a la existencia de altos niveles de otros azúcares (invertidos), con diferentes poder rotatorio. (Figura 1y 2)

$C_{12}H_{22}O_{11}$	+ H_2O	= $C_6H_{12}O_6$	+ $C_6H_{12}O_6$
Sacarosa	agua	glucosa	fructosa
$[\alpha]_D^{20}$ +66,53°		$[\alpha]_D^{20}$ +52,70°	$[\alpha]_D^{20}$ =92.40°

Figura 1 Azúcares y sus diferentes índices de rotación

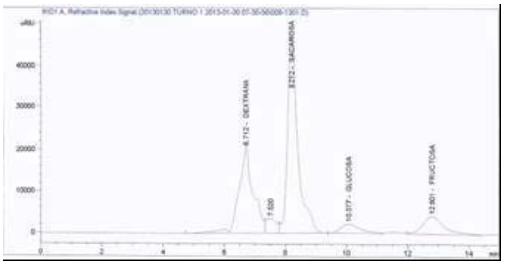


Figura 2 Cromatograma de HPLC

El método de HPLC provee la exactitud y veracidad requerida para análisis de miel final, ya que su principio está basado en una separación de los componentes azúcares, en base a sus propiedades de intercambio iónico, así como por exclusión por tamaño molecular. Dependiendo de su geometría, el grupo hidroxilo de los diferentes azúcares interactúan con el catión los cuales eluyen del sistema presentando diferentes tiempos. Se utiliza principalmente para el análisis de moléculas de bajo peso molecular, como lo son glucosa, fructosa, y sacarosa, los cuales entran dentro del poro de una resina existente en una columna de intercambio iónico y establece un enlace temporal con el ion, mientras que las grandes moléculas no entran fácilmente en el poro y por ello su elusión es más rápida. (Caso de polisacáridos como la Dextrana).[2]

Los resultados de la determinación de sacarosa y ante todo “pureza de miel final”, vino a romper el paradigma de valores de purezas de miel final de 30 a 35º cuando en realidad son o están entre 40 a 45º, y ello conlleva cálculos “falsos” de agotamiento y eficiencias de extracción industrial, y todo un trabajo regular a malo de recuperación de sacarosa en el proceso industrial.

El autor (figura 3 y 4), ha trabajado durante 25 años apoyando a diferentes laboratorios de ingenios azucareros en C. A., especialmente Guatemala y El Salvador, en mediciones paralelas entre polarimetría y cromatografía.

Figura 3 Ingenio Concepción 1989

Figura 4 Ingenio El Ángel, El salvador 2015

Hoy día, con la gran cantidad de resultados como evidencia técnica, se pretende demostrar que el método de polarimetría, **no debe ser recomendado**, para determinar sacarosa en miel final, ya que las falsas mediciones generan grandes pérdidas económicas a la industria azucarera al no cuantificar correctamente la sacarosa y hacer un proceso industrial ineficiente.

Materiales y métodos

Metodologías Analíticas:

La calidad de un método analítico está altamente asociada a la precisión y exactitud de los resultados que logran una gestión eficaz, por lo que se hace necesario validar y/o verificar el método.[3]

Para efectuar estas evaluaciones se preparan estándares nuevos de referencia en tres niveles de concentración , que se inyectan como muestra desconocida para luego evaluar estadísticamente su precisión como repetibilidad, reproducibilidad, exactitud, en este caso " % de diferencia absoluta entre el valor medido y el de referencia ". Se calculan Desviaciones Estándar Relativas de los "Tiempos de Retención", "Áreas de Picos", "linealidad", "% de Recuperación del Analito" y lograr demostrar que el método es apto con alta confiabilidad, como lo define la normativa ISO 17025:2005. [3]

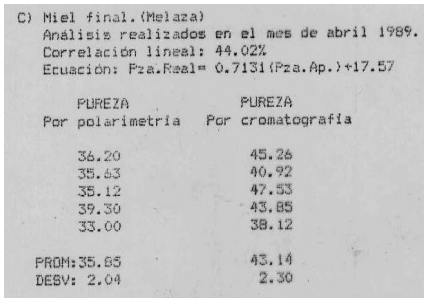
La Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

Este método normalizado en ICUMSA, desde 1990 y oficializado en 2002, GS7/4/8/23, se basa en la separación cromatografía de sacarosa, glucosa y fructosa. [1]

El procedimiento o protocolo analítico de laboratorio sigue siendo el mismo diseñado en los años 80-90 por la Dra. Margaret Clark en SPRI (*Sugar* Process Research Institute) de Lousiana, USA. [2]

Resultados y Discusión

Experimental desde el año 1989 (hace 26 años), el autor ha aplicado la metodología de HPLC en paralelo con POLARIMETRIA, cuantificándose las diferencias entre valores reales y aparentes, con diferencias en pureza Real vrs Aparente, pueden ir desde 8 a 20 %, no existiendo una correlación matemática bien ajustada, ni en un mismo ingenio-laboratorio, ni comparable entre otros ingenios, ya que el resultado "real", depende totalmente de los tipos y cantidades de azúcares que contenga la miel final. (Figura 5 y 6)



C) Miel final.(Melaza)
Análisis realizados en el mes de abril 1989.
Correlación lineal: 44.02%
Ecuación: Pza.Real= 0.7131(Pza.Ap.)+17.57

PUREZA Por polarimetría	PUREZA Por cromatografía
36.20	45.26
35.63	40.92
35.12	47.53
39.30	43.85
33.00	38.12
PROM:35.65	43.14
DESV: 2.04	2.30

Figura 5
Guatemala 1989/1990

Figura 6
Guatemala 1992/1993

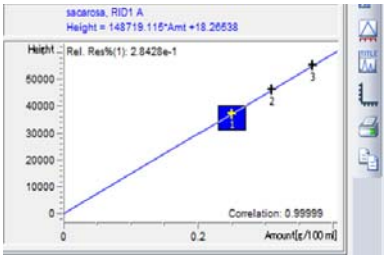


Figura 7
Curva de calibración Sacarosa

Aunque existe información de todos los años desde la zafra 1989-1990 hasta la anterior 2014-2015, en las figuras siguientes No. 7 a No. 12, se puede observar algunos de los resultados experimentales comparativos de cuantificar Miel Final por HPLC y Polarimetría en las zafras 2004/2005, 2005/2006, 2010/2011, 2011/2012, 2013/2014 y 2014/2015.

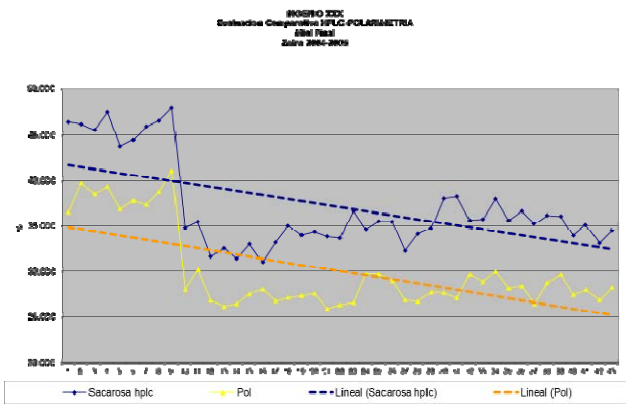


Figura 7 El Salvador 1989/1990

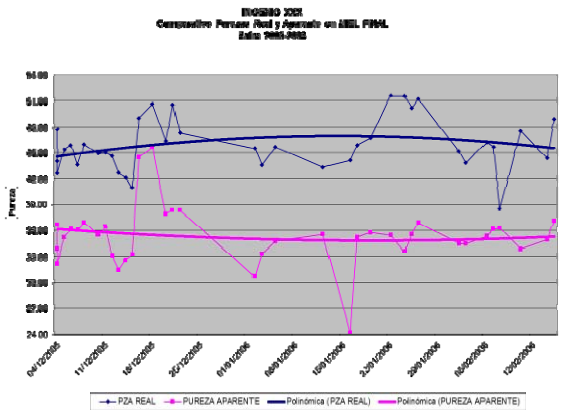


Figura 8 El Salvador 2005/2006

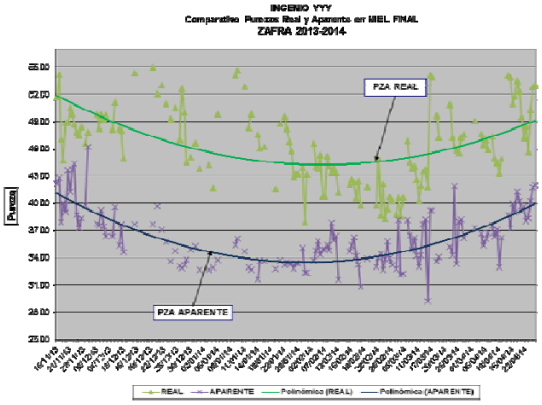


Figura 11 El Salvador 2013/2014

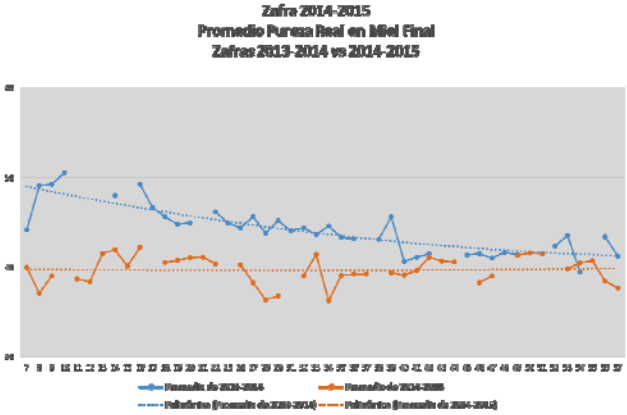


Figura 12 El Salvador 2014/2015

Las experiencias de los últimos 25 años, confirman resultados de SPRI (Sugar Processing Research Institute, Lousiana, USA, 1990), y CENGICAÑA zafra 2004-2005, sobre el rango de purezas reales en la miel final, y su comparación con la Polarimetría, como se puede observar a continuación:

CONCLUSIONES:

El estudio y resultados de más de 25 años, han probado científicamente a través de pruebas de validación de métodos, que el método oficial de polarimetría no es exacto para el análisis de miel final, y el método HPLC si provee la exactitud y veracidad requerida para dichos tipos de análisis, confirmando que existe en promedio +10% de Sacarosa en las mieles finales, no reportadas en sistemas Polarimétricos.

La causa principal es el efecto de niveles considerables de las diferentes concentraciones de glucosa, fructosa y otros azúcares con poderes rotatorios ópticos diferentes, unos negativos, y otros positivos en la miel final, los cuales generan lecturas polarimetricas falsas y típicamente bajas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ICUMSA, "Libro de Métodos ", Comisión Internacional para la Uniformidad de los Métodos de Análisis de Azúcar, Berlín, Alemania (2007).

2. Clarke, M. A. " Analysis of Sugars in Foods " , Sugar Processing Research Institute , Inc , New Orleans, Louisiana , USA , (1992).

3. ISO 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

REVIEW ON WORLDWIDE ACTIVITIES ON PRESSURE FILTERING AND NIR POLARIMETRY ON CANE SUGAR PROCESSING.

REVISIÓN DE LAS MÁS RELEVANTES INVESTIGACIONES SOBRE EL FILTRADO A PRESIÓN Y LA POLARIMETRÍA NIR PARA EL PROCESO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

M. Kuchejda, S. Yilmaz.
Schmidt + Haensch GmbH, Waldstr. 80/81, 13403 Berlin, Germany

RESUMEN

Debido al incremento de las preocupaciones en asuntos medioambientales y referentes a la salud pública, se han incrementado las actividades de investigación a nivel mundial para intentar reemplazar el clarificado de las muestras de caña de azúcar usando acetato de plomo, para optimizar la calidad del azúcar y el proceso de la misma. El problema por el que muchos ingenios aún utilizaban acetato de plomo para el clarificado, era el complicado proceso de preparación de una muestra. Este problema ha sido erradicado con el nuevo método de filtración por presión neumática desarrollado por SCHMIDT + HAENSCH evitando cualquier tipo de turbidez, decoloración o cualquier modificación química, pues el clarificado se realiza sin ningún añadido químico.
Palabras clave: filtracion a presion, Polarimetría NIR, caña, acetato de plomo, clarificacion

ABSTRACT

Due to increasing environmental and health concerns, there has been increased research activity worldwide to replace lead acetate clearing for sample preparation and optimizing the quality of sugar and process parameters. Some of the problems which hindered the acceptance of these new methods era connected to the delicate sample preparation. These difficulties are now solved with a new pressure filtration method developed by SCHMIDT+HAENSCH avoiding any turbidity, decoloring and chemical modifications thanks to the absence of chemical agents.
Keywords: pressure, filtering NIR, Polarimetry, cane, lead acetate, clarification

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de las preocupaciones en asuntos medioambientales y referentes a la salud pública, se han incrementado las actividades de investigación a nivel mundial para intentar reemplazar el clarificado de las muestras de caña de azúcar usando acetato de plomo, para optimizar la calidad del azúcar y el proceso de la misma. El problema por el que muchos ingenios aún utilizaban acetato de plomo para el clarificado, era el complicado proceso de preparación de una muestra. Este problema ha sido erradicado con el nuevo método de filtración por presión neumática desarrollado por SCHMIDT + HAENSCH evitando cualquier tipo de turbidez, decoloración o cualquier modificación química, pues el clarificado se realiza sin ningún añadido químico.

La pequeña desviación sistemática de los resultados debida al aclarado de las muestras con acetato puede ser fácilmente corregido por el uso de un factor. Generalmente hay evidencia de una mejora cualitativa de la calidad de la caña recientemente cortada que conlleva un incremento en los ingresos. Esto abre la posibilidad de incrementar la calidad de la plantacion, su fertilización y también el ingreso de los cañeros. Todo el proceso de la caña de azúcar se puede ver mejor rentabilizado por el uso de este nuevo método de filtrado obteniendo elevados contenidos de azúcar y empleando para ello un número menor de recursos. Una comparación comprensible de métodosfue realizada por M. Schoonees (1) donde se mostró que usando un factor de corrección se puede encontrar una perfecta concordancia entre los resultados obtenidos de muestras con plomo y muestras filtradas.

La polarimetría NIR se ha introducido en toda la industria azucarera a nivel mundial para sustituir el método tradicional de clarificado usando plomo. La polarimetria NIR se ha mostrado como la mejor alternativa y

ofrece además de razones medioambientales, poderosas ventajas económicas que otras aproximaciones estudiadas. Por ejemplo, el uso de agentes clarificantes alternativos al plomo, como sales de Aluminio, diferentes productos comerciales, etc, tiene menor eficiencia y no puede eser utilizado con muestras muy oscuras. Los métodos directos para la determinacion de la sacarosa (e.g. cromatografía) no son, en general, aptos a la hora de insertarlos en la rutina de los laboratorios, y los métodos encimáticos no son lo suficientemente simples y fiables. Métodos de análisis secundarios como la espectroscopia NIR necesitan de calibraciones constantes y una validación por medio del uso de métodos primarios como la polarimetría y la refractometría. Esto implica unos enormes costes y tener que variar los parametros para aceptar las variaciones producidas por los cambios en las materias primas (e.g. diferente fertilización, propiedades del subsuelo, características propias de la caña, cambios climáticos, diferencias regionales, etc).

Al comenzar a emplear la polarimetría NIR, muchos ingenios usan un polarímetro dual (VIS y NIR). Esta configuración es especialmente importante en e período de transición, (al cambiar el clarificador de acetato de plomo y empezar a emplear la polarimetría NIR). Así, muchos ingenios comparan la funcionalidad del método de filtración a presión por medio de comparar los resultados de muestras clarificadas tradicionalemente en espectro visible (VIS a 589 ó 587nm) con los obtenidos tras filtraje en espectro cercano al infrarrojo (NIR aproximadamente a 882 nm).

La preparación de la muestra es crucial para el buen funcionamiento del método de polarimetria NIR. Las muestras han de ser filtradas primeramente utilizando un papel de filtro (e.g. Whatman 91 o equivalente) y un añadido (diatomita, filtercel o celite). La turbidez y mala capacidad de filtración de la muestra puede complicar la preparación de muestras no clarificadas e interferir en las mediciones. La preparación puede resultar tediosa, pues según qué muestras conlleva un elevado tiempo. Por esta razón, se recomienda utilizar equipo de filtración que acelere este proceso. Unidades de filtración con pequeñas camaras de vacío pueden ser utilizadas para este propósito, pere son muy susceptibles a cambios en la presión que provocan diferentes calidades de filtrado. Una nueva unidad de filtrado a presión (AUTOFILT) ha sido desarrollado y el cual ayuda a solucionar todos los problemas anteriormente mencionados, acelera la preparación de la muestra y ofrece resultados fiables y trazables. Este método de filtrado a presión las muestras son mezcaldas con el añadido de filtrado, la filtración se produce por efecto de aire a presión. El tiempo de filtración de una muestra de 200mL está comprendido entre 30 segundos y un minuto.

Una breve reseña historica de las investigaciones en el campo del análisis libre de plomo y la polarimetría NIR

- **1998: 22th ICUMSA Session, Berlin, Germany. J. Keitel: Polarimetry and Quartz plates**

Con el proposito de servir de estandar de calibración se llevaron a cabo un conjunto de medidas precisas por un grupo de entidades incluyendo el Instituto Metrológico Alemán (PTB), el Instituto del Azúcar de Brunswick y Schmidt+Haensch. Tras estos experimentos se incluyó la determinación de la dispersión rotatoria óptica (ORD) del cuarzo y de la sacarosa con la mayor exactitud de medida posible en el rango 400 hasta 900 nm como una función de la longitud de onda, concentración y temperatura. Este trabajo resultó en una nueva formulación para el calculo de la dispersión rotatoria de placas de cuarzo y disoluciones de sacarosa, así como la determinación de coeficientes para la compensación de temperatura (2), que se emplea actualmente para la calibración de polarimetros. Estos resultados fueron adoptados por ICUMSA en el libro de Métodos oficial para Polarimetria en Mayo de 1998.

- **2001: Veronique SENS_CERF_Reunion Island**

Un trabajo anterior efectuado en CERF en 2001 con ayuda del AUTOFILT de Schmidt+Haensch para la filtración y los polarimetros SACCHAROMAT (587nm / 882nm) y el polarímetro circular POLARTRONIC NIR W2 equipado con una longitud de onda de 882nm. El principal objetivo de este trabajo fue encontrar las condiciones óptimas para la disolución, el fipo de filtro, los añadidos a emplear y el procedimiento de filtraje para diferentes productos como bagajo, agua de empuje, siropes y jugos crudos. Además se investigó la diferencia de polarización en una disolución clarificada por plomo y una disolución sim plomo NIR. La investigación mostró claramente que el plomo cambia la composición de la disolución de azúcar, especialmente de ciertos constituyentes no-sacarosos (también llamados azúcares invertidos). Los valores

Pol de las medidas en muestras sin plomo fueron inferiores para todas las melazas analizadas. El trabajo concluyó que no se puede esperar el mismo valor Pol para muestras con y sin plomo. Especialmente si las muestras son de productos de bajo grado de azúcar. (3)

- **2003: M. Schoonees, Sugar Milling Research Institute. University of Natal, Durban, South Africa**

En este trabajo Schoonees demuestra que los valores Pol obtenidos en muestras clarificadas con acetato de plomo son erróneos pues la actividad óptica de componentes como la fructosa y glucosa se ven seriamente afectada por el tratamiento químico. Se pudo probar en la investigación del año 2002 /03 una importante desviación de los valores Pol entre muestras clarificadas con plomo y su valor teórico si se toma en cuneta componentes ópticamente activos como la glucosa y la fructosa. De hecho, diferentes matrices fueron medidas por ambos métodos: la clarificación con plomo no sólo elimina el color de la muestra sino que también elimina una importante cantidad de los componentes no-sacarosos (-66% de dextranos de elevado peso molecular y -11% de la fructosa), mientras que la filtración por aire a presión no altera en absoluto la composición química de la muestra. En muestras con altas concentraciones de azúcares invertidos (e.g. melazas) es mayor la diferencia de los resultados entre ambos métodos (3). La concentración de estos elementos no-sacarosos depende de la composición de los elementos de la caña y de la degradación microbiana.

Lead Pol (%)	*Pol derived (%)*	*Led pol - pol derived*
28,88	*26,05*	*2,83*
27,69	*25,34*	*2,35*
30,45	*26,80*	*3,65*
30,00	*26,41*	*3,59*
28,39	*24,42*	*3,97*
29,82	*26,29*	*3,53*

Table 1:Valores Pol de melazas en la temporada 2002/03 en Sudáfrica. Clarificacion acetato Plomo

NIR pol (%)	*Pol derived (%)*	*NIR pol - pol derived*
26,48	*27,36*	*0,84*
27,96	*27,21*	*0,79*
29,41	*28,05*	*1,38*
26,47	*25,70*	*0,80*
31,41	*31,65*	*0,22*
29,06	*28,99*	*0,09*

Table 2: Valores Pol de melazas en temporada 2002/03 en Sudáfrica. NIR Polarimetria

Como puede verse, la tabla 2 ofrece una significativa mejora de la exactitud por medio del uso de Polarimetría NIR.

En el marco de este estudio también se analizaron otros productos de un ingenio. La siguiente tabla muestra los resultados y la diferencia entre ambos métodos (clarificacion por plomo y filtrado por aire+Pol NIR) (1)

Product	*Lead Pol (%)*	*NIR pol (%)*	*Lead pol – NIR pol*
Jugo mixtos	*11,27*	*11,24*	*0,03*
Raw sugars	*98,03*	*97,98*	*0,05*
Melazas	*31,82*	*28,43*	*3,39*

Table 3: Comparacion de valores Pol para clarificacion con Plomo y Pol NIR en Sudáfrica

- **2008: J.D. Snoad et al. The mulgrave centrall Mill Co Ltd, Queensland, Australia**

ICUMSA realizó trabajos previos en Australia midiendo muestras de jugos de caña y análisis de Polarización, como resultado se amplió oficialmente el rango de las longitudes de onda hasta los 882,6 nm dentro del espectro cercano al infrarrojo (NIR). Una nueva definición de la dispersíon óptica rotacional del cuarzo y una dispersión relativa de disoluciones de azúcar entre los 407 y los 900nm se definieron oficialmente. A la vista de este desarrollo fue necesario repetir los trabajos de investigación del filtraje a presión con celite combinado con la polarimetría NIR bajo las nuevas condiciones oficiales. Un total de 272 muestras fueron analizadas entre los agnos 2005 al 2007 para comparar la clarificación de plomo con la Polarimetría NIR

Samples	*2005*	*2006*	*2007*	*All data*
Number of samples	*189*	*18*	*65*	*272*

Standard deviation the difference between Methods(°Z)	*0,098*	*0,063*	*0,104*	*0,100*
Standard deviation of the difference between methods (P%J)	*0,023*	*0,015*	*0,025*	*0,024*

Table 4: Variacion de resultados en función de los métodos de preparación de las muestras

Los autores concluyeron que el AUTOFILT de Schmidt+Haensch con el añadido Celite 577 y midiendo con un polarímetro NIR es el método más efectivo pues dota de mayor fiabilidad al análisis polarimétrico. El procedimiento ofrece una repetitibilidad del 95% de 0,0085 °Z, perfectamente comparable a la que ofrecía el aclaramiento de plomo de 0,080°Z. Así pues, el AUTOFILT de Schmidt+Haensch se confirma como la mejor alternativa al método tradicional de clarificación con acetato de plomo.

- **2012: 27th ICUMSA Session, L. Corcodel (Reunion, France)** (4)

Bajo el tema "Proceso de la caña de azúcar" se describieron métodos de medida de contenidos de azúcar, sólidos solubles y cantidad de fibra en caña. La aplicación del método "Wet disintegrator" se reportó de bjo uso debido al tiempo requerido para la extracción de la muestra. Un elevado número de diferentes técnicas para obtener jugos de caña son explicados en esta sesión.

- **2014: 29th ICUMSA Session, Camille Roussel (Reunion, France)**

Durante el periodo 2012-14 se realizó una encuesta referente al método de preparación de muestras que se están utilizando. Los métodos más comunes resultaron ser:

1. Método de presión indirecta (Isla Reunion, Mauricio, Brasil y varios países africanos)
2. Método de desintegrador húmedo (Sud-África, Tanzania, Burkina Faso)

Los métodos de clarificación de las muestras:

1. Acetato de plomo: Marruecos, Senegal, Gabón, Rep. Centro Africana.
2. Filtracion a Presión + Polarimetría NIR: Reunion, Mauricio, Sud-África, Burkina Faso, Camerún
3. Cloruro de Aluminio: Brasil
4. Octapol: USA

La reunión concluye con la cita "el método de filtración a presión con Polarimetría NIR y análisis usando una presa hidráulica ha sido eficientemente usado a nivel mundial". Además, ICUMSA recomienda un nuevo método para "la determinación del contenido aparente de azúcar por polarización, contenido de sólidos solubles por refractometría y contenido de fibra (calculado) en la caña utilizando aire a presión para obtener el jugo de la caña, filtración a presión y polarimetria NIR"

CONCLUSIÓN

Como resultado de todas estas actividades en la última década, se realiza una nueva tentativa "Método ICUMSA GS7-31 (2013) The determination of Pol by NIR Polarimetry and Brix for Sugarcane and Factory Product" fue escrito, el cual es aplicable a todos los productos derivados de la caña como Jugo mezclado, filter cake, melazas, bagazos, massecuite,etc. Actualmente este método se está empleando en los moledores de caña como método de remuneración.

Product	Dilution(w/w)	Filter aid quantity (g)	Polarimeter tube length (mm)
Cane analysis	780 g + 2080 g	8 g / 200 mL	100
Mixed juice	No Dilution	15 g / 200 mL	
Syrup A Massequite, B Massequite, A Molasses Massequite, A	1/6	15 g / 200 mL	100
C massequite, B Molasses and final Molasses	1/20	1/6	100
Bagasse	250 g +2500 g	5 g/ 200 mL	100
Filter cake	72 g + 500 mL	5 g/ 200 mL	100

Table 5: Extracto de GS7-31

Bibliografía

1. **Schooness, B.M.** Transition from leaded Pol to NIR Pol in the South African sugar Industry. *Proceedings South Africa Sugar Technologies, 2003.* 2003. Vols. 77: pp. 404-413.

2. *Rotatory dispersion of sucrose solutions and quartz in the near infrared.* **Emmerich, A. Keitel, J., Mösche, M. and Seiler, W.** s.l. : ICUMSA 1897-1997 Anniversary paper. German National Committee of ICUMSA, Brunswick, 25pp, 1998.

3. *Trials on NIR Polarimetry made in 2001 at CERF.* **Sens, V.** s.l. : Reunion Island. CERF, 2002.

4. **al, Corcodel et.** Polarization by filtration for cane payment and factory control. *Proc. Int. Societa Sugar Cane Technologies.* 2008. Vol. 27.

5. **(2003b), ICUMSA.** Method OSI/213-2 (2002): The Determination of the Polarisation of Raw Sugar without Wet Lead Clarification - Tentative. *ICUMSA Methods Book.* s.l. : ICUMSA , 2003.

6. **(2003a)., ICUMSA.** Specification and Standard SPS-l (2002): Polarimetry and the International Sugar Scale - Official. *ICUMSA Methods Book.* 2003. Vol. 1, ICUMSA Methods Book.

7. **Keitel, J.** Polarimetry and Quartz Plates. Proceedings of the ICUMSA, 22nd Session. *Proceedings of the ICUMSA, 22nd Session.* s.l. : ICUMSA/lnternational Media Ltd., 1998. West Olarnorgan, 207-212.

8. **Paton, N.H., Player M.R., Urquhart, R.M. and Duong M.** The use of near infrared polarimetry to determine the polarization of raw sugar. s.l. : Zuckerind., 1993. Vols. 118: 705-709.

9. **Pistocchi, M., Pellizzari, S. and Milani, D.** Utilizzo della Polarimetria NIR nel Laboratorio Chirnico di Zuccherificio. s.l. : L'lndustria Saccarifera ltaliana, pp 166-170, 2003.

10. **Snoad JD., Thomas NS., Mulgrave Central Mill Co Ltd, Australia,.** "A Study of juice analysis by celite filtration and near infrared polarimetry as an alternative to lead clarification. s.l. : International sugar Journal, 2008. Vols. Vol.110,No.1313.

11. **Kuchejda, M. Ramirez, S. Yilmaz, S.** NIR polarimetry / sample preparation for sucrose measurement and assessment of an automated system for color, turbidity and ash determination. *International Sugar Journal.* s.l. : International Sugar Journal, 2005. Vols. VOL.107, no.1227,pp.302-305.

12. **Roussel, C.** Referees report GS5 Cane. *29th Session ICUMSA.* Brasil : ICUMSA .

13. **Jones, N.** Progress report- GS 4 "Molasses" . s.l. : ICUMSA, 2014.

DERIVADOS

FRUCTOLIGOSACÁRIDOS (FOS), UN DERIVADO DEL AZÚCAR DE ALTO VALOR AGREGADO, LA ENZIMA FRUCTOSILTRANSFERASA 1-SSTrec LA VÍA PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE

FRUCTOOLIGOSACCHARIDES (FOS), A SUGAR DERIVATIVE OF HIGH ADDED VALUE, THE 1-SSTrec FRUCTOSYLTRANSFERASE ENZYME PATHWAY FOR SUSTAINABLE PRODUCTION

Enrique Rosendo Pérez Cruz[1]*, Duniesky Martínez García[1], Luis Enrique Trujillo Toledo[2], Alina Sobrino Legón[1], Carmen Menendez Rodríguez[2], Ricardo Ramirez Ibañez[2], Iván Rodríguez Rico[3], Gumersindo Feijoo Costa[4], Juan Manuel Lema Rodicio[4] and Lázaro Hernández García[2]

[1]Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Sancti Spíritus. CUBA.
[2]Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. La Habana, CUBA.
[3]Departamento de Ingeniería Química. Universidad Centra de las Villas. CUBA
[4]Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Santiago de Compostela. ESPAÑA
* Corresponding author: Enrique Rosendo Pérez Cruz: enrique.perez@cigb.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo presentamos el desarrollo de un biocatalizador no fúngico que convierte la sacarosa de forma eficiente en FOS de cadena corta, en particular 1-kestosa (GF2). La enzima seleccionada es la sacarosa:sacarosa 1-fructosiltransferasa (1-SSTrec) de origen vegetal expresada constitutivamente a niveles altos en *Pichia pastoris*. Después de una fermentación en cultivo incrementado, la enzima recombinante es recobrada del sobrenadante de cultivo con pureza superior al 75 % a través de una etapa de ultrafiltración-concentración, para posteriormente ser liofilizada. La reacción de la enzima libre a altas concentraciones de sacarosa (600-800 g/L) ocurre en un reactor tanque agitado para producir 1-kestosa, la cual representa más del 50% de los azúcares totales en la mezcla de reacción. Esta mezcla puede ser separada y refinada por diferentes tecnologías existentes en industrias de los derivados de la caña de azúcar para obtener fructooligosacáridos de alta pureza, los que son muy demandados en las industrias farmacéuticas y de alimentos funcionales.

Palabras claves: *Enzima fructosiltransferasa, fructooligosacáridos, 1-kestosa y derivados de la azúcar.*

ABSTRACT

We will present the development of a non-fungal biocatalyst that efficiently converts sucrose into short-chain FOS, particularly 1-kestose (GF2). The enzyme of choice was a plant sucrose:sucrose 1-fructosyltransferase (1-SSTrec) produced constitutively to high levels in the yeast *Pichia pastoris*. After fed-batch fermentation, the culture supernatant containing the recombinant enzyme with initial protein purity above 75% is dialyzed and concentrated by a single ultrafiltration step and then submitted to a lyophilisation process. The free enzyme is operated in a stirred tank reactor at high sucrose concentrations (600-800 g/L) to produce 1-kestose, which reaches to represent more than 50% of total sugars in the reaction mixture. This mixture can be separated and polished by different existing technologies in the industry derived from sugar cane to obtain high purity fructooligosaccharides, which have a great demand in the pharmaceutical and functional foods industries.

Key words: *fructosyltransferase enzyme, fructooligosaccharides, 1-kestose and sugar derivative.*

INTRODUCCIÓN

Los FOS están compuestos por cadenas lineales con 1-9 residuos de fructosa enlazados a una molécula de sacarosa por enlace β 2→1 [1]. La importancia de estos compuestos radica en que pueden utilizarse como

ingredientes no digeribles de la dieta, tanto de humanos como de animales, brindando un efecto prebiótico, al producir efectos beneficiosos mediante la estimulación selectiva del crecimiento o la actividad de uno o más tipos de microorganismos en el colon. Entre dichos microorganismos se encuentran *Lactobacillus* y *Bifidobacterias* [2]. En la naturaleza, los FOS son producidos por acción de enzimas tipo fructosiltransferasas (FTasa, EC 2.4.1.9) y β-fructofuranosidasas (FFasa EC 3.2.1.26) de plantas, hongos, bacterias y algunas levaduras [3]. La producción industrial de FOS, actualmente, se realiza siguiendo dos estrategias: degradación parcial de inulinas [1,4] o síntesis enzimática a partir de la sacarosa, con empleo de enzimas FFasa con alta actividad transfructosilasa o FTasa, producidas por hongos (*Aspergillus sp y Aureobasidium pullulans*) (5,6). Ambas tecnologías dan lugar a una mezcla de FOS, que varía su grado de polimerización (GP) de 2 a 10, cuyos principales componentes son: 1-kestosa (GF_2), nistosa (GF_3), fructosilnistosa (GF_4), bifurcosa (GF_3), inulobiosa (F_2), inulotriosa (F_3) e inulotetraosa (F_4). La 1-kestosa es el FOS de mayor interés comercial, por su doble efecto de edulcorante hipocalórico y prebiótico, así como por su posible uso como azúcar para diabéticos [7].

El mercado de fructooligosacáridos mantiene una tendencia creciente y según los Analistas de Industrias Globales Inc. (GIA), alcanzará en los Estados Unidos $225,1 millón para 2015, mientras se espera que las ventas europeas lleguen a los $1,17 mil millones [8]. En China los FOS (polvo con un 95% pureza) se comercializaron en diciembre del 2012 a un precio de 8 347 USD/t (Guo et al., 2013). En el futuro mantener una tendencia creciente en el mercado de FOS precisa de reducir sus costos de producción y expandir sus aplicaciones en la formulación de alimentos funcionales y nutracéuticos.

Los complejos procesos tecnológicos de bajos rendimientos en extracción y purificación de las enzimas FFasa y FTasa [9, 10], ha conducido a que se empleen sistemas inmovilizados de células o enzimas en la transfructosilación industrial de la sacarosa en FOS [1,11]. Además esta situación tecnológica es la causa de que no existan enzimas fructosiltransferasas comerciales para uso industrial [12] y que por tanto tenga que coexistir en una misma fábrica la producción de biocatalizador y producción de FOS.

Una alternativa para simplificar los procesos de extracción de enzimas para producir FOS, es la obtención de fructosiltransferasas recombinantes a partir de su expresión en la levadura *Pichia pastoris.* Siguiendo esta estrategia, en nuestro laboratorio se obtuvo altos niveles de expresión constitutiva en *P. pastoris* de la enzima sacarosa:sacarosa 1-fructosiltransferasa (1-SSTrec) de origen vegetal [13]. El empleo de esta cepa recombinante en la obtención de una enzima fructosiltransferasa y su potencial uso en la producción industrial de FOS son descritos en este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción de 1-SSTrec.

La cepa recombinante de *Pichia pastoris* CIGB 308 fue cultivada en un fermentador de 5 L siguiendo una estrategia de cultivo incrementado. Durante la fase de cultivo discontinuo la cepa creció en un medio salino suplementado con sacarosa 50 g/L y extracto de levadura 5 g/L y en la fase de incremento se suministró una solución de sacarosa 500 g/L. La temperatura se mantuvo a 28ºC y el pH 5,5. La agitación se varió de 500 a 900 rpm y el flujo de aire de 1-2 vvm a para mantener el oxígeno disuelto superior a 20%. La duración de la fermentación fue 72 horas. Posteriormente, el cultivo se centrifugó separando biomasa de sobrenadante de cultivo. El sobrenadante de cultivo es filtrado por 0,2 µm, antes de ser concentrado y diafiltrado en ultrafiltro de 30kDa. Finalmente el extracto crudo de 1-SSTrec es liofilizado.

Actividad enzimática.

Una unidad de actividad enzimática (U) de 1-SSTrec se definió como la cantidad de enzima que libera 1µmol de glucosa por minuto a velocidades iniciales de la reacción en una solución de sacarosa a 1,46 M en tampón acetato de sodio 0,1 M, pH 5,5 a 30°C

Producción de fructooligosacáridos.

Un reactor enchaquetado tipo tanque agitado fue alimentado con una solución de sacarosa a concentraciones de 600-800 g/L y pH 5,5 a 25ºC y se le adicionó 1-SSTrec a razón de 900- 6000 U/L una vez alcanzada la temperatura de operación 45ºC. La agitación fue controlada para mantener el sistema homogéneo. El tiempo

de reacción fue determinado por simulación en Matlab de la reacción cinética, de la desactivación enzimática y la transferencia de calor.

Cuantificación de fructooligosacáridos.

El análisis cuantitativo de las muestras se realizó por HPLC de un sistema isocrático combinado con detección por índice de refracción para el análisis de carbohidratos. Se aplicaron 20 µL de muestra a una columna Aminex HPX 42-C (BioRad, Richmond), con un flujo de trabajo de 0,5 mL/min, una presión de aproximadamente 52 bar y una temperatura de trabajo de 85°C. El solvente utilizado fue agua destilada. Se empleó un detector de índice de refracción Knauer Differential-Refractometer. Los resultados se analizaron con ayuda del paquete informático BioCrom, versión 3,0, CIGB, 1996-1997.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de la cepa de *Pichia pastoris* CIGB 308 en las condiciones descritas en materiales y métodos permitió obtener rendimientos de 375,0 ± 9,2 g/L de peso húmedo, la actividad enzimática extracelular fue de 101,6 ± 9,5 U/mL y la intracelular 38,9 ± 5,4 U/mL (103,7 U/g de biomasa húmeda equivalente a 364,4 U/g de peso seco). Estos rendimientos de actividad en biomasa por litro de cultivo son superiores entre 5 a 6 veces a los máximos al reportado para cepas de hongos que usaron las células en conformar biocatalizadores para producir FOS [14, 15, 16, 17]. En cuanto a los niveles obtenidos de actividad extracelular de 101,6 ± 9,5 U/ml clasifica como rendimientos altos, que superan la media de los máximos reportados para enzimas FTasa o FFasa producidas por cepas de hongos cultivadas en fermentadores [18, 19, 20].

Los rendimientos de la extracción de 1-SSTrec a partir del sobrenadante de cultivo siguiendo el procedimiento descrito en materiales y métodos fue 81360 U/L de cultivo equivalente a 22,1 g de liofilizado con una actividad específica de 18400 U/g. El recobrado fue superior al 95% y pureza de la enzima mayor al 75% por SDS-PAGE. La 1-SSTrec liofilizada fue estable a temperatura ambiente por al menos un año.

La producción de FOS catalizado por la 1-SST muestra un similar perfil de producto para todas las concentraciones de sacarosa ensayadas (Figura I). Los máximos rendimientos alcanzados fueron de 55-60% de FOS, con la particularidad que la composición de 1-kestosa es superior al 50% de carbohidratos totales en la mezcla y más de 90 % entre los FOS. Esta composición de 1-kestosa (>50%) es muy superior a las obtenidas por enzimas fúngicas (<35%), para similar conversión de sacarosa en FOS [21]. Este resultado constituye una ventaja tecnológica adicional del uso de la 1-SSTrec en la producción FOS, pues aplicando tecnología existente para separación de azúcares industrial (Ej. Cromatografía de Lecho Móvil Simulado o adsorción a carbón activado) que discrimen mono y disacáridos de los fructooligosacáridos, se obtendrá un licor de 1-kestosa una pureza superior al 90% y que además posibilita su cristalización [22]. Productos de similar grado de pureza solo existe en el mercado para propósitos analíticos a precios prohibitivos para su uso en alimentos funcionales o nutracéuticos.

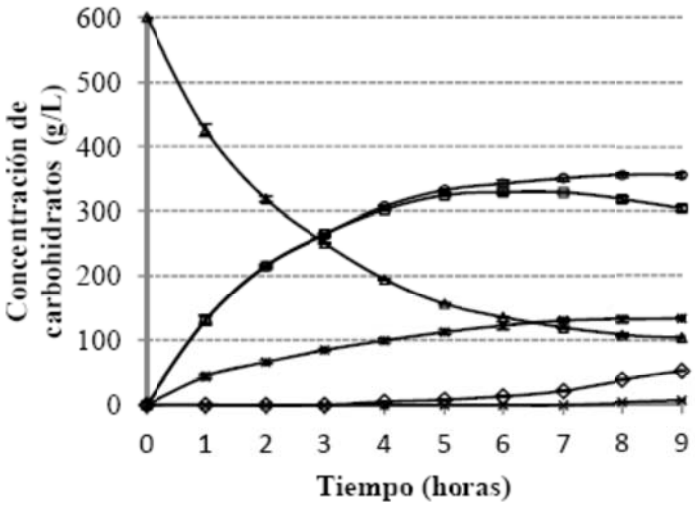


Figura I: ***Curso temporal de la reacción catalizada por la 1-SSTrec a 600 g/L de sacarosa inicial en 0,1 M de tampón acetato de sodio pH 5,5, 45°C, y 100 rpm.*** *Los datos representan las medias de tres experimentos ± la desviación estándar y los símbolos (Δ) Sacarosa, (□) 1-kestosa, (◊) Nistosa, (x) Glucosa, (*) Fructosa, (o) FOS*

CONCLUSIONES

Los altos rendimientos, el simple proceso de producción, la formulación en polvo estable a temperatura ambiente y su fácil introducción en fábricas existentes, convierten a la 1-SSTrec en la fructosiltransferasa de uso industrial demandada para la expansión de la producción de FOS. Además su empleo en la producción industrial de FOS generará un producto de mayor calidad a los existentes en el mercado.

REFERENCIAS

1. Yun J W. Fructooligosaccharides Ocurrence, preparation and application. *Enzyme and Microbial Technology* (1996) 19:107-117.
2. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* (1995) 125(6):1401–1412.
3. Guío F, *et al*.. Recent trends in fructooligosaccharides production. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* (2009)1: (3).
4. Franck A. Technological functionality of inulinand oligofructose. *British Journal of Nutrition* (2002) 87 (2): S287-S291.
5. Domínguez AL *et al*. An Overview of the Recent Developments on Fructooligosaccharide Production and Applications. *Foods and Bioprocess Technol.* (2014) 7: 324-337.
6. Ganaie MA, Lateef A y Gupta US. Enzymatic trends of fructooligosaccharides production by microorganisms. *Appl Biochem Biotechnol* (2014) 172: 2143–2159.
7. Vega R y Zúniga Hansen ME. Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides with high 1-kestose concentrations using response surface methodology. *Bioresource Technology* (2011)102: 10180-10185.
8. Choi JM, Han SS, Kim HS. Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects. *Biotechnol Adv*. (2015) 6. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.02.014.
9. Maiorano AE, *et al*. Microbial production of fructosyltransferases for síntesis of pre-biotics. *Biotechnol Lett* (2008) 30: 1867–1877
10. L'Hocine L *et al*. Purification and partial characterization of fructosyl transferase and invertase from *Aspergillus niger* AS0023. Journal of Biotechnology (2000) 121: 73-84.
11. Yun JW and Song SK. Enzymatic Production of Fructooligosaccharides from Sucrose. Methods in Biotechnology, Vol. 10: Carbohydrate Biotechnology Protocols (1999) Edited by: C. Bucke © Humana Press Inc., Totowa, NJ.
12. Vega R y Zúniga Hansen ME. Potential application of commercial enzyme preparations for industrial production of short-chain fructooligosaccharides. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* (2012)76 44–51.
13. Pérez ER, *et al*. Método de obtención de 1-kestosa. *Patente WO* 2014/044230 A1.
14. Cruz R, *et al*. Production of fructooligosaccharides by the mycelia of *Aspergillus japonicus* immobilized in calcium alginate. *Bioresour Technol* (1998) 65:139–143
15. Dorta C *et al*. Sugarcane molasses and yeast powder used in the Fructooligosaccharides production by *Aspergillus japonicus*-FCL 119T and *Aspergillus niger* ATCC 20611. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. (2006) 33(12): 1003-1009.
16. Shin HT, *et al*. Novel method for cell immobilization and its application for production of oligosaccharides from sucrose *Lett Appl Microbiol*. (2004)38(2):176-9
17. Vandáková M, *et al*.. Optimization of cultivation conditions for production of fructosyltransferase by *Aureobasidium pullulans*. *Chem Pap* (2004) 58(1):15–22
18. Vaňková K, Antošová M y Polacovič M. Design and economics of industrial production of fructosyltranferase. *Chem Pap* (2005) 59:441–448.
19. Dhake AB y Patil MB Effect of substrate feeding on production of fructosyltransferase by *Penicillium purpurogenum*. *Braz J Microbiol* (2007) 38:194–199
20. Driouch H, Roth A, Dersch P y Wittmann C. Optimized bioprocess for production of fructofuranosidase by recombinant *Aspergillus niger*. *Appl Microbiol Biotechnol* (2010) 87:2011–2024.
21. Kovács Z, *et al*. Recent Developments in Manufacturing Oligosaccharides with Prebiotic Functions. Adv Biochem Eng Biotechnol (2013). DOI: 10.1007/10_2013_237 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
22. Nishizawa K, et al. Crystalline 1-kestose and process for preparing the same. *Patent* (2002) US6479657 (B1).

MAPA DE LAS CONDICIONES CORROSIVAS, PRIMER PASO PARA ELEVAR LA EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO Y REDUCIR COSTOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

CORROSIVE CONDITIONS MAP, FIRST STEP FOR MAINTENANCE EFFICIENT INCREASING AND DECREASING COST IN SUGAR INDUSTRY

Autores: Andrés Gómez Estévez * (1); Indira Pérez Bermúdez (1); Arelis Rodríguez Padrón (1); Mercedes Sosa Hernández (1); Marianela Cordobés (1); Ma. Beatriz Ramos Tejera (2); Daniel Valdés Cárdenas (2); Angel Seijo Santos (2);Yusleydis González Rivero (2)

(1) ICIDCA, Inst. Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
(2) LPB, Laboratorio de Pinturas y Barnices CIIQ
* andres.gomez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

La industria azucarera como cualquier otra industria necesita la identificación precisa del ambiente corrosivo y la selección adecuada del sistema de protección anticorrosiva requerido, acciones que garantizan mantenimientos eficientes y duraderos, primer paso para elevar la eficiencia y disminuir costos de mantenimiento y en consecuencia aportar en la disminución del costo de producción. El trabajo pretende compartir experiencias en la identificación precisa del ambiente corrosivo y la selección adecuada del sistema de protección anticorrosiva, atendiendo a la norma general NC-ISO 12944-1al 8, con lo que definimos esta etapa como la base para diseñar la ingeniería de protección anticorrosiva. Para ilustrar este procedimiento se exponen los resultados de este estudio en la Empresa Azucarera “Boris Luis Santa Coloma” de Madruga, Mayabeque, Cuba.
Palabras clave: Protección anticorrosiva en la industria azucarera, Mantenimientos eficientes.

ABSTRACT

The sugar industry as any other industry needs the precise identification of the corrosive atmosphere and the appropriate selection of the required system of anticorrosive protection, just that will be adequate for efficient and durable maintenances, this is the first step to elevate the efficiency and to diminish maintenance costs and in consequence to contribute in the decrease of the cost of production. The target of this paper is to share experiences in the precise identification of the corrosive atmosphere and the appropriate selection of the system of anticorrosive protection, assisting to the general norm NC-ISO 12944-1to 8, it is the base to design the engineering of anticorrosive protection. The results obtained from this study made in the Sugar Company “Boris Luis Santa Coloma”, Mayabeque, Cuba are exposed in order to illustrate this procedure.
Key words: Anticorrosive protection in the sugar industry, efficient maintenances.

INTRODUCCIÓN

La vida útil de un recubrimiento de pintura y su efectividad como método de prevención de la corrosión dependerá, en gran medida, de una adecuada selección y/o diseño del sistema de protección, de una apropiada preparación de superficie y aplicación del recubrimiento, de la supervisión e inspección a pie de obra y del control de calidad de las pinturas y de los sistemas de protección. Este trabajo pretende compartir experiencias en la etapa de la identificación precisa del ambiente corrosivo y la selección adecuada del sistema de protección anticorrosiva requerido para garantizar mantenimientos eficientes y duraderos, así como ofertar este estudio como un servicio científico técnico con los siguientes objetivos:

- Introducir la Norma NC ISO – 12944, como Ingeniería de la Protección Anticorrosiva.
- Contribuir a la calificación de los recursos humanos del mantenimiento en la industria.
- Potenciar el empleo de los productos idóneos.
- Facilitar el diagnostico del nivel de corrosión, la adecuada selección y/o diseño del sistema de protección, instruir una apropiada preparación de superficie y aplicación del recubrimiento, así como de la supervisión e inspección a pie de obra para el control de calidad.

Para ilustrar este procedimiento se exponen los resultados de este estudio en la Empresa Azucarera "Boris Luis Santa Coloma" de Madruga, Mayabeque, Cuba.

Mapeo de las condiciones corrosivas en central "Boris Luis Santa Coloma

Se identifica en cada área del central las condiciones del ambiente corrosivo en que se encuentra, la protección actual que tiene y por último que propuesta de protección anticorrosiva eficiente se propone.

Área del Basculador y Tándem

Condiciones del ambiente corrosivo en el que se encuentra: Clasificación C3

Protección actual: No adecuada

Propuesta de protección anticorrosiva:

- *Entrada de camiones de caña:* pavimento antiabrasivo.
- *Barandas y plataformas:* pintura industrial realizando una buena preparación con primario anticorrosivo. Pintado de las estructuras metálicas con cualquiera de los 3 sistemas de la Tabla I.

Tabla I. Sistemas propuestos para estos ambientes de corrosividad C 3

No.	Sistema de pintura	No. de capas*	Espesor capa seca por producto (µm)	Espesor total (µm)	Durabilidad (años)
1	Primario anticorrosivo alquídico de óxido rojo	2	35-40	120-140	1
	EsmalteAlquídicoDuracrom	2	25-30		
2	Primario alquídico marino Marlin	2	40-45	130-150	1
	EsmalteAlquídicoDuracrom	2	25-30		
3	Primario alquídico marino Marlin	2	40-45	140-160	1
	Esmalte alquídico Ferro protector	2	30-35		

Área de Molinos

Condiciones del ambiente corrosivo en el que se encuentra:

- Área debajo de los molinos (foso): Corrosión por el carácter ácido del jugo debido a derrames o salpicaduras. Clasificación C4
- Plataformas de operación, pasamanos: Corrosión por el carácter ácido del jugo debido a salpicaduras. Clasificación C4
- Equipos auxiliares (paneles de control y encendido de equipos): Corrosión por el carácter ácido del jugo debido a salpicaduras. Clasificación C4

Protección actual: No adecuada.

Propuesta de protección anticorrosiva:

Para el área debajo de los molinos (foso): El sistema impermeabilizante desarrollado de la Línea FURAL del ICIDCA para pisos, terrazas y cubiertas transitables. Ver Tabla II.

Tabla II. Sistema impermeabilizante de la Línea FURAL, del ICIDCA, para pisos, terrazas y cubiertas transitables

Etapa	Acción	Producto a aplicar
I	Acondicionador impermeabilizante	FURAL-RI 1001
II	Resanado	Composición polimérica flexible FURAL-Rr 1001
III	Sellado	Recub. Impermeable simple y/o Masilla FAM Modificada
		Recub. Impermeable reforzado y/o Masilla FAM Modificada
IV	Capa protección final o acabado	FURAL Recubrimiento Acabado (Negro, Rojo o Verde)

Para las plataformas de operación, pasamanos: Ver Tabla III, sistemas propuestos para estos ambientes de alta corrosividad (C 4).
Equipos auxiliares (paneles de control y encendido de equipos): Ver Tabla III, sistemas propuestos para estos ambientes de alta corrosividad (C 4).

Tabla III. Sistemas propuestos para estos ambientes de alta corrosividad C 4

No.	**Sistema de pintura**	**No. de capas***	**Espesor capa seca por producto (µm)**	**Espesor total (µm)**	**Durabilidad (años)**
1	Recubrimiento epoxi de dos componentes, curado con poliaminas, con propiedades autoimprimantes	1	199	249	>15
	Esmalte poliuretano alifático de dos componentes	1	50		
2	Recubrimiento epoxi de dos componentes	1	178	228	>15
	Esmalte poliuretano acrílico de dos componentes	1	50		
3	Primario epoxi-poliamida, de dos componentes	2	131	238	>15
	Esmalte poliuretano alifático de dos componentes	2	107		
4	Imprimación epoxi de dos componentes, curado con poliamidas	1	-	236	>15
	Recubrimiento epoxi-poliamida de dos componentes	2	-		
	Esmalte poliuretano alifático de dos componentes	1	-		

Área de generación de vapor y electricidad
Condiciones del ambiente corrosivo en el que se encuentra:

- Conductos de chimeneas de evacuación de gases: Clasificación C5
- Conductos propios de las calderas, tuberías, bombas: Clasificación C5
- Pisos, plataformas y pasamanos: Clasificación C5
- Estructuras exteriores de la caldera: Clasificación C5

Protección actual: Deficiente
Propuesta de protección anticorrosiva:
Para conductos de chimeneas de evacuación de gases y entrada de aire, al igual que los propios de las calderas, tuberías, bombas deben ser protegidos antes del aislamiento con sistemas para muy alta corrosividad industrial (C 5-I y C 5-M), ver Tabla IV.
Para el área de pisos del frente de caldera lo siguiente: El sistema de la Línea FURAL. Ver Tabla II.

Tabla IV. Sistemas propuestos paramuy alta corrosividad industrial (C 5-I y C 5-M):

No.	Sistema de pintura	No. de capas*	Espesor capa seca/producto (µm)	Espesor total (µm)	Durabilidad (años)
1	Imprimación epoxi de dos componentes, curada con poliamidas.	1	46	235	5 a 15
	Recubrimiento epoxi de dos componentes, curado con poliamidas	1	128		
	Esmalte poliuretano alifático de dos componentes	1	61		
2	Imprimación epoxi de dos componentes, con elevado contenido de zinc, curada con poliamidas.	1	50	255	5 a 15
	Recubrimiento epoxi de dos componentes, curado con poliamidas	1	125		
	Esmalte poliuretano alifático de dos componentes	2	80		
3	Imprimación epoxi de dos componentes	1	131	242	5 a 15
	Esmalte poliuretano acrílico de dos componentes	1	111		

<u>Áreas de calentamiento de jugos, clarificación, filtración, evaporación, cristalización y centrifugación</u>
Condiciones del ambiente corrosivo en el que se encuentra: Todas con Clasificación C4
Protección actual: Deficiente
Propuesta de protección anticorrosiva:
Para pasamanos y plataformas los sistemas propuestos para ambientes de corrosividad C 4. Ver Tabla III.
Para el área de pisos lo siguiente romper los pisos viejos y construir nuevos, con las canales y con las inclinaciones de escurrimientos requeridos, después de 28 días de fundido el piso proteger los mismos empleando el sistema impermeabilizante desarrollado de la Línea FURAL ver Tabla II.
Este estudio de la identificación precisa del ambiente corrosivo y la selección adecuada del sistema de protección anticorrosiva para garantizar mantenimientos eficientes y duraderos se oferta por el ICIDCA no solo a la industria azucarera, pueden beneficiarse del mismo otras industrias e instalaciones turísticas y deportivas.

CONCLUSIONES

1. La identificación correcta del ambiente corrosivo en cada área permite seleccionar los sistemas de protección adecuados, esto unido al cumplimiento de la Norma NC ISO 12944 para la preparación de las superficies, el pintado, repintado, la inspección y el control de calidad garantiza una protección de no menos de 5 años de duración, además de diseñar sistemas acordes con la economía de la Empresa, política de mantenimiento, etc.
2. Este estudio de la identificación precisa del ambiente corrosivo y la selección adecuada del sistema de protección anticorrosiva para garantizar mantenimientos eficientes y duraderos es ofertado.

3. El caso del central cubano “Boris Luis” además de las ventajas de duración de la protección anticorrosiva tiene el ahorro económico por el empleo de productos desarrollados de la Línea FURAL con costos que ahorran el 40 al 50 % del sistema importado.

REFERENCIAS

- J. Cordovés Vicente, Cómo diseñar la ingeniería de protección anticorrosiva. http://www.apta.com.es/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=99
- NC ISO 12944-2:08 Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas protectores de pintura. Parte 1 a la 8.

SUSTITUCIÓN DE PARAFINA POR CERA DE CAÑA EN EL RECUBRIMIENTO DE CEBO RODENTICIDA
REPLACEMENT OF PARAFFIN WAX BY SUGARCANE WAX IN RODENTICIDE BAIT COATING

Fernández, J; Rodríguez, Y; Islén, P; García, A.

Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la Caña de Azúcar.
juanferrod52@gmail.com; Pedro.islen@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Los rodenticidas en forma de pellet que se utilizan para el control de roedores en la agricultura requieren de resistencia a la penetración del agua para evitar su deterioro, por lo cual se recubren con parafina. El ICIDCA ha diseñado un cebo rodenticida de acción anticoagulante, basado en brodifacoum como principio activo y otros componentes que son subproductos de la industria azucarera como el bagazo, la miel y la cera. Los pellets producidos por esta tecnología se recubrieron con una capa de 7.1 % y 8.8 % de cera de caña y de parafina respectivamente, usando la tecnología de inmersión en baño caliente a 80 °C. Estos pellets se probaron en sitios interiores y exteriores, donde se comprobó su efectividad al producir la muerte de los roedores. La sustitución de la parafina por la cera logra un alto grado de impermeabilización del pellet y genera un ahorro de 300 USD/t de parafina que se deje de importar.
Palabras clave: rodenticida, anticoagulante, bagazo, miel, cera

ABSTRACT

The rodenticide pellet baits used for the control of rodents in the agriculture need to have resistance to the penetration of the water in order to avoid its deterioration, that is why, they are coated with paraffin. ICIDCA has designed a rodenticide bait of anticoagulant action, based on brodifacoum as active agent and other components that are by-products of the sugar industry such as bagasse, molasses and wax.
The pellets produced by this technology were coated with a layer of 7.1 % and 8.8 % of sugarcane wax and paraffin wax respectively, using the technology of immersion in warm bath at 80 °C. These pellets were proved in interior and exterior places, where its effectiveness was verified on having produced the death of the rodents. The replacement of the paraffin by the wax achieves a high grade of waterproofing of the pellet and generates a saving of 300 USD/t of paraffin not imported.
Key words: rodenticide, anticoagulant, bagasse, molasses, wax

INTRODUCCIÓN

Los roedores constituyen una plaga de las especies cosmopolitas (R. rattus, R. norvegicus y Mus musculus), así como varias especies de la familia Cricetidae, los cuales causan daños económicos en cosechas, alimentos almacenados, viviendas y estructuras en general y además constituyen vectores epidemiológicos que trasmiten enfermedades como la peste bubónica, la leptospirosis, fiebres hemorrágicas y la hantavirosis, entre otras (Isea, 2003).
En la dirección de Bioprocesos del ICIDCA se ha diseñado y producido, a nivel piloto, cebos rodenticidas que han sido formulados con un principio activo, de efecto anticoagulante y componentes inertes entre los que se introducen derivados de la caña como el bagazo molido que sustituye entre 20 y 30 % del cereal y la

miel que actúa como aglutinante y atrayente y da mayor palatabilidad al producto final, producido en forma de pellet (Islén, 2013).

A nivel internacional, se comercializan diferentes marcas de rodenticidas recubiertos con parafina, cuya función es producir una película en la superficie exterior del pellet, con el objetivo de actuar como una barrera contra la penetración del agua, ya que este es un requerimiento fundamental que debe tener este producto para la lucha contra los roedores en la agricultura. Si el pellet está desnudo o el recubrimiento es inadecuado, se produce un incremento de la humedad del mismo que lo deteriora debido a la proliferación de hongos y lo convierte en un producto no palatable, por lo que el roedor no lo consumirá.

Las ceras de parafinas son unos sólidos blancos o ligeramente amarillentos, inodoros, que se obtienen a partir del petróleo; las mismas están constituidas por una mezcla de hidrocarburos de alto peso molecular, principalmente alcanos saturados. Poseen un peso molecular que oscila en el rango de 350-420 (dependiendo del grado técnico de las ceras), y un punto de fusión que comúnmente va de 46 °C a 68 °C. Son insolubles en agua o alcohol, solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos y miscibles con ceras y grasas cuando se calienta (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 2009)

En Cuba, la producción de rodenticidas se lleva a cabo por las plantas de la BIOFAM que comercializan un producto de acción biológica denominado Biorrat, la planta de Amarillas en Matanzas que produce pellets rodenticidas y una planta en Artemisa que produce rodenticida granulado de acción química, sin embargo el conjunto de estas producciones no satisface la demanda, en particular la requerida por el sector agrícola.
En tal sentido, el grupo empresarial AZCUBA ha propuesto el financiamiento para la erección de tres plantas de 200 t/a cada una con la tecnología desarrollada por el ICIDCA, teniendo en cuenta que las pérdidas en caña, por concepto de la plaga de roedores, como se observa en la figura 1, están en el orden del 10 al 15 %.

Figura 1 . Daños causado a los tallos de caña por los roedores

MATERIALES Y MÉTODOS

El formulado del rodenticida se realizó en base a 0.5 % de brodifacuom y 99.5 % de materiales inertes entre los cuales se sustituyó un 20 % del cereal por bagazo molido con tamaño de partícula por debajo de 1 mm. Se preparó una pre-mezcla con todos estos componentes conteniendo además un 8 % de miel final de la producción de azúcar de caña, ajustando la humedad a un 15 % y se pasó por un mezclador de discos del tipo Spruot Waldron, con discos del modelo D2A-507 de 30 cm de diámetro, movido por un motor de 37.4 Kw a una claridad de 2 mm. Con esta mezcla se prepararon pellets de 20.7 mm de diámetro por 25 mm de alto en un dispositivo de prensado hidráulico y se secaron hasta humedad de equilibrio entre 10-12 % alcanzando un

peso de 5.45 g/pellet. El recubrimiento de los pellets se realizó en un baño caliente a 80 °C. Los pellets se pesaron antes y después del recubrimiento para estimar la cantidad de material depositado. El grado de impermeabilización de los pellets recubiertos se determinó sumergiendo el pellet en un recipiente con agua a temperatura ambiente durante 24 horas y después de escurridos y secados superficialmente con una corriente de aire a 38 °C se pesaron. Este rodenticida se aplicó en zonas infestadas por roedores correspondientes al interior y exterior de un almacén de alimentos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cera procedente de la caña de azúcar se puede definir como una combinación química de varios metabolitos según Dutra (2010). Las propiedades de la cera cruda de caña se pueden apreciar en la tabla I.

Tabla I. Propiedades físicas de la cera cruda de caña de azúcar

Propiedades	Valores	Unidades
Punto de fusión	65-68	°C
Punto de ablandamiento	64	°C
Densidad a 25 °C	980.3	k/m^3
Viscosidad a 80 °C	42	cP
Temperatura de goteo	75.2	°C

La cera de caña de azúcar, dentro de los tipos de ceras vegetales que existen, posee una combinación de propiedades de marcada importancia: dureza, alto punto de fusión, extraordinaria capacidad de formar emulsiones que la hacen atractiva para el recubrimiento de los pellets rodenticida.

En Cuba existían varias plantas para la producción de cera cruda y cera refinada a partir de la cachaza derivada de la obtención de azúcar de caña, pero actualmente no están funcionando, por lo que la implementación de la tecnología de recubrimiento del pellet rodenticida con cera de la caña sería atractivo para la renovación y actualización tecnológica de estas plantas. .

Los pellets recubiertos con cera prácticamente no absorben agua, lo que demostró la efectividad en la impermeabilización de los mismos.

Los pellets desnudos y recubiertos con parafina y con cera se sometieron a pruebas de preferencia por parte de los roedores, siendo consumidos por los mismos, demostrándose que la capa de cera no constituyó una barrera negativa desde el punto de vista del olor y de la palatabilidad.

Este rodenticida ha pasado positivamente las pruebas de eficacia causando la muerte de los roedores, por lo que se realizan los trámites para el registro de marca comercial denominado Rodenbag. La sintomatología clínica por envenenamiento por rodenticida anticoagulante de este tipo se refleja con manifestaciones hemorrágicas. Los animales que ingieren el cebo en forma de pellet se presentan anémicos y débiles, con mucosas pálidas, disnea, epistaxis y heces sanguinolentas, causándole la muerte a los pocos días después de la ingesta.

En la tabla II se refleja una disminución de los costos por consumo de materias primas, al sustituir la parafina por la cera, ya que los gastos de recubrimiento son menores. El precio de la cera se seleccionó según Casdelo (2001) y el de la parafina de acuerdo con Alibaba (2015)

Tabla II. Indicadores para el cálculo de efecto económico por recubrimiento del pellet.

Material de recubrimiento	Índice de consumo g/pellet	Precio USD/t	Consumo para una planta de 200 t/a	Gastos en recubrimiento USD/a
Parafina refinada	0.48	1500	17.61 t/a	26415
Cera cruda de caña	0.39	1200	14.31 t/a	17172

El efecto económico en las tres plantas propuestas con una demanda de 500 t/a sería de 27729 USD/a

Una vez que se pase a una escala industrial el revestimiento se hace más eficiente y los índices de consumo del agente de recubrimiento disminuyen en el entorno de 4-6 %, por lo que también tienden a disminuir los gastos por concepto de recubrimiento.

CONCLUSIONES

1. El Rodenbag es un rodenticida químico de probada efectividad y un bajo nivel de toxicidad para el hombre y otros animales domésticos.
2. No se encontraron evidencias de que el olor, el color y la textura de la cera de caña influyera en la aceptación y palatabilidad del cebo rodenticida.
3. La sustitución de la parafina por la cera logra un adecuado grado de impermeabilización del pellet y genera un ahorro de 300 USD/t de parafina que se deje de importar y el efecto económico para una demanda total de producción de 500 t/a de pellets Rodenbag sería de 27729 USD/a.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alibaba.(2015) http://www.alibaba.com/showroom/paraffin-wax-price.html. consultado 28/6/2015.

Casdelo. N; Villanueva, G; Duque V. (2001) Sustitución de la emulsión de parafina por una emulsión de cera y agua en la fabricación de tableros de bagazo. TECNOLOGÍA QUÍMICA Vol. XXI, No. 3, 2001.

Dutra L. J. (2010). Processo simplificado para a produção de concentrado de ácidos graxos de cadeia longa (D-003) a partir da cera de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.). Universidade estadual de campinas faculdade de engenharia de alimentos. Departamento de tecnologia de alimentos. Campinas. Brasil.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (2009)Cera de parafina. Chile

Isea.G.A; Gil. M.A. (2003). Comparación de la potencia de dos rodenticidas anticoagulantes. Importancia para el control poblacional de ratas, su relación con la salud pública, de los animales domésticos y actividades económicas humanas. Revista Multiciencias Universidad de Zulia. Volumen 3. Número 001. ISSN 1317-2255.Venezuela. Junio de 2003.

Islén, P; Rodríguez, Y; Fernández, J; García, A (2013) Inclusión de bagazo de caña de azúcar en la obtención de cebos rodenticidas. Diversificación 2013.

REVALORIZACIÓN DE LAS FIBRAS DE BAGAZO EN EL MOLDEO POR EXTRUSIÓN DE COMPOSITES PLASTICOS REFORZADOS.

BAGASSE FIBERS REVALORIZATION AT THE MOLDING EXTRUSION REINFORCED PLASTICS COMPOSITES.

Autores: Adolfo Brown, Amaury Álvarez, Juan A. Leal, Cecilia Lorenzo, Cristina Inocenti, José A. Pérez, Reinaldo Pajes, Milaydis Reina, Andrés Gómez, Arelys Rodríguez, Mercedes Sosa.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA. Vía Blanca y Carretera Central. SMP, Apdo. Postal 4006, Ciudad Habana, Cuba.
e-mail: adolfo.brown@icidca.azcuba.cu, Tel: 76967428 ext. 215

RESUMEN
En nuestro trabajo proponemos la sustitución del polietileno de alta densidad importado por polietileno reciclado a nivel nacional para la formulación y peletización de un producto intermedio reforzado (PI) obtenido en forma de granzas/pellets. Del 70% de aserrín de pino (AP) utilizado como refuerzo para la preparación de las mezclas, se sustituye el 40% por fibras de bagazo desmedulado (FBD), evitando así durante el proceso de obtención del PI, la tupición y deterioro de los husillos que provoca el contenido de resinas presente en las diferentes variedades de AP. Estas tupiciones provocan paros en los turnos de trabajo y retraso en el cumplimiento de los planes de producción. Con la adición del bagazo se racionalizan aditivos importados y se logra una eficiente compatibilidad fibra-matriz, comportamiento avalado por las propiedades que alcanza el PI de la mezcla F6, producto que puede convertirse además en un fondo exportable no tradicional. Adicionalmente se logra un aumento del rendimiento productivo en kWh desde 1.7 a 2.5kg con la mezcla F6 de mayor carga de FBD y se introduce un impacto ambiental y económico favorable al reutilizar polietileno en su etapa de pos-consumo y revalorizar la fibra de bagazo.
Palabras clave: polietileno reciclado, fibras de bagazo, aserrín de pino, composites.

ABSTRACT
In our work we are proposing the replacement of the imported high density polyethylene by national recycled polyethylene for the formulation and pelletizing of a reinforced intermediate product (PI) retrieved in the form of chippings/pellets. The 70% of wood fiber (AP) used as reinforcement for the preparation of mixtures, the 40% is replaced by bagasse depithing (FBD), thus avoiding the process of obtaining the PI, the clogging and deterioration of the spindles which causes the content of resins present in the different varieties of AP. These cloggings cause stoppages in shifts and delay in the fulfillment of production plans. With the addition of the bagasse is streamline imported additives and it is obtain an efficiency adhesion fibers-matrix, behavior showed by the properties which reach the PI of the mixture F6, this product may turn exportable bottom not traditional. It is obtain too an augment of the productive yieldment in kWh from 1.7 to 2.5 kg with the matrix F6 of high charge of FBD and it introduce an ambient impact and favorable economic at reutilizer polyethylene in its tape of consume and revalorizer the bagasse fibers.
Key words: recycled polyethylene, bagasse fibers, wood fiber, composites.

INTRODUCCIÓN
Desde hace algunos años en el ICIDCA se ha venido desarrollando como parte de una química sostenible y amigable con el medio, la sustitución de fibras sintéticas como la lana de vidrio y de matrices plásticas importadas como el polipropileno (PP) y el polietileno de alta densidad (PE) por fibras de bagazo desmedulado (FBD) excedente de la producción azucarera, incorporando a su vez valor agregado al bagazo y al desarrollo de nuevos materiales reforzados. Estos desarrollos tienen un impacto económico/social medible en la sustitución de importaciones, la conservación del medio ambiente y la adecuación de propiedades

vinculadas a la resistencia mecánica de los nuevos composites plásticos, (1,2). Para lograr estos objetivos se fueron evaluando diferentes cargas de fibras de bagazo en formulaciones donde se variaron los contenidos de matrices plásticas, agentes compatibilizantes y otros aditivos. Como resultado de proyectos de colaboración con otras instituciones extranjeras y empresas nacionales, se lograron moldear nuevos composites ajustando sus propiedades físico químicas y mecánicas (tracción, flexión, impacto, modulo, dureza) a la demanda de los clientes identificados y las normas establecidas para incrementar el tiempo de vida útil de estos materiales. (3,4). El estudio que a continuación presentamos se desarrolló dentro del marco del proyecto FO-AR "*Desarrollo sustentable de nuevos composites a partir de fibras naturales*" aprobado por el Fondo Argentino de Cooperación Sur-Sur y Triangular y por la cancillería de Cuba, fundamentalmente para la sustitución de aserrín de pino (AP) en diferentes conformados/paneles obtenidos por extrusión en el polígono de plásticos Emilio Barcenas Pier, EMI. Las diferentes variedades de aserrín que sirven de materia prima para la formulación y extrusión de pellets plásticos presentan diferentes contenidos de resinas y humedad a partir de la procedencia del AP. Estas diferencias provocan paradas tecnológicas que afectan el rendimiento productivo debido a la tupición de los husillos en las peletizadoras durante el proceso de mezclado para la obtención del producto intermedio (PI) en forma de granzas/pellets, provocando tiempo perdido por la parada, enfriamiento, limpieza, deterioro y el tiempo invertido en retomar nuevamente la temperatura de trabajo. Nuestro objetivo fue optimizar una mezcla sustituyendo parte del contenido de AP por FBD, racionalizando aditivos pero garantizando una eficiente compatibilidad fibra-matriz. Con al animo de sustituir importaciones se empleo PE reciclado de procedencia nacional (PEn) para la formulación del PI, la extrusión y moldeo de paneles y perfiles al final del proceso. Para ello se estudio la distribución de los tiempos de residencia del material (RTD) en diferentes mezclas, parámetro fundamental para el estudio cinético de un proceso químico continuo, ya que describe la historia del polímero y las fibras en el interior de la extrusora y determina la eficiencia de la unión fibra-matriz.

MATERIALES Y METODOS

Se empleó FBD presecado y almacenado en pacas procedente de la Empresa Azucarera Jesús Menéndez radicada en las Tunas, Cuba. Los estudios de caracterización, adecuación, clasificación y estimación de las cargas, se llevaron a cabo en la Planta de Composites del ICIDCA. El porcentaje de humedad medido en la fibra fue de 9.0% (malla 3,15mm). Se utilizó como unidad de inyección una extrusora modelo Brabender de doble husillo corrotante Esta condición garantizó un mejor control en la distribución de los tiempos de residencia (RTD). Las mezclas formuladas a escala de banco para la obtención del PI en forma de granzas/pellets y la determinación de propiedades físico-mecánicas en los laboratorios de INTI-Plásticos se reportan en las Tablas I y II. Con las mezclas formuladas para el estudio, se inyectaron las probetas reforzadas que aparecen en la Fig.1 en el ICIDCA con el objetivo de estudiar la incidencia de los contenidos de fibras en el proceso de transformación del polímero y finalmente en sus propiedades físico-mecánicas.

a **b** **c**

Fig.1 Polietileno reciclado nacional, PEn, **(a).** Probetas Alter para ensayos físico-mecánicos de PEn, **(b)**. PI con cargas de fibras **(c).**

Atendiendo a los datos aportados por la ficha de costo de la EMI (año 2014), los precios de las materias primas en el mercado internacional y nacional se comportan de la siguiente forma:

PEv importado (HDPE): 2 200 USD/t PEr importado (HDPE): 1 800 USD/t
PEn nacional (HDPE): 800 CUC/t

Selección de aditivos.

Dentro de los aditivos comerciales fueron seleccionados al final del estudio [PeWax, Agente copling, CPE y TiO_2]. Se utilizo un equipo Mettler DSC 822, ASTM D 3418-12) se estudio la estabilidad térmica del PEn y un espectrómetro FTIR modelo Vector 22 (Brüker Optik) en el rango de 4000 a 600cm^{-1}, en unidades de absorbancia con aditamento de ATR. Para los ensayos mecánicos se utilizaron los siguientes equipos: Dinamómetro universal Alwetron TCT 10. Flexión: UNE 53-022-76, Ensayo de tracción: Norma UNE 53-023-86, Equipo Shore D TWICK.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros FTIR evidenciaron la calidad de selección del PEn para su empleo en la formulación del PI. Como conclusión, no se reportan variaciones significativas con lo reportado para el PE en su estado virgen y no se identifica la aparición de grupos carbonilos (C=O) que indiquen degradación oxidativa de la matriz como consecuencia de los procesos de fusión. Empleando DSC como herramienta de control verificamos la calidad del PEn antes de su empleo en la formulación del PI. Se evidenció una transición endotérmica asociada a la temperatura de fusión de la matriz hacia los 132.6 ºC, reporte teórico (130-135 ºC). Durante el proceso de plastificación y mezclado (temperatura entre 184-186 ºC, se midió la distribución de los tiempos de residencia (RTD) con las diferentes cargas de fibras, utilizando trazadores plásticos comerciales que nos permiten medir el tiempo de la mezcla a la entrada y salida de la extrusora, una vez alcanzado un régimen estacionario en términos de velocidad de flujo y presión. Este parámetro nos ayuda a comprender, aspectos referidos a la eficacia del mezclado y posible degradación de las fibras. Tabla I.

Tabla I. Comportamiento de los RTD en función de la calidad del mezclado.

Mezcla	Proporciones empleadas en la formación del PI	RTD (min)
F1	50% FBD (1,5mm) + 50% PEn + aditivos	1.40
F2	50% FBD (1,5mm) + 45% PEn + 5% PEv + aditivos	1.45
F3	50% AP + 50% PEn + aditivos	1.55
F4	50% AP + 45% PEn + 5% PEv + aditivos	2.10
F5	30% FBD (1,5mm) + 40% AP + 30% PEn + aditivos	3.10
F6	40% FBD (1,5mm) + 30% AP + 25% PEn + 5% PEv + aditivos	2.40
F7	50% FBD (1,5mm) + 20% AP + 25% PEn + 5% PEv + aditivos	nd

Se trabajo a escala de banco hasta peletizar 20kg de PI y se realizo un escalado con la mezcla F6 para el moldeo por extrusión de prototipos hasta 500kg. Con el propósito de lograr una incorporación de fibras en el orden del 70% y de garantizar una adecuada sustitución de AP (sobre todo para disminuir el contenido de resina durante la formulación) por FBD (sin contenido de resina y valores de humedad más controlados), la mezcla de mejor comportamiento a la salida de la extrusora resulto ser F6.

En esta mezcla, se logró adecuar el contenido de resina proveniente del AP con la adición de la FBD, mejoró el RTD durante el proceso de plastificación y mezclado, obteniéndose un fileteado compatible donde no se degradan las fibras y se mantiene un buen anclaje fibra-matriz. El tiempo que pasa el material mezclado en la extrusora (RTD) refleja la calidad de la mezcla. Una vez concluido el proceso de mezclado, se pasa a la peletización del producto fileteado para conformar el PI en forma de granzas/pellets (Fig.2), (5).

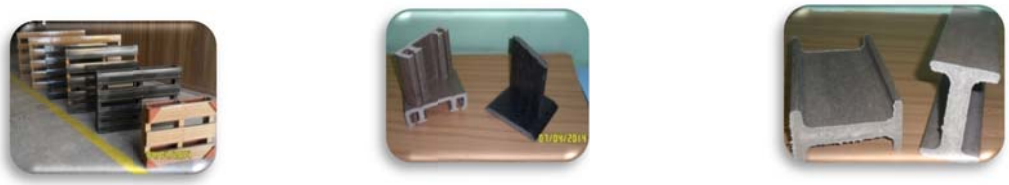
Fig.2 PI en forma de granzas/pellets.

Los resultados alcanzados en las probetas ensayadas para la evaluación de las propiedades físico-mecánicas se relacionan en la tabla II.

Tabla II. Resultado de los ensayos físico-mecánicos para las diferentes mezclas de fibras del PI formulado.

Muestra	**Densidad Aparente g/cm^3**	**Resistencia a la flexión** (N/mm^2)	**Modulo en flexión** (N/mm^2)	**Resistencia a la tracción** (N/mm^2)	**Modulo en tracción.** (N/mm^2)	**Dureza Shore D**
PEn (blanco)	0.9612	31	3137	35	3171	75.0
F5	0.7488	22	4112	26	3344	80
F6	0.7195	21	4455	22	4015	78

El módulo y la dureza de los materiales compuestos ensayados aumentan cuando son reforzados con las diferentes cargas de fibras y disminuye su peso estructural. Los valores de dureza shore nos dan una idea de cuanta energía se necesita para romper una probeta, sin embargo un material resistente no necesariamente debe ser duro. Como conclusión, la adición de FBD incrementa la dureza y rigidez del composite siempre que la adhesión interfacial sea buena. La dureza del material compuesto aumento para F5 y F6 con respecto al PEr solo denotando la eficacia del refuerzo. Una valoración energética del comportamiento para la mezcla F6 confirmó que aumenta el rendimiento productivo por kWh desde 1.7 (con AP solo) a 2.5Kg (con 40% FBD) en la producción de pellets. Esto implica un incremento en la producción de PI desde 1,6 a 1,9 t/por turnos de 12 horas de labor, 280 días del año bajo idénticas condiciones tecnológicas (incremento productivos: 84t). Por su contenido en fibras, el PI de la mezcla F6 puede emplearse para el moldeo por extrusión de subsistemas constructivos de plásticos reforzados con fibras, Fig.3.



a **b** **c**

Fig.3 Moldeo por extrusión de composites con el PI de la mezcla F6 en la EMI.
pallets **(a)**, perfiles **(b)**, vigas I **(c)**

CONCLUSIONES

El PI formulado puede comercializarse en sacos o big bags con empresas nacionales dedicadas al moldeo de plásticos y puede convertirse también en un *fondo exportable no tradicional*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFÍCAS

1- Stael C.H.G., Tavares B.M.I. (2001). Journal of Applied Polymer Science. Study of Material Composites Based on Sugarcane Bagasse and Thermoplastic Polymers. Vol. 82, pp. 2150-2154.

2- Sreekumar P.A., Joseph K., Unnikrishnan G. (2007). Composites Science and Technology 67, pp.453-461.
3- Brown A., Matellanes L., Momeñe E., Txarroalde J.R., Serantes M. (2006). Rev. Plásticos Modernos. El bagazo. Su empleo en composites comerciales reforzados. No.601, ISSN 0034-8708, pp.50-52.
4- Brown A., Álvarez A., Leal J.A., Gómez A., et al. (2011) Rev. Plásticos Modernos. Producción sostenible de envases para la recolección y distribución de alimentos. ISSN: 0034-8708, 101 (655), pp.193-199.
5- Silva, R. V. y Aquino, E. M. F. (2008). Journal of Reinforced Plastics and Composites. "Curaua Fiber: A New Alternative to Polymeric Composites". Vol. 27, nº. 1, pp. 103-112. ISSN 0731-6844. DOI 0.1177/ 0731684407079496

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL BAGAZO ALMACENADO EN PILAS A GRANEL.

METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF THE QUALITY OF STORED BAGASSE IN BULK PILES.

Fernández, J[1]; Montoya, L.K[2]; Hernández, R.[1]

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de azúcar. (ICIDCA)
Propal Pulpa y Papel. (PPP)
juanferrod@gmail.com; lilian.montoya@carvajal.com

RESUMEN
Se estableció y aplicó una metodología para el muestreo del bagazo almacenado en pilas a granel por el método húmedo. Las muestras se tomaron a una altura de 3 m sobre el nivel de la plataforma de almacenamiento, cavando huecos de 2 m de profundidad en cada ladera de la pila. La caracterización se realizó comparando el bagazo almacenado contra un patrón de bagazo fresco, siguiendo un protocolo acorde con las normas PPP y normas establecidas por el ICIDCA. Las propiedades del bagazo que más se afectan con el almacenamiento son la solubilidad en sosa al 1% y la brillantez de las fibras, resultando mejores estas propiedades para el bagazo del interior de la pila que para el bagazo de la superficie.
Palabras clave: metodología, muestreo, pilas, bagazo

ABSTRACT
A methodology was established and applied for the sampling of bagasse stored in bulk piles under moist conditions. The samples were taken at a height of 3 m on the level of the storage platform, digging hollows of 2 m deep in every hillside of the pile.The characterization was realized comparing the stored bagasse against a control of fresh bagasse, following a protocol according to PPP and ICIDCA standards.The solubility in NaOH at 1 % and the brightness of the fibers were the propertiesmore affected with the storage, turning out to be better these properties for the bagasse of the interior of the pile than those ones for the bagasse of the surface of the pile.
Key words: methodology, sampling, piles, bagasse

INTRODUCCIÓN

El diseño de un sistema eficiente de almacenamiento del bagazo es un paso fundamental para la preservación de la fibra y para el control de las pérdidas, por lo que el almacenaje del bagazo debe ser concebido como una etapa más del proceso productivo (Yadav*et al.,* 2003) aplicando una correcta planificación en el manejo de la logística de las operaciones del patio.
En la literatura especializada se reportan ampliamente los principales métodos de almacenamiento de bagazo en forma húmeda o mojada como Celotex, Taiwán, Cuba 9, Begatex, Ritter, Cusi entre otros (Rainey*et al*., 2006), (Atchison *et al*., 1980), (Kadam, 2000), las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, así como los efectos sobre las propiedades físicas de las pulpas resultantes, (Aguilar, 2011), los efectos inevitables del deterioro del bagazo en el almacenamiento en la forma de oscurecimiento de la fibra por acción de los hongos y la degradación de la misma provocada por la pre-hidrólisis ácida de los materiales celulósicos.
La calidad del bagazo se define como el conjunto de atributos o características morfológicas, físicas y químicas que tiene el bagazo como materia prima empleada en diversas producciones.El concepto más general de preservación de la calidad del bagazo conlleva a la creación de condiciones de almacenamiento que favorezcan la proliferación de microorganismos no perjudiciales (mesófilos) y retarde la aparición y el

desarrollo de microorganismos de acción degradante sobre la celulosa y las hemicelulosas (termófilos) (Rangamannar, 1993).
El almacenamiento del bagazo en húmedo se aplica fundamentalmente en las plantas de papel, de tableros de partículas, de cogeneración y en las biorefinerías, fundamentalmente para la producción de bioetanol. En cada una de ellas se requiere almacenar grandes cantidades de esta materia prima para satisfacer su consumo durante todo el año, por lo que la preservación de la calidad de esta biomasa almacenada es de importancia.
El objetivo de este trabajo es desarrollar y aplicar en la práctica, una metodología que permita muestrear las pilas de bagazo para luego evaluar su calidada través de indicadores cuantitativos y poder predecir su comportamiento y afectaciones en los productos derivados del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según se puede apreciar en la tabla I, la metodología propuesta en este trabajo abarca diferentes vías: la microbiología, la química, la física y la microscopía, las cuales por lo general, se complementan y además especifica los rangos de los valores de cada propiedad para categorizar la calidad del bagazo.

Tabla I. Metodología para determinar la calidad del bagazo almacenado.

<table>
<tr><th>Análisis microbiológicos</th><th>Análisis químicos</th><th>Análisis microscópicos</th><th>Análisis físicos</th></tr>
<tr><td>Conteo de levaduras, bacterias y hongos</td><td>Contenido de pentosanos</td><td rowspan="2">Análisis de imágenes por microscopía electrónica de las paredes de la fibra</td><td>Pol residual en el bagazo</td></tr>
<tr><td>Identificación de microorganismos celulolíticos</td><td>Grado de polimerización</td><td>Solubilidad en NaOH al 1 %.</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="6">

Figura 1. Puntos de muestreo en una pila</td><td>Humedad.</td></tr>
<tr><td>pH</td></tr>
<tr><td>Solubilidad en agua fría y caliente.</td></tr>
<tr><td>Brillantez.</td></tr>
<tr><td>Fibra y meollo</td></tr>
<tr><td>Temperatura</td></tr>
</table>

Los puntos de muestreo propuestos se ubican aproximadamente en el centro de cada una de las laderas, como se aprecia en la figura 1, a una altura de 3 m sobre el nivel de la plataforma de almacenamiento, ya sea de una pila con configuración espacial en forma de cuña o de pirámide truncada, cavando huecos de 2 m de profundidad por 0.5 m de ancho.En cada punto se toman muestras correspondientes al interior y a la superficie de la pila,se envasan en bolsas de polietileno selladas y se determina la temperatura en cinco puntos diferentes de la zona de muestreo como se puede apreciar en la figura 2. Cada ensayo se realizó por duplicado y los datos se procesaron estadísticamente por el programa STATGRAPHIC.
La pila muestreada, con tres meses de almacenamiento, corresponde a Propal, Colombia, donde se almacena el bagazo en pilas húmedas para la industria de pulpa y papel. Por razones técnico-económicas y de tiempo solamente se aplicaron análisis físicos en la caracterización del bagazo.
Para la lectura de temperatura se utilizó un termopar de la marca Eutechnics 4500 con láminas del par metálico: Aleación J (Fe-CuNi), rango: - 40°C a 150 °C y precisión 0.01 °C.

En la determinaciones de fibra y meollo, solubilidad en agua, solubilidad en hidróxido de sodio al 1 % y la brillantez se aplicaron las normas ICIDCA, mientras que para humedad y cenizas se aplicaron las normas N°992040003 y N° 992040001 de PPP. Para determinar el pH del extracto acuoso del bagazo se procedió según la norma ISO 6588 – 1981.

Figura 2. Muestreo de la pila y lectura de la temperatura

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se reportan los resultados correspondientes a la pila húmeda muestreada.

Tabla I. Resultados del control de calidad del bagazo de la pila húmeda muestreada.

Punto de muestreo	Fibra (%)	Brillantez (°E)	Solubilidad NaOH 1 % (%)	Solubilidad Agua caliente(%)	pH	Temperatura °C.
Superficie rampa	60.68	30.50	30.04	4.67	6.05	38.03
Interior rampa	62.61	35.70	26.94	3.45	5.35	48.38
Superficie derecha	65.98	28.00	29.81	3.36	5.91	40.67
Interior derecha	71.85	34.80	30.37	2.82	5.51	58.68
Superficie izquierda	64.37	27.00	30.43	2.90	5.97	37.14
Interior izquierda	66.46	37.00	28.05	2.68	5.17	61.51
Superficie opuesta	58.01	34.00	33.63	4.72	6.72	39.20
Interior opuesta	74.86	36.50	31.95	3.87	5.57	58.57
Control	80.20	42.00	28.65	3.59	5.34	-

El promedio de humedad de bagazo fresco almacenado en esta pilafue de 49.8%. Para las muestras de la superficie, la humedad promedio fue de 54.1 %, en tanto que para el interior de la pila fue de 46.6 %. La humedad depende del balance entre el aguaque ingresa por las lluvias y el agua que se evapora. Valores de humedad entre 51 y 60 % son muy riesgosos en el bagazo que se va a almacenar por el método de pilas húmedas sin riego, ya que propician y aceleran los procesos fermentativos de manera incontrolada, con la aparición de microorganismos que degradan y provocan pérdida económica.

En el bagazo almacenado correspondiente a cada ladera de la pila muestreada se observó una regularidad en cuanto a que el contenido de fibra de las muestras de la superficie fue menor que el de su muestra homóloga del interior de la pila, lo cual demuestra que el efecto del almacenamiento del bagazo, causado por las reacciones de oxidación y por los microorganismos, es más pronunciado en la superficie de la pila, generando más finos.

Al analizar los valores de la solubilidad en NaOH al 1% se observa esta misma evidencia, confirmando que el bagazo más afectado está en la superficie de la pila, por cuanto este indicador es mayor en dicho lugar, lo

cual coincide con García (2002). Los valores más comunes en el bagazo fresco están en el rango de 28 a 32 %; valores entre 35 y 40 % inciden con afectaciones en la calidad del bagazo y valores > 40 % implican deterioro de la calidad. Las solubilidades en NaOH al 1% del bagazo perteneciente al interior de la pila presentan valores cercanos a los correspondientes al bagazo fresco, lo cual indica que para el periodo evaluado, en la pila, todavía no se observan síntomas notables de deterioro del bagazo.

La solubilidad en agua caliente mantienela misma regularidad indicando mayor contenido de solubles en el bagazo de la superficie de la pila. En el bagazo fresco los valores más comunes oscilan entre 1.8 y 2.8 para el agua fría y 3 y 5 para el agua caliente. En el bagazo mal almacenado estos valores presentan una tendencia a aumentar.Se considera que valores <3 dan calidad aceptable, entre 3 y 8 hay afectaciones a la calidad y >8 implican degradación del bagazo

La temperatura está relacionada con la intensidad de la actividad microbiológica y es menor en el interior de la rampa que en el resto de las laderas, asociado a que se logra un mayor enfriamiento y a que debido al trabajo del cargador, se compacta mejor el bagazo y se consigue mejor anaerobismo, limitando así la degradación microbiológica del bagazo, lo cual se refleja con el menor valor de solubilidad en NaOH al 1%.

Las condiciones aeróbicas y la acción de la luz solar son los elementos que más importancia tienen en el oscurecimiento acelerado de las capas superficiales de una pila de bagazo y por tanto las muestras de la superficie tienen menor brillantez que sus correspondientes muestras del interior de la pila.

Los valores de pH correspondientes a la superficie de la pila fueron superiores a los del interior de la pila debido al efecto de lavado producido por la lluvia. Bajos pH (<4) dan un indicio de deterioro de la calidad, pH entre 4.5 y 4 se consideran aceptables y pH entre 6 y 5 se consideran propicios para incrementar el desarrollo de microorganismos celulolíticos.

CONCLUSIONES

Se cuenta con una metodología para el control y evaluación de la calidad del bagazo almacenado que puede aplicarse a distintos sistemas de almacenamiento, especialmente las pilas de bagazo a granel para diversos fines y se establecen los rangos de los valores de cada propiedad para categorizar la calidad del bagazo.

Al aplicar la metodología a una pila de bagazo almacenado durante tres meses por el método húmedo en Propalno se encontraron evidencias del deterioro del mismo. Las fibras correspondientes al interior de la pila mostraron menores valores de solubilidad en sosa al 1 % y brillantez superior a las fibras de la superficie, lo cual confirma que las mejores condiciones de anaerobismo y preservación existen en el interior de la pila.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Rivera.N.(2011) Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. **Ingeniería Investigación y Tecnología.** Vol. XII, Núm. 1, 2011, 189-197
ISSN 1405-7743 FI-UNAM.

García. A. (2002) Metodología para el control de la calidad y la explotación del bagazo almacenado a granel. Congreso Iberoamericano de investigación en celulosa y papel.

Kadam L.K. (2000) Environmental Life Cycle Implications of Using Bagasse- Derived Ethanol as a Gasoline Oxygenate in Mumbai (Bombay). National Energy Technology Laboratory Pirsburgh,
Pennsylvania, USA and USAID, New Delhi, India 89 p.

Rangamannar. G. Michelsen. J. (1993)Improved wet bulk storage of bagasse for newsprint pulp production. Part 1.TAPPI Proceedings.Pulping Conference. 1993. 391-395.

Rainey T.J., Clark N.(2004)An Overview of Bagasse as a Resource for the Australian Paper Industry. On: Hogarth, DM, Eds. Proceedings 2004, Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 26, Australia, Queensland, Brisbane.

Yadav K.R., Rajesh-Sharma K., Kothari R.M. (2003) Preservation of Bagasse Through Biotech Approach for Pulp and Paper Industry. *Indian J ChemTechnol*, 10(6):587-592

SIMULACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE D-XILOSA A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, COMO OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN LA INDUSTRIA AZUCARERA.

SIMULATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF D-XYLOSE FROM SUGAR CANE BAGASSE, AS BUSINESS OPPORTUNITY IN THE SUGAR FACTORY.

Autores: Glenia Rabassa Olazábal*, Erenio González Suárez, Amaury Pérez Martínez***, Amaury Pérez Sánchez*,**

*Facultad de Química, Universidad de Camagüey.
**Centro de Análisis de Procesos Universidad Central Martha Abreu de Las ViIlas.
*** Universidad Estatal Amazónica de Ecuador.
Email: glenia.rabassa@reduc.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se lleva a cabo el diseño conceptual de una planta para la obtención de jarabe de D-Xilosa a partir de la hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar, obteniéndose además glucosa, como propuestas de nuevas oportunidades de negocio. Se realiza un estudio de factibilidad técnico-económica del proceso, obteniendo un valor del VAN de USD $ 7,72, una TIR de 16,33 %, un PRI de 2,49 años, las ganancias netas anuales son de USD $ 3,3 millones, el costo de producción es de USD $ 6,045 por kilogramo de D-Xilosa producido. Se realiza una comparación de los resultados obtenidos con la literatura consultada.

El sirope de D-Xilosa obtenido cumple con la calidad requerida para efectuar su posterior conversión en xilitol, tanto por la ruta química como la fermentativa. El proceso fue simulado en estado estacionario empleando el simulador SuperPro Designer®, versión 9.0

Palabras claves: oportunidad de negocio, xilosa, xilitol, glucosa, hidrólisis ácida.

Abstract

In the present work a conceptual design of a production plant to obtain D-xylose syrup from the acid hydrolysis of sugar cane bagasse is accomplished, in which glucose is obtained as a byproduct. Also a techno-economic feasibility study of the production process is realized, a NPV value of USD $ 7.72 millions was obtained, where the IRR is 16.33%, the ROI is 2.46 years, and the annual net profits, is USD $ 3.3 millions. Also, the unit production cost is USD $ 6.045 per kilogram of D-xylose obtained,

The D-xylose syrup obtained complies with the required quality to further carry out its conversion to xylitol, either by the chemical or fermentative route. The process was simulated under steady-state conditions using the simulator SuperPro Designer®, version 9.0

Key word: business opportunity, xylose, xylitol, glucose, acid hydrolysis.

Introducción

El bagazo es un residuo lignocelulósico fibroso remanente de los tallos de caña, el cual se obtiene a la salida del último molino del tándem azucarero ICIDCA (2000) y está constituido por, aproximadamente, 42% de celulosa, 25% de hemicelulosa y un 20% de lignina (González, 2011). A causa de su abundancia y bajo costo, el bagazo de caña de azúcar también se ha venido utilizando como materia prima principal para obtener compuestos químicos de alta demanda, tal es el caso de la obtención de hidrolizados ricos en *D-xilosa* González (2014), Nápoles (2005), los cuales pueden ser procesados luego, para obtener un alcohol de gran importancia, el xilitol (González, 2014), (Villalba, 2009). La obtención de *D-xilosa* a partir de materiales lignocelulósicos ha cobrado especial interés en los últimos años. En este sentido, Villalba (2009) lleva a cabo la hidrólisis ácida de cascarilla de arroz, empleando ácido sulfúrico para así obtener un hidrolizado rico en *D-xilosa*, el cual luego fue transformado en *xilitol* mediante su fermentación empleando la levadura *Candida guilliermondii*. También, Acosta y otros (2005) obtuvieron un hidrolizado rico en *D-xilosa* a partir de la hidrólisis ácida de bagazo desmedulado, bajo las siguientes

condiciones: 145 – 150 º C de temperatura y 30 minutos. El hidrolizado obtenido fue fermentado empleando también la levadura *Candida guilliermondii*, para obtener xilitol. Nápoles (2005) efectúa el diseño conceptual y el estudio técnico-económico de una planta para obtener 32 Ton/día de sirope puro de Xilosa, a partir de la hidrólisis del bagazo de caña de azúcar desmedulado, obteniéndose un costo de producción unitario de 458,34 $/ton, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 64,30%, y un Tiempo de Retorno de la Inversión de 2,83 años. Por último, González (2014) trabaja en el diseño de una planta para la obtención del concentrado de xilosa y glucosa a partir del bagazo de caña de azúcar. En su análisis económico concluye que el costo total de la inversión es de $ 11 193 431,63, con un período de recuperación de 1 año.

El siguiente trabajo tiene como objetivo simular, bajo condiciones estacionarias, el proceso de producción de la *D-xilosa* a partir de la hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar, empleando el simulador de procesos SuperPro Designer®, versión 9.0 (2013), para conocer los principales parámetros técnico-económicos relacionados con el mismo, lo cual permita llevar a cabo su posterior optimización y un análisis de la factibilidad del mismo, para ser presentado como oportunidad de negocio en la agroindustria azucarera.

Materiales y métodos

Materias primas: Se emplea bagazo desmedulado como materia prima principal del proceso de producción, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, agua cruda, petróleo, electricidad (Applichem, 2013), (Nápoles, 2005).

Producto final: Se obtiene *D-xilosa* ($C_5H_{10}O_{5)}$ al 99,85 % de pureza como producto principal, el cual también contendrá algunas trazas de agua (0,13 %) y glucosa (0,02 %). (Perry, 2008).

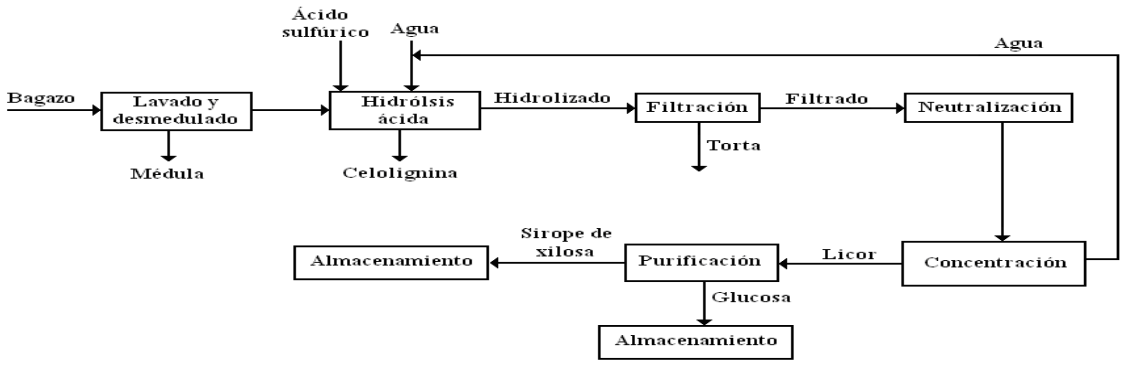


Fig.1 Etapas del proceso de producción

Se propone una producción de 2600 toneladas de *D-xilosa* al año (2600 Ton/año), con un 99,85 % de pureza, obteniéndose 2,5 toneladas de este compuesto por lote (2,5 Ton/lote), mientras que el tiempo de duración máximo de cada lote es de 13 horas (13 horas/lote), aproximadamente. También se obtendrán alrededor de 2 toneladas por lote de glucosa como subproducto principal (2260 Ton/año), con una pureza de aproximadamente 95 %. El precio de venta de la *D-xilosa* y la glucosa serán de *USD* $2,47/kg y *USD* $5,50/kg, respectivamente (Applichem, 2013), (Nápoles, 2005). La planta operará 7800 horas anuales, empleando 1 mes al año para efectuar las operaciones de mantenimiento, limpieza y reparaciones de equipos, instalaciones auxiliares, etc. Se asume un período de construcción de la planta de 12 meses, con 3 meses para efectuar su arrancada y puesta en marcha, mientras que el tiempo de vida del proyecto será de 20 años. Se considera que la planta opera siempre a un 100% de capacidad, con una depreciación anual constante del tiempo de vida del equipamiento del 2%. Por último se asume una tasa de interés promedio del 6% para determinar el Valor Actual Neto (*VAN*), y un 30% de impuestos por concepto de ingresos.

Análisis de los resultados

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de la *D-xilosa* obtenido en el simulador *SuperPro Designer*®(2013), mientras que en la Tabla 1 se resumen los principales indicadores globales del proyecto, según también metodología de Peters, M. S.; Timmerhauss (1991) .

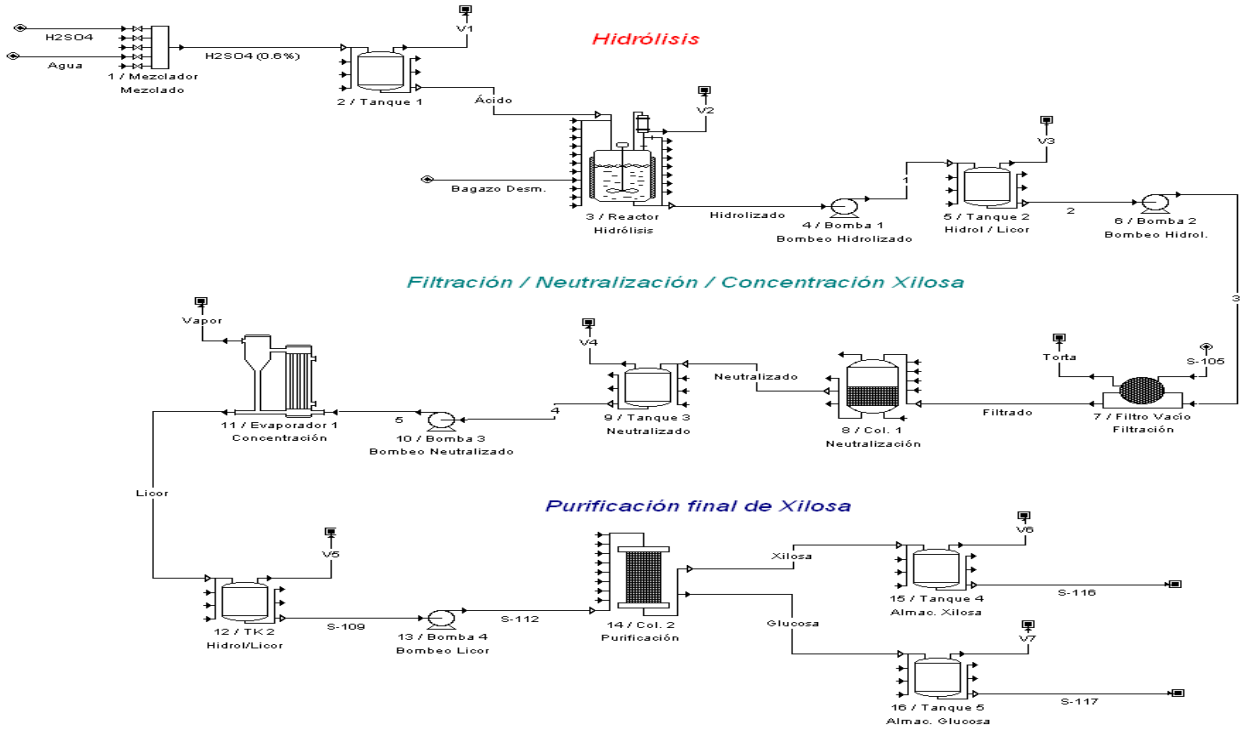


Fig. 2. Diagrama de flujo del proceso de producción de D-xilosa

Tabla 1 "Comparación de los valores de los principales parámetros técnico-económicos obtenidos para el proyecto actual con aquellos reportados por Nápoles (2005)".

Parámetro	Nápoles (2005)	Proyecto actual
Capacidad	9600 Ton/año	2600 Ton/año
Inversión total (*USD* $)	$ 4 471 529,08	$ 8 309 000
Ganancia anual (*USD* $)	$ 3 246 107,36	$ 3 322 000
PRI	2,83 años	2,49 años
TIR	64,30%	16,33%
Tiempo de vida de la planta	15 años	20 años

Al comparar los resultados determinados en la referencia Nápoles (2005), con respecto a los obtenidos para el proyecto actual, se puede observar que, en el primero de ellos, para una capacidad casi 4 veces mayor, se invertirá un 55% menos. Por otra parte, la ganancia anual y el PRI presentan valores muy semejantes entre sí, no siendo así para el caso de la TIR, la cual en Nápoles (2005) se encuentra un 75% por encima del calculado para el proyecto actual. También el tiempo de vida de la planta difiere, teniendo la planta actual 5 años más de tiempo de vida con respecto a la comparada. Las diferencias anteriores se justifican por las metodologías y procedimientos empleados para determinar todos estos parámetros, los cuales, para el caso de Nápoles (2005), fueron hallados siguiendo fórmulas económicas y ecuaciones de

cálculo tradicionales, mientras que en el proyecto actual los mismos se determinaron según métodos de cálculo prefijados en el simulador SuperPro Designer,(2013), las cuales abarcan un gran número de partidas (Gastables, Misceláneas, Proyectos I+D, Transporte, Control de Calidad, etc.) que de una forma u otra influyen en los costos totales tanto fijo como de operación, y de esta manera en los valores de TIR, PRI, VAN, etc., obtenidos para el proyecto. La obtención de productos de alto valor agregado tales como D-Xilosa y glucosa a partir de residuos lignocelulósicos, constituye una estrategia de desarrollo acertada que contribuye al incremento de la eficiencia de explotación de estos materiales, la obtención de productos de alta demanda con características exportables y a bajo costo, y es una solución viable a los problemas ambientales originados debido a la acumulación de estos residuos.

Conclusiones

Se efectúa la simulación de una planta que produce 2600 toneladas por año de jarabe de D-*xilosa*. La planta también producirá 2 260 toneladas de glucosa por año como subproducto de alto valor agregado. Se obtiene un costo de producción unitario de *USD* $ 6,405 por kilogramo de *D-xilosa* producido, mientras que el *PRI* fue de 2,49 años, la *TIR* tuvo un valor de 16,33 % y el *VAN* (para un 6% de interés) es de $ 7,72 millones. Las *Ganancias Netas* anuales por concepto de venta de este producto tuvieron un valor de alrededor de *USD* $ 3,3 millones. Se propone la D- Xilosa como oportunidad de negocio para el sector agroindustrial azucarero.

Bibliografía

- Acosta, E.; Almeida, J. B. d.; Giulietti, M.; Frade, J. A.; Nápoles, A. I.; y Manganelly, E. Producción de *xilitol* en fermentador de 15 litros. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (Cuba) XXXIX(3): p. 45-51, 2005.
- Applichem. Applichem General Catalog Price List 2013. Darmstadt: Applichem, 2013.
- González, J. C.; Alvarez, M.; Ornelas, L. d. C.; y Zamudio, M. A. Producción y Aplicaciones Biotecnológicas del *Xilitol*. BioTecnología (México) 15(2): p. 22-47, 2011.
- González, G. Diseño de una Planta para la Obtención del Concentrado de Xilosa y Glucosa a Partir del Bagazo de Caña. Revista Centro Azúcar (Cuba) 41(2): p. 12-21, 2014.
- ICIDCA. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar,. 3ra. Ed. La Habana: Imprenta MINAZ, 2000. 458 p.
- Intelligen. *SuperPro Designer*® [cd-rom] Ver. 9.0. New Jersey: Intelligen Inc, 2013. Programa Informático.
- Nápoles, A. I.; Díaz, M., Acosta, E.; González, M.; y Manganelly, E. Tecnología del Proceso de Obtención de Licores de Xilosa a partir de Bagazo de Caña, para la Producción Biotecnologica de *Xilitol*. Brazilian Journal of Food Technology (Basil) Marzo 2005: p. 57-64, 2005.
- Perry, R. H. Perry's Chemical Engineer's Handbook. 8va ed. New York: McGraw Hill, 2008. p. 9-1 – 9-56.
- Peters, M. S.; Timmerhauss, K. D. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. 4a ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1991. p. 110-220.
- Villalba, M.; Vélez, T.; Arias, M.; y Arrázola, G. Producción de *Xilitol* a Partir de Cascarilla de Arroz Utilizando *Candida guilliermondii*. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín (Colombia) 62(1): p. 4897-4905, 2009.

MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA BIOREFINERÍA A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR

MODELLING AND OPTIMIZATION OF A BIOREFINERY FROM SUGAR CANE

Meilyn González Cortés[1*], Dennis Abel Clavelo Sierra[1], Pio Aguirre [2] y Erenio González Suárez

[1] Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas; Carretera a Camajuaní Km 5 ½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.
[2] Instituto de Desarrollo y Diseño, INGAR. Santa Fe. Argentina.
mgonzalez@uclv.edu.cu

RESUMEN
La evaluación de las potencialidades de integración de procesos como una biorefinería permitió arribar a que la síntesis de este esquema debe incluir las plantas de azúcar, torula, hidrolizado de bagazo y etanol.
En el esquema de biorefinería las potencialidades de intercambio de recursos identificadas fueron: las mieles, jugos primarios y secundarios, bagazo, hidrolizado de bagazo, vinazas, agua, y otros recursos energéticos como electricidad y vapor.
El modelo matemático desarrollado e implementado en el GAMS permitió optimizar las condiciones de intercambio de recursos materiales y energéticos bajo condiciones de incertidumbre en los precios de materias primas y productos.
Con el análisis de escenarios se obtuvo que el esquema con mayores ganancias se obtiene cuando se integran todas las plantas y se considera la venta de los productos, azúcar, etanol, furfural y torula la ganancia obtenida en este caso es de 3983400 $/a.
Palabras clave: biorefinería, caña de azúcar, optimización, integración de procesos.

ABSTRACT
The evaluation of potentialities of process integration in a biorefinery scheme allowed to arrive to that the synthesis of this scheme should include the plants of sugar, torula yeast, bagasse hidrolizate and ethanol.
In the biorefinery scheme the identified potentialities of resources exchange were: molasses, primary and secondary juices, bagasse, bagasse hidrolizate, as well as the energy resources of electricity and steam.
The mathematical model developed and implemented in GAMS allowed to optimize the conditions of exchange material and energy resources under conditions of uncertainty in the prices of raw matters and products.
The analysis of scenarios of operation of the biorefinery scheme allowed to conclude that the scenario with more earnings is obtained when all the factories are integrated in a total site and the sale of the products such as: sugar, ethanol, furfural and torula yeast were considered. The gain obtained in this case it was 3983400 $/a.
Key words: biorefinery, sugar cane, optimization, process integration

INTRODUCCIÓN

De la integración del proceso de fabricación de azúcar a otros como son la producción de etanol, levadura torula, biogás, electricidad, así como otros productos que pueden generarse de los procesos antes mencionados, se pueden reducir los recursos energéticos y acuosos y lograr un mejor aprovechamiento de los recursos materiales que los mismos involucran, ya que un análisis resulta en que entre los mismos existen recursos comunes, como son el agua, la energía, la electricidad y el hecho de que productos o corrientes residuales de un proceso pueden constituir materias primas de otros. No obstante, a las potencialidades que esto ofrece a primera vista, no puede obviarse que la selección de los productos y las tecnologías para

producirlos se traduce en un gran problema combinatorio; ya que se generan múltiples alternativas de integración. La selección del esquema óptimo de integración en la producción de azúcar y derivados se traduce en un problema de análisis de alternativas que refuerza las barreras a la integración de procesos limitando su aplicación en los procesos productivos desechándose oportunidades de mejora en los mismos como son el aprovechamiento de recursos materiales y energéticos para la obtención de otros productos.
De aquí se deduce la necesidad de expresar con claridad las consideraciones que permitan desarrollar una metodología para lograr esquemas integrados sostenibles con la aplicación de un procedimiento de optimización que maximice las ganancias del complejo considerando como restricciones los balances de masa y energía de los procesos individuales y entre plantas, así como parámetros con incertidumbre que impactan en la rentabilidad y viabilidad de estos esquemas.
Este análisis se realiza con el objetivo de tener en cuenta la nueva realidad, que prevé vender excedentes de electricidad por las fábricas así como el empleo del bagazo como materia prima para otros procesos, por lo que se requiere buscar un compromiso entre estos factores (bagazo para obtención de otros productos, (etanol, furfural, lignina) o bagazo para producción de electricidad).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio incluye el análisis detallado de los procesos, así como un estudio de sensibilidad para las diferentes producciones atendiendo a los precios de los mismos en el mercado internacional. El análisis considera los siguientes aspectos:

1. Estudia detallado de las tecnologías de los procesos involucrados en el caso de estudio.
2. Identificación de las potencialidades materiales y energéticas de intercambio de recursos en los procesos de estudio.
3. Planteamiento del modelo de optimización para la obtención de la alternativa de integración óptima que incluya la valoración económica.
4. Propuesta del esquema óptimo de integración de agua y energía de los procesos individuales en un sitio total.

Para la modelación del esquema se utiliza el Software Profesional: General Algebraic Modeling System, (GAMS) versión 23.5, aplicando el Solver CONOPT, especializado en la programación no lineal, con un conjunto de restricciones del problema global de optimización. Este solver fue seleccionado por su eficiencia, rapidez en las respuestas y adecuacidad para el tipo de modelo que se formula en este trabajo.
Para la formulación del modelo de las plantas se utilizan ecuaciones que relacionan las variables de entrada al proceso con variables de salida, esto se hace a través de índices obtenidos en los balances de masa y energía realizados en cada una de las plantas, lo que conduce a ecuaciones de tipo lineal y no lineal.
Como función objetivo se decidió maximizar la ganancia del esquema de biorefinería, sujeto a restricciones de balance de masa y energía a través de los cuales se estiman las disponibilidades, las demandas de recursos tanto materiales como energéticos y los niveles de producción de los productos con potencialidades de obtenerse en el esquema.
Una vez desarrollado el modelo se plantean otras correlaciones para el análisis de escenarios que permitan constatar la flexibilidad del complejo integrado.
El modelo formulado en GAMS está constituido por 38 ecuaciones, 49 variables, 113 restricciones que no son cero y 16 restricciones no lineales que no son cero. Se modelaron las siguientes plantas: azúcar, que en la modelación se dividió en planta de molienda y planta de fabricación de azúcar; cogeneración; fermentación de alcohol, hidrolizado de bagazo, destilación y torula.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Escenario 1: Es considerado un complejo de biorefinería partiendo como proceso principal de la fábrica de azúcar integrada a una planta de etanol de primera generación y una fábrica de torula sin la inclusión del etanol de segunda generación. Esto implica que disminuya la producción de etanol porque no se ingresa el sustrato de hidrolizado a la planta de fermentación y a la vez la de torula ya que esto conlleva a minimizar estos productos y maximizar de producción de azúcar.

Escenario 2: Es considerado un complejo de biorefinería que tiene como proceso principal la fábrica de azúcar integrada a la planta de etanol de primera generación y la fábrica de torula con la inclusión del etanol de segunda generación al ocurrir esto se maximiza la producción de etanol y torula con precios de venta de productos, el azúcar de 720 $/t, etanol 72 $/hl, furfural 1800 $/t, torula 584,25 $/t y electricidad 0,18 $/KW.
Escenario 3: El mismo complejo que en el escenario 2, pero con la disminución en el precio del azúcar a 350 $/t y etanol de 55 $/hl manteniendo contante los demás productos.
Escenario 4: En este caso se tomó como valor máximo el precio del etanol manteniendo constante los demás precios.
Escenario 5: Considera la variación en los precios de la materia prima caña de azúcar como insumo básico.
Escenario 6: Tiempo de no zafra con funcionamientos de las plantas de etanol, torula y hidrolizado de bagazo.
Atendiendo a los resultados mostrados en la tabla anterior donde se reflejan los parámetros fundamentales de cada escenario se tiene que:

- En el primer escenario en donde no se incluye la planta de hidrolizado de bagazo solo las plantas de azúcar, etanol, torula, no se reportan resultados de factibilidad económica debido a la disminución de la producción de etanol al no tener la inclusión de un sustrato y a la no incorporación de un producto producido en esta planta como el furfural con un alto valor agregado y elevado precio de venta, dando por esas razones la no obtención de ganancia en el complejo integrado.
- El escenario dos con la incorporación de todas las plantas trabajando como complejo integrado de biorefinería reportando un valor óptimo para una ganancia de 3983400 $/a.
- En el escenario tres se evalúa el modelo con los valores mínimos de los precios de los productos de azúcar y etanol reportados en el mercado, resultando valores de infactibilidad, por lo que se comprueba la importancia de considerar la incertidumbre en el precios de los productos ya que para algunos de ellos puede ser no rentable este complejo.
- En el caso del escenario cuatro en donde los valores del precio del etanol está en su nivel máximo, de acuerdo a lo reportado en el mercado, se tienen resultados de factibilidad con un valor de 6399500 $/a siendo esta la mayor ganancia de todos los escenarios evaluados.
- En el escenario cinco se consideró la incertidumbre en el costo del insumo básico para el caso de estudio la caña de azúcar, se evaluó hasta donde resultaba factible el complejo con el aumento del precio de este insumo reportando un valor límite de 112 $/t para valores superiores, el complejo no es factible.
- El escenario seis para tiempo de no zafra en donde no incluye la planta de azúcar es decir la no incorporación de jugos a la etapa de fermentación y sin suministrarle bagazo a la planta eléctrica y de hidrolizado sin la inclusión del azúcar como producto en la ecuación de ingresos por venta. Para este caso la materia prima con que trabaja el complejo sería bagazo importado y de acuerdo a lo que determine el programa será demandado para la generación de vapor y electricidad y para la obtención de alcohol. También se importan mieles para las necesidades del complejo reportando una ganancia de 61614,52 $/a.

Analizando estos seis escenarios se puede constatar que en el caso de estudio el proceso es operable sólo en algunos escenarios, por ende es parcialmente flexible.
En el siguiente diagrama se representan los valores óptimos de las variables en el complejo de biorefinería correspondientes al escenario 2. Se puede apreciar que el esquema incluye las producciones de azúcar, etanol, hidrolizado de bagazo, torula, electricidad, vapor y la venta de los productos como azúcar, etanol, furfural y torula. Es importante hacer notar que en ese caso las materias que se emplean en las producciones derivadas del proceso de fabricación de azúcar son:

- Producción de alcohol a partir de jugos mieles e hidrolizado de bagazo.
- Producción de torula a partir de vinazas
- Generación de electricidad con 84 % del bagazo generado
- Suministro de vapor a todos los procesos

CONCLUSIONES

1. El escenario que no considera la planta de hidrolizado de bagazo resulta infactible ya que se tiene una disminución en los ingresos por venta, no se produce furfural, se reducen los sustratos para la fermentación alcohólica y todo ello conduce a que no se tengan ganancias en este esquema.
2. El escenario que incluye la integración de todos los procesos y los costos de materias primas y precios de productos más actualizados, resulta en un valor maximizado de la ganancia de 3983400 $/a.
3. Si se considera un esquema con todas las plantas pero con mínimo valor del precio del azúcar y etanol no se obtiene factibilidad ya que para estas condiciones de incertidumbre en el precio no se obtienen rentabilidad económica.
4. Con el escenario en donde se incluyen los precios máximos del etanol y azúcar dando como resultado el valor más alto en la ganancia siendo este un valor de 6399500 $/a.
5. El escenario en donde se considera la incertidumbre en el precio de la materia prima caña de azúcar mostró un límite de factibilidad hasta 112 $/t.
6. Para tiempo de no zafra con el no funcionamiento de la planta de azúcar y la importación de mieles y bagazo a las demás plantas que lo requieren tiene una factibilidad para un valor de la ganancia de 61614,52 $/a.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bao, B et al (2011) A shortcut method for the preliminary synthesis of process-technology pathways: An optimization approach and application for the conceptual design of integrated biorefineries. En: “Computers & Chemical Engineering”, vol. 35, no. 8.

2. Furlan, F. et al (2012) Assessing the production of first and second generation bioethanol from sugarcane through the integration of global optimization and process detailed modeling. En: “Computers & Chemical Engineering”, vol. 43, no. 10.

3. Grossmann, I.E y G. Guillén (2010) Scope for the application of mathematical programming techniques in the synthesis and planning of sustainable processes. En: “Computers & Chemical Engineering”, vol. 34, no. 9.

4. Pham, V. y M. El-Halwagi, (2011) Process synthesis and optimization of biorefinery configurations. AIChE Journal, vol. 58, no. 4.

AGRICULTURA CAÑERA

Taller de malezas, bioestimulantes y maduradores

EL CONSUMO DE HERBICIDAS POR TONELADA DE CAÑA MOLIBLE EN CUBA SE HA IDO REDUCIENDO

HERBICIDES CONSUMPTION PER TON OF MILLABLE SUGARCANE IN CUBA HAS BEEN DECLINING

Armando Alvarez Dozágüez.
AZCUBA, 23 No 171 e/N y O, Vedado, La Habana. armando.alvarez@azcuba.cu;

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es valorar el comportamiento del uso de herbicidas en las áreas cañeras relacionado con la producción de caña alcanzada. En este se analiza cómo se ha obtenido una reducción del consumo real de herbicidas por tonelada de caña molible con una mejor preparación y capacitación del personal, el uso de medios aplicadores más eficientes y un mejor control de las aplicaciones, pero sobre todo con un incremento todavía modesto de los rendimientos agrícolas y brindar protección a mayores áreas cañeras con herbicidas residuales que se aplican en seco, o mezclas post pre para una mayor duración han contribuido de manera importante. Algunas mejorías en la preparación del suelo, un mejor uso de la cobertura de paja y un ligero incremento de las aplicaciones en bandas han apoyado a este resultado, rebajando la carga de agroquímicos por cada tonelada de caña que se produce.
Palabras clave: Caña de azúcar, uso de herbicidas, t de caña.

ABSTRACT

The aim of this study is to assess the behavior of herbicides in sugarcane areas related to the production of sugarcane reached. This is analyzed how it has obtained a reduction in real consumption of herbicides per ton millable cane with better preparation and staff training, the use of applicators and most efficient means better control of applications, but especially with an increase still modest crop yields and provide greater protection for sugarcane areas with residual herbicides applied in dry, pre or post for longer mixtures have contributed significantly. Some improvements in land preparation, better use of straw coverage and a slight increase in band applications have supported this result, reducing the burden of chemicals per ton of cane produced.
Keywords: Sugarcane, herbicides, t cane.

INTRODUCCION

Tanto por factores económicos como medio ambientales la carga de herbicidas que cada hectárea de suelo recibe, si puede reducirse sin afectar los resultados finales, resulta beneficioso. Muchos productos que hace sólo unos años se usaban a dosis de 6 kilogramos de producto comercial por hectárea, hoy se utiliza un equivalente moderno con una dosis de apenas 200 gramos, es decir, 30 veces menos, para la misma área y tonelaje a cosechar.

Si expresamos esta dosis en forma de índice de consumo en gramos o mililitros por tonelada de caña molible cosechada; en la medida que vamos aumentando los rendimientos estos índices se reducen y presentan indicadores más favorables en aquellos productores de más altos rendimientos.

El objetivo del presente trabajo es valorar el comportamiento del uso de herbicidas en las áreas cañeras relacionado con la producción de caña obtenida.

MATERIALES Y METODOS

Para la ejecución del trabajo se consultaron los informes del grupo AZCUBA en un periodo de 35 años y las bases de datos del Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) del INICA, a partir del 2006. A partir

de los valores de herbicida usados se calculó el índice de consumo, dividiendo el tonelaje o volumen de producto utilizado entre las toneladas de caña cosechada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las estadísticas desde la introducción amplia de los herbicidas en Cuba en los años 1969-70, con el empleo de las triazinas, revelan que en 1970 se utilizaron 77,7 gramos o mililitros por tonelada de caña molida (Álvarez, 2006), del 81 al 90 el promedio fue de 110,1 y del 91 al 2000 llegó hasta 187,3; en tanto en 2005 se elevó hasta 236,0 sin contar el Glifosato y 296,8 incluyéndolo.

En el año 2010 se emplearon 330,8 gr/ml de herbicidas por tonelada de caña molible, dados los rendimientos agrícolas muy bajos todavía en ese año. A partir del año 2011 se trabajó fuerte en la reducción del índice de consumo, fundamentalmente con mejoras en la técnica de aplicación, la preparación y capacitación del personal, un mayor control sobre el uso de los mismos y sobre todo con la elevación modesta del rendimiento agrícola. En la campaña 2012-2013 se aplicaron 239,3 gramos o mililitros de herbicidas por tonelada de caña molible, lo cual se continuó reduciendo en los dos años siguientes.

Al cierre de la campaña de control de malezas, en noviembre de 2014 se aplicaron 3767,6 t o Kl de herbicidas para un índice de 195,5 gramos por tonelada de caña molible cosechada en la zafra 2014-2015. Es decir en 5 años se ha logrado reducir el consumo en 135,3 gramos o mililitros por t de caña molible. A continuación se relaciona el índice de consumo por producto (Tabla I).

Tabla I. Índices de consumo de producto herbicida por tonelada de caña molible.

	Consumo
Producto herbicida	**gr o ml /t caña**
2,4-D Ester Isoctílico 48 CE	25,4
2,4-D Sal de Amina 72 CS	18,2
Acido Fosfórico 85%	1,9
Ametrina 80 PH, GD	17,0
Amigan 65 PH, GD	4,6
Asulam 40 LS	29,8
Diuron 80 PH, SC, FW	0,2
Doblete 2000 LS	4,7
Dual Gold 96 CE	1,6
Envoke 75 GD (trifloxisulforon sódico)	0,4
Estalión 13,75 GD	0,0
Finale 15 LS	28,5
Fluroxipir (Matabú 20) LS	0,8
Gliphosato 48 CS	28,8
Hexaron 60 GD	6,6
Hexazinona 25 LS (Galia)	5,7
Imazapic 70 GD (Dromon, Plateau)	0,1
Indaziflan 50 SC (Alion)	0,6
Isoxaflutol GD 75 (Merlin, Palmero)	2,7
Mayoral 35 LS (imazapic+imazapir)	1,5
Merlin TOTAL 60 SC	0,2
MSMA 72 CS, LS	12,6
Piclor 30,4 CS, LS (Potrerón/Ranger)	2,1
Skol 60 GD (etoxisulfuron)	0,2
Surfactante AG-5/Regulux	0,5
Surfactante Adherente 810/Codadhex LS 20	0,7
Otros Coadyuvantes (Break Thru LS 100)	0,1
SUB TOTAL HERBICIDAS y COADYUVANTES	195,5

Todavía es relativamente alto el empleo de productos como el 2,4-D éster, por ejemplo, del que la Organización Mundial de la Salud (OMS) aboga por la eliminación de su uso, ya que se han demostrado sus propiedades cancerígenas y su negativo impacto ambiental.

Se demuestra que es posible hacer un mejor uso de los productos herbicidas, comenzando en la preparación del suelo, la calidad de la siembra y la elección de las mejores épocas para realizarla, las combinaciones efectivas, entre productos y con el cultivo mecanizado para el desyerbe, el empleo de los herbicidas residuales en retoños, la aplicación de tratamientos y labores en el momento oportuno, el uso de la cobertura de paja, rotación de cultivos y de los propios herbicidas y otras prácticas que contribuyen de manera importante a estos logros.

No solo en el aspecto medio ambiental, sino también en el económico, en la medida que otras prácticas bien hechas hacen incrementar los rendimientos, el costo de insumos por tonelada de caña se reduce, como por ejemplo en el central Jesús Rabí de la provincia de Matanzas, comparado con las medias de consumo del país y otras provincias en la campaña 2012-2013 (Tabla II).

Tabla II. Gasto de herbicidas por T de caña molible, campaña 2012-2013.

	1	2	3	4	5
	Kg/litro x	kg/litros x ha	gramos/ml	USD/CIF x	USD/CIF x t
Grupo azucarero provincial	ha/aplicación	total bajo caña	x t caña molida	hectárea	caña molida
Artemisa	1,37	6,50	225,87	67,32	2,34
Mayabeque	1,65	7,35	244,45	76,42	2,54
Matanzas	1,23	7,42	224,62	80,35	2,43
V. Clara	1,70	6,60	237,90	72,56	2,62
Cienfuegos	1,34	6,60	208,39	69,81	**2,20**
S. Spíritus	1,40	7,52	261,27	77,78	2,70
C. de Ávila	1,27	7,48	209,44	78,16	**2,19**
Camaguey	1,30	7,88	283,50	78,34	**2,82**
Las Tunas	1,35	6,38	270,08	62,99	2,67
Holguín	1,40	6,15	207,74	62,13	**2,10**
Granma	1,29	7,59	270,60	77,43	**2,76**
S. de Cuba	1,46	7,69	254,88	82,22	**2,72**
Guantánamo	1,61	6,16	232,07	61,77	2,33
NACIÓN	1,40	7,01	239,33	72,73	2,48
Jesús Rabí	**0,949**	**6,134**	**125,93**	**75,30**	**1,55**

Con menor costo de productos USD/t caña molida: RABI, Holguín, Ciego de Avila y Cienfuegos.
Con mayor costo de productos USD /t caña molida: Camagüey, Granma y Stgo de Cuba.

Una preparación mala del suelo, o una aplicación tardía de herbicidas, lo que aparentemente economiza en la ejecución de las mismas, después se gasta con creces, en otras labores, como la cosecha, por ejemplo y el costo final de la tonelada de caña y de azúcar que producimos.

Para elevar los niveles de producción de caña de manera efectiva, se precisa de un buen control de malezas, en dos sentidos: 1ero) en la incidencia directa que tiene en el rendimiento para la próxima zafra, ya que el 80% de la caña molible o más en una zafra lo aportan las socas y los retoños y bien atendidos a tiempo, puede ser mucho mayor y 2do) por la incidencia que tiene en la duración del cañaveral y que no se nos auto demuela la caña por falta de atención y no podamos crecer en área a pesar de las siembras que hacemos cada año.

Según Peña (2015), el crecimiento de la producción de caña, desde septiembre 2010 hasta septiembre 2014, fue de 8 552 918.3 t, de estas 2 837 002.7 t correspondieron a más área llevada a zafra y 5715915.7 t al incrementó de rendimiento agrícola. De esto se deduce que el 33.2 % del crecimiento corresponde al incremento de área y el 66.8 % al rendimiento agrícola, lo que significa que, aunque el crecimiento de área es necesario, la atención oportuna a la caña es primordial para elevar la producción a precios competitivos.

CONCLUSIONES

Es necesario mejorar integralmente el trabajo en todos los factores que intervienen en la elevación del rendimiento para tener mejores índices de consumo, en herbicidas, combustible, fertilizantes, horas de trabajo, etc., utilizados para producir cada tonelada de caña.

REFERENCIAS

Álvarez, Armando. 2006: Revista ATAC No 2/2006: El verdadero ahorro está en aumentar los rendimientos agrícolas. Parte II. Consumo de herbicidas.

De la Peña, Bernardo, 2015: Informe sobre el crecimiento de la producción de caña en los últimos 4 años. Conferencia a Productores cañeros. AZCUBA. Marzo 2015.

EFICACIA HERBICIDA Y SELECTIVIDAD A LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) DE LA MEZCLA DE IMAZAPIC + HEXAZINONA

HERBICIDAL EFFICACY AND SELECTIVITY TO SUGARCANE (*Saccharum* spp.) MIX OF IMAZAPIC + HEXAZINONE

Ciro Fernández Martínez[1], Juan Carlos Amor Otero[2], Eddy Olivera Estrada[3] y Vidal Francisco Blanco[1].

[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA. Cuba.
email: ciro2662fm@gmail.com ; ciro@inica.azcuba.cu
[2]ADAMA, email: jcamor@gbm.co.cu
[3]Grupo Empresarial Azucarero Ciego de Ávila, email: eddy.olivera@eaca.azcuba.cu

RESUMEN

En Abril de 2010 se estableció una extensión sobre suelo Ferralítico Rojo, plantado de caña de azúcar, cultivar C120-78 en un área bajo riego por aspersión (pivote central) en la Cooperativa de Producción Agropecuaria "Mártires de Bolivia", municipio "Primero de Enero", Ciego de Ávila, con el objetivo de determinar la eficacia de la mezcla en tanque de *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L pcha^{-1} (0,12 + 0,50 kg i.a.ha^{-1}), en el control pre-emergente de arvenses. Se determinó la eficacia herbicida a los 30, 60 y 90 DDA. Dicha mezcla aplicada a los 12 días después de plantada la caña de azúcar mostró un control eficaz de arvenses hasta los 90 DDA, que incluyó a las gramíneas o Poáceas: *Brachiaria fasciculata* (Sw.) Blake, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton y *Leptochloa panicea* (Retz.) Ohwi y, las dicotiledóneas u hojas ancha: *Croton lobatus L.*, *Ipomoea* sp. y *Euphorbia heterophylla* L., sin provocar síntoma alguno de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C120-78 que afectaran la brotación y en el crecimiento y desarrollo del cultivo.
Palabras claves: imidazolinonas, malezas, herbicidas, toxicidad.

ABSTRACT

In April 2010 an extension was carried out in a field planted with sugar cane, cultivar C120-78, in a red soil oxisol in an area under sprinkler irrigation (center pivot) in the farming co-operative "Mártires de Bolivia", municipality "Primero de Enero", Ciego de Ávila province, with the objective of to determine the efficacy of the mixture in tank of imazapic LS 24 + hexazinona LS 25 (0.5 + 2.0) L pcha^{-1} (0,12 + 0,50 kg i.a.ha^{-1}), in pre-emergence control of undergrowth. The herbicidal efficacy was determined at 30, 60 and 90 day after application (DAA). The aforementioned mixture applied at 12 days after once the sugar cane was planted showed an efficacious control of weeds to the 90 DAA, which included the Gramineae or Poáceas: *Brachiaria fasciculata* (Sw.) Blake, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton and *Leptochloa panicea* (Retz.) Ohwi and, dicotyledoneae or broad sheets: *Croton lobatus* L, *Ipomoea* sp. and *Euphorbia heterophylla* L, without provoking any symptom of phytotoxicity in sugar cane, cultivar C120-78 that affect shouts, growth and crop development.
Keywords: imidazolinones, weeds herbicides, toxicity.

INTRODUCCIÓN

Para una alta producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se necesita sin lugar a dudas de condiciones climáticas favorables al cultivo como las que prevalecen en el periodo lluvioso, de abundantes precipitaciones y elevadas temperaturas. Sin embargo, estas condiciones traen aparejados una serie de factores negativos entre los que se destacan la incidencia de un gran número de especies arvenses que

compiten por nutrientes, luz, agua y otros elementos esenciales, además de los posibles efectos alelopáticos causado por algunas de ellas [1].

El uso de herbicidas constituye una práctica indispensable y usual en plantaciones de caña de azúcar, en virtud de las extensas áreas de cultivo y del elevado costo y escasez de mano de obra. El control de arvenses en dichas plantaciones, se realiza por medios mecánicos y con la aplicación de herbicidas en pre-emergencia y post-emergencia. Actualmente, en pre-emergencia se recomiendan los herbicidas *ametrina*, *isoxaflutol*, (*hexazazinona+diurón*), *metolachlor*, *indaziflam*, *tebutiuron* y *metribuzin*.

I***mazapic*** **LS 24**, formulado como concentrado soluble al 24 % de ingrediente activo, es un herbicida sistémico, de contacto y residual, con amplio espectro en el control pre y post-emergente de arvenses anuales y algunas perennes, incluyendo *Cyperus rotundus*. Su modo de acción consiste en la inhibición de la enzima Acetolacto sintetasa (ALS o AHAS), bloqueando la biosíntesis de valina, leucina e isoleucina, interrumpiendo la síntesis de proteínas, la cual permite la interferencia de la síntesis de ADN y el crecimiento celular. Este herbicida pretende utilizarse en Cuba para el control pre-emergente de arvenses en caña de azúcar, en la cepa de caña planta (plantilla) por lo que se realizan estudios con el objetivo de determinar su eficacia en el control de arvenses y la tolerancia del cultivo, aplicado en los primeros días después de la plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una extensión de 8.75 ha, en áreas de la Unidad de Producción Cooperativa (CPA) "Mártires de Bolivia", Empresa Azucarera "Primero de Enero", en Ciego de Ávila, sobre suelo Ferralitizado Cálcico, (Ferralsol), según [2], plantado de caña de azúcar, cultivar C120-78, bajo riego por aspersión (pivote central).

La aplicación se realizó de forma total, el 24 de abril de 2010 (12 días después del tape y retape de la caña de azúcar), en pre-emergencia del cultivo y de las arvenses, utilizando asperjadora integral de 800 litros, ajustada con boquillas de abanico plano y solución final de 250 L ha^{-1}.

La especies arvenses predominantes fueron*:* con alta incidencia, súrbana (*Brachiaria fasciculata*) (Sw.) Blake y zancaraña *(Rottboellia cochinchinensis*) (Lour.) Clayton y con menor incidencia frailecillo cimarrón (*Croton lobatus*) L., bejuco aguinaldo (*Ipomoea* sp.), plumilla (*Leptochloa panicea*) (Retz.) Ohwi y lechosa (*Euphorbia heterophylla*) L.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dosis		Momento de aplicación
	kg i.a.ha^{-1}	L pcha^{-1}	
(*imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25*)*	1.2 + 0.5	0.5 + 2.0	Pre-emergencia
Testigo absoluto o sin aplicar	-	-	-

***Mezcla en tanque**: Mezcla de productos realizada directamente en el tanque de la asperjadora en el momento de la aplicación.*

A los 30, 60 y 90 días después de la aplicación (DDA) se realizaron evaluaciones para determinar la eficacia herbicida de dicha mezcla sobre las arvenses mono y dicotiledóneas a través del porcentaje de cobertura de éstas [3] y la selectividad al cultivo, utilizando la escala de la EWRS de nueve grados [4], citados por [5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura de arvenses. A los 30 días después de la aplicación (DDA) la mezcla en tanque de *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L pcha^{-1} (0,12 + 0,50 kg i.a.ha^{-1}) aplicada en pre-emergencia total, mostró un control total (0 % de cobertura) de arvenses que incluyó a las gramíneas: *Brachiaria fasciculata*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Leptochloa panicea* y las dicotiledóneas u hojas anchas: *Croton lobatus*,

Ipomoea sp. y *Euphorbia heterophylla*, el cual se extendió hasta los 90 DDA (Tabla 2). A partir de los 60 DDA se observaron muy ligeros brotes de *Br. fasciculata* y *R. cochinchinensis* en las parcelas tratadas con *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L pcha^{-1}, los cuales fueron inferiores al 1% y a los 90 DDA la cobertura de arvenses en dicha área tratada no sobrepasaba el 10%, mientras que en el área del testigo absoluto o testigo sin aplicar se observó gran cantidad de arvenses desde los primeros 30 DDA (25,0 % de cobertura), y después del chequeo realizado a los 60 DDA, debido a la alta infestación de arvenses y el desarrollo de éstas, fue necesario realizar una labor mecánica para controlarlas y con ello, evitar afectaciones al cultivo. Posterior a dicha fecha, a los 76 DDA fue necesario realizar otra labor de cultivo mecánico para el control de arvenses en dicha área.

Tabla 2. Cobertura de arvenses, total y por especies (%) y grado de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C120-78 a 30; 60 y 90 DDA.

Tratamientos	Dosis (L ha^{-1}) de P.C.	Total	Monocotiledóneas			Dicotiledóneas			Grado fito caña*
			Brafa	Rotco	Leppa	Crolo	Ipo sp	Euphe	
					30 DDA				
imazapic LS 24 + *hexazinona* LS 25	0.5 + 2.0	0	0	0	0	0	0	0	1
Testigo sin aplicar	-	25	12	8	1	3	1	0	1
					60 DDA				
imazapic LS 24 + *hexazinona* LS 25	0.5 + 2.0	0.5	0.25	0.25	0	0	0	0	1
Testigo sin aplicar	-	60	30	20	2	5	3	1	1
					90 DDA				
imazapic LS 24 + *hexazinona* LS 25	0.5 + 2.0	10	2	3	1	2	1	1	1
Testigo sin aplicar	-	35	20	10	1	2	2	0	1

Brafa.: *Brachiaria fasciculata*; **Rotco**.: *Rottboellia cochinchinensis*; **Leppa**.: *Leptochloa panacea*; **Crolo**.: *Croton lobatus*; **Ipo sp**.: *Ipomoea* sp. y **Euphe**.: *Euphorbia heterophylla*.

*__Grado de fitotoxicidad en la caña de azúcar__: grado 1: ausencia absoluta de síntomas; grado 2: síntomas muy ligeros; grado 3: síntomas ligeros, pero claramente visibles; grado 4: síntomas más marcados, por ej. clorosis, probablemente sin pérdidas de rendimiento.

Control por especies. Br. *fasciculata;* la especie más prevalente, así como R. *cochinchinensis* fueron las especies que primero comenzaron a germinar en el área tratada con dicha mezcla, mientras que L. *panacea*, Cr. *lobatus*, *Ipomoea* sp. y E. *heterophylla* fueron totalmente controladas (0% de cobertura) por *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L pcha^{-1} hasta los 60 DDA y a los 90 DDA se mantuvo el buen control de arvenses, con una cobertura por especie que no sobrepasaba el 3% (Tabla 2).

Toxicidad a la caña de azúcar. La mezcla en tanque de *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L pcha^{-1} no provocó síntoma alguno de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C120-78 (Tabla 2), ni se observó afectación en la brotación, crecimiento y desarrollo de ésta.

CONCLUSIONES

La mezcla en tanque de *imazapic* LS 24 + *hexazinona LS 25* (0.5 + 2.0) L $pcha^{-1}$ (0,12 + 0,50 kg $i.a.ha^{-1}$) aplicado en pre-emergencia total sobre suelo Ferralitizado Cálcico, 12 días después del tape y retape de la caña de azúcar en áreas bajo riego por aspersión (pivote central), realiza un eficaz control de arvenses hasta los 90 DDA, incluyendo a las gramíneas: *Brachiaria fasciculata*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Leptochloa panicea* y, las dicotiledóneas u hojas ancha: *Croton lobatus*, *Ipomoea* sp. y *Euphorbia heterophylla*, sin provocar síntoma alguno de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C120-78.

REFERENCIAS

[1] KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III –capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). Planta Daninha, 2003, v.21, n.1. Viçosa jan./abr.

[2] Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L y Camacho, E. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Instituto de Suelo. Minagri-Agrinfor (1999).

[3] Fischer, F. Comparación de los métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Rev. Agri. 1975; 8(1). 70-80.

[4] Johannes, H. y J. Schuh. 1971. Das bonitierungsschema 1-9. European Weed Research Council. (EWRS), Begbroke Hill, Kidlinton, Oxford.

[4] Manual para ensayo de campo 2da ed; Basilea, 205 p. Ciba Geigy.1981.

APLICACIÓN DE HERBICIDAS RESIDUALES EN BANDA SOBRE LA HILERA DE CAÑA
APPLICATION OF RESIDUAL HERBICIDE ROW BAND ON CANE

José Joaquín Díaz Díaz[1]; Alién Borges Alvarez[1]; Fidel Hernández Hernández[2]; David Peguero Pereira[1].

1 Empresa azucarera Matanzas.
2 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.

RESUMEN

Con el objetivo de comprobar la eficacia con productos residuales se realizó ensayo en la UBPC Cuba Libre, en un retoño sobre suelo Ferralsol después de haberse quemado los residuos de cosecha y con rebrote de nuevos vástagos. Los tratamientos se realizaron con asperjadora sobre tractor, con boquillas de abanico 03F110/ 3, solución final 150 l/ha, en banda sobre la hilera de caña, en un diseño en franja. Se realizaron chequeos cada 10 días para evaluar la fitotoxicidad y el control de las malezas presentes antes del tratamiento. A los 10 días después de la aplicación (dda) se observó fitotoxicidad grado 3 en el tratamiento 1; con buen control de las malezas, con excepción de *Panicum maximum* (hierba de guinea) y *Sorghum halepense* (Don Carlos), aunque con fuerte daño fitotóxico (color amarillo). A los 20 dda se observó buen control residual en los 3 tratamientos, con significación respecto al testigo. Con el empleo de esta técnica, con cultivo mecánico entre hileras, se puede aplicar herbicidas residuales en los suelos Ferralsol, con ahorro entre 30- 50% de los herbicidas.
Palabras claves: residuales, hileras, asperjadora.

ABSTRACT

In order to determine the effectiveness residuals trial was conducted in the UBPCs Free Cuba, an offshoot of Ferralsol soil after crop residues have burned and regrowth of new shoots. The treatments were carried out on tractor sprayer with fan nozzles 03F110 / 3, final solution 150 l / ha in band over the row of cane in a stripe design. Checks were performed every 10 days to assess the phytotoxicity and control of the weeds present before treatment. At 10 days after application (DAA) phytotoxicity grade 3 treatment 1 was observed; with good weed control, with the exception of Panicum maximum (Guinea grass) and Sorghum halepense (Don Carlos), but with strong phytotoxic damage (yellow). At 20 DAA good residual control in the 3 treatments, with significant compared to the control it was observed. By using this technique, mechanical cultivation between rows, can be applied residual herbicides in soil Ferralsol, saving between 30-50% of herbicides.
Keywords: waste, rows, sprayer.

INTRODUCCIÓN

Varios métodos de control de malezas se han usado en Cuba desde que se introdujo el cultivo de la caña de azúcar, primero el arranque a mano, después el uso del machete y luego el azadón o guataca. En los primeros 50 años del siglo XX, además de usarse la azada o guataca, se practicaba mucho la tracción animal con implementos que permitían hacer buen trabajo en tierras maestras mediante el uso de arados de bueyes construidos de madera o de hierro, para trabajar en las tumbas de monte donde quedaban rastrojos de troncos y raíces. También el viraje de paja manual y alrededor del año 40 se introduce el cultivo con tractor. De 1951 al 1960 se introduce la conservación de paja para controlar las malezas en el 50 % del campo, además se inicia el uso de herbicidas hormonales.

A mediados y finales de la década del 60-70, se intensifica el cultivo mecánico con tractores pequeños y rotovator y se introducen las primeras triazinas como la ametrina, la atrazina y Simazina entre otros, creándose el primer grupo de técnicos para dirigir esta nueva tecnología, dirigida por el profesor Mariano

Calzadilla; en esta etapa se usó el avión como equipo principal, mas tarde se incrementan las asperjadoras y mochilas de espalda. En el año 1982 y 1983 por inventiva del profesor Mariano Calzadilla se trabaja con asperjadoras dotadas de lanzas para el trabajo en manchas y con la Fischer económica 83 de tres hileras, ya que existían distancias variables entre surcos, las que hoy todavía persisten.
Si se trabaja correctamente con los herbicidas, pudieran beneficiarse 180 mil caballerías de caña. En complejos como el España Republicana, donde las aplicaciones se hicieron sólo en banda y en manchas, principalmente en horario nocturno, se incrementó la eficiencia en el control de malezas y se crearon condiciones para el doble turno (Calzadilla 1990). El sistema de aplicaciones de herbicidas durante la madrugada ahorrará más de medio millón de dólares por campaña según Díaz (1988), en entrevista al periódico Girón en junio de 1988, usando también la máquina económica 1983.
Teniendo en cuenta lo anterior el presente trabajo se planteo como objetivo evaluar la eficacia de varios tratamientos de herbicidas aplicados en banda sobre el surco de caña y su incidencia en la reducción de los costos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la UPC Cuba Libre de la UEB España Republicana, en una cepa de soca de la variedad de caña C323-68, sobre suelo Ferralítico rojo típico. El campo se cosechó el día 7 de abril y, luego de una quema accidental, se cultivó profundo y se acondicionó el camellón con pases de grada de disco múltiple.
Los tratamientos estudiados (Tabla I) se realizaron sobre los surcos, espaciados a 1,5 m, en un ancho de 0.75 m. es decir, el 50 % de la superficie. Los camellones o entre hileras se mantuvieron limpios con equipos de cultivo mecánico. Se orientó hacer tratamiento a las manchas de *Sorghum halepense* y *Panicum maximum*, inmediatamente después de estos tratamientos. Se utilizó un diseño en franjas con tres repeticiones.

Tabla I. Tratamientos estudiados.

1	Merlin GD-75 0.17 kg/ha + Ametrina 1.0 kg/ha + Sal amina 2 l/ha
2	Merlin GD 75 0.08 kg/ha + Hexazinona 1.5 l/ha + Ametrina 0.5 kg/ha + Sal amina 2 l/ha.
3	Hexazinona 2.5 l/ha + Ametrina 0.5 kg/ha +Sal amina 2 l/ha
4	Testigo absoluto

La aplicación se realizo en mayo del 2015, entre las 6.30 y 8.00 am, con viento en calma, menor de 3 m/s; con asperjadora sobre tractor, boquillas de abanico plano 03F110-3 azul y solución final de 150 L/ha. La humedad del suelo al momento de la aplicación fue escasa, aunque suficiente para hacer posible la aplicación, a causa de lluvia caída días antes de la aplicación con 27.5 mm. En los primeros 10 días después de la aplicación (dda) se reportaron 42 mm de lluvia.

Las malezas predominantes al momento de la aplicación se muestran en la tabla II.

Tabla II. Especies de malezas presentes en el momento de aplicación.

Especie	Nombre Vulgar	% de cobertura
Sorghum halepense (L.) Pers	Don Carlos, cañuela	20 %
Panicum maximum Jacq	Yerba de guinea	15%
Rottboellia cochinchinensis (Lour) Clayton	Zancaraña	30 %
Echinochloa colona (L.) Link	Grama pintad	15 %
Euphorbia heterophilla L	Lechosa	25 %
Croton lobatus L	Frailecillo cimarrón	10%
Ipomoea trífida (Kunt) D. Don	Bejuco aguinaldo	30 %

Se evaluó la fitotoxicidad, el control post emergente y el tiempo de residualidad. Se evaluó estadísticamente el comportamiento de la fitotoxicidad en el cultivo de la caña, así como el % de cobertura de las malezas a los 20 dda por tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los chequeos realizados a los 10 dda se observó fitotoxicidad de grado 4 en el tratamiento 1 (daño moderado, sin afectar la cosecha), con buen control en las malezas presentes, menos en las establecidas *Panicum maximum* y *Sorghum halepense*, aunque con fuerte daño fitotóxico (color amarillo). Los restantes tratamientos no presentaron fitotoxicidad; en el 2 el *Sorghum halepense* mostró fuerte clorosis. Después de los 20 dda se observó buen control residual en los tres tratamientos, con significación respecto al testigo.
El comportamiento de los tratamientos en las tres réplicas fue similar en cuanto al resultado obtenido. El tratamiento 3 no mostró fitotoxicidad en el cultivo (Figuras 1 y 2). La no uniformidad en la distancia entre hileras afectó la efectividad de la aplicación debido a la oscilación de las boquillas.

Figura 1. Daño fitotóxico en el tratamiento 1 a la derecha, comparado con el testigo a la izquierda.

Figura 2. Fuerte clorosis en el tratamiento 2 del *Sorghum halepense* a la izquierda comparado con el testigo a la derecha.

El análisis económico arrojó los siguientes resultados:

1-Isoxaflutole 0.17 kg/ha + Ametrina 1.0 kg/ha +sal amina 2.0 l/ha.
Valor usd 29.19 +8.77 +8.66 =46.62 de forma total.
Valor tratamiento en banda 50% =23.31 usd/ha.

2-Isoxaflutole 0.08 kg/ha + hexazinona 1.5 l/ha +ametrina 0.5 kg/ha+ sal amina 2.0l/ha
Valor usd 13.74 + 15.48 +4.39 +8.66 =42.27 tratamiento total
Valor de los tratamientos en banda 50% =21.14 usd/ha.

3-Hexazinona 2.5 l/ha +ametrina 0.5 kg/ha +sal amina 2.0 l/ha
Valor usd 25.80 + 4.39 +8.66 =38.85 usd/ha
Valor de los tratamientos en banda 50% =19.43usd/ha.

El valor de los productos empleados en las cepas de retoño en la Empresa Azucarera Matanzas se expone en la Tabla III.

Tabla III. Valor de los productos residuales para los retoños en la Empresa Azucarera Matanzas 2015.

Productos	**kl**	**usd/t o kl**	**valor**	**ha plan**
Merlin total	4.758	157545.40	749601.01	20688.9
Mayoral	2.000	53772.10	107544.20	3636.36
TOTAL	**6.758**		**857145.21**	**24325.26**
Aplicándolos en banda se pueden beneficiar				**48650.52**
O pudiéramos ahorrar en productos residuales				**428572.61**

CONCLUSIONES

1. Todos los tratamientos presentaron buen control de las malezas presentes con excepción, del *Sorghum halepense* y *Panicum maximum*.
2. Los tratamientos más factibles resultaron ser el 2 y el 3, muy significativo con el testigo sin aplicar y con el tratamiento 1, en los costos por ha.
3. Con las aplicaciones en banda hay mayor productividad de la asperjadora, ya que se disminuye el tiempo de llenado y se aplica el doble del área con la misma carga, lo que disminuye la carga tóxica al aplicarse al 50 % del área.

REFERENCIAS

1. Armando A. y Sixto H. Precios de los herbicidas contratados para el 2015.
2. Armando A. Conferencia: Planificación e inicio de la campaña de limpia integral mayo - julio. EPICA Matanzas, 10 de marzo del 2015.
3. Calzadilla M. R. Inventiva e innovación de la asperjadora Económica 1982-1983. Fórum de Ciencia y Técnica, La Habana, 1982.
4. Diaz J. J. Aplicaciones nocturnas de herbicidas. 1988. Revista ATAC.
5. Diaz J. J. Mezcla de Hexacinona + Isoxaflutole, herbicidas de alta residualidad. Taller Programa MINAZ – Bayer, Varadero 2006.

PERSISTENCE OF SOIL-APPLIED SUGARCANE HERBICIDES ON ORGANIC SOILS

PERSISTENCIA EN SUELOS ORGÁNICOS DE APLICACIONES DE HERBICIDAS EN CAÑA DE AZÚCAR

Dennis Calvin Odero

University of Florida-IFAS, Everglades Research and Education Center
3200 E Palm Beach Road, Belle Glade, FL 33430, USA

ABSTRACT

Persistence of soil-applied sugarcane herbicides is important for weed management on organic soils of the Everglades Agricultural Area (EAA) in Florida. Field studies were conducted to determine dissipation of pendimethalin and triazine herbicides (atrazine and metribuzin) applied preemergence on organic soils in the EAA for weed control in sugarcane. Pendimethalin, atrazine, and metribuzin were applied at 4, 4.48, and 1.12 kg/ha, respectively. Pendimethalin was applied as oil- and water-based formulations. Both formulations had similar rates of dissipation even though there was an initial higher amount of pendimethalin in the soil for the water-based compared to the oil-based formulation. Dissipation of the bioavailable fraction of atrazine and metribuzin was more rapid than the total amount in the soil. Enhanced atrazine degradation occurred on the organic soils compared to metribuzin which dissipated much more slowly, indicating that metribuzin is a better option for weed management on organic soils with enhanced atrazine degradation.
Keywords: field dissipation, enhanced degradation, organic soil.

RESUMEN

La persistencia de herbicidas aplicados a la caña de azúcar es importante para el manejo de malezas sobre los suelos orgánicos del Área Agrícola de los Pantanos (EEA) en la Florida. Estudios de campo fueron conducidos para determinar la disipación de los herbicidas pendimetalin y triazina (atrazina y metribuzin) aplicados en los suelos orgánicos del EAA para el control de malezas en la caña de azúcar. Pendimetalina, atrazina, y metribuzin fueron aplicados en 4, 4.48, y 1.12 kg/ha, respectivamente. Pendimethalin fue aplicado como formulaciones base acuosa y base aceite. Ambas formulaciones tuvieron proporciones similares de disipación incluso cuando hubo una cantidad inicial más alta de pendimetalin en el suelo para la formulación acuosa comparada con la formulación base aceite. La disipación de la fracción biodisponible de atrazina y metribuzin fue más rápida que la cantidad total en el suelo. La degradación mejorada de atrazina ocurrió en los suelos orgánicos en comparación con el metribuzin, el cual se disipó más lentamente, indicando que que el metribuzin es una mejor opción para el manejos de malezas sobre suelos orgánicos con degradación mejorada de la atrazina.
Palabras clave: disipación en campo, degradación mejorada, suelo orgánico.

INTRODUCTION

Preemergence herbicides play an important role in early season weed management on sugarcane cultivated on 170,000 hectares in Florida (1). Approximately 78% of the sugarcane is grown on organic soils (Histosols) of the Everglades Agricultural Area (EAA) (2). Sugarcane growers in Florida rely on pendimethalin, a dinitroaniline applied preemergence (PRE) for control of annual grass weeds (3). Triazine herbicides, atrazine and metribuzin, are typically applied in combination with pendimethalin for control of annual broadleaf weeds and certain grasses in sugarcane (3, 4).

Pendimethalin is strongly adsorbed to organic matter (K_{oc} = 17,200 L kg^{-1}) and has low water solubility (0.275 mg L^{-1}) (3), indicating that it has low leaching potential. These characteristics are attributed to its high potential for hydrogen bonding particularly to organic substances (5). Pendimethalin is primarily degraded by soil microorganisms and its persistence in soil is influenced by edaphic and climatic conditions (5). The half-life (time it takes to 50% dissipation) of pendimethalin in the field is averagely 44 days, but will vary depending on soil and moisture conditions (3).

Atrazine, a symmetrical triazine, is most widely used on sugarcane compared to the asymmetrical metribuzin, on organic soils of the EAA. These triazines have relatively low adsorption on most soils and will have half-lives of up to 60 days under field conditions (3). Persistence of atrazine in soils had been attributed to the halogen, methylthioether, and *N*-alkyl substituents on the *s*-triazine ring, which impeded microbial degradation (6). However, following repeated atrazine use, adaptation of bacteria able to use atrazine as a carbon and nitrogen source has been reported (7). These bacteria have the ability to rapidly metabolize and degrade atrazine in soil following application, a phenomenon referred to as enhanced atrazine degradation. Atrazine has been reported to be cross-adapted with ametryn, a similar symmetrical triazine, and not cross-adapted with metribuzin (8), showing that metribuzin could be an alternative for use in sugarcane soils exhibiting enhanced atrazine degradation.

Therefore, studies were conducted to determine dissipation of pendimethalin, atrazine, and metribuzin on organic soils of the EAA under field conditions.

MATERIALS AND METHODS

Field studies were conducted in Belle Glade, Florida in 2011 and 2012 to evaluate dissipation of pendimethalin, atrazine, and metribuzin. The soil type was Dania muck with pH of 7.3 to 7.4 and organic matter of 64 to 77%. The experimental fields for atrazine and metribuzin experiments had received atrazine applications at 4.48 kg/ha almost yearly for at least two decades until 2007 after which the fields received metribuzin and ametryn at 1.12 kg/ha and 0.22 to 0.67 kg/ha, respectively.

Oil- and water-based pendimethalin formulations were applied PRE on February 1, 2011 and February 27, 2012 at 1.12 kg/ha. Atrazine and metribuzin were applied PRE on February 1, 2011, and December 21, 2011 at 4.48 and 1.12 kg/ha, respectively. The herbicides were applied with a tractor-mounted sprayer in 2011 and a CO_2-pressurized hand sprayer calibrated to deliver 180 L/ha at 276 kPa with TeeJet TT11002 nozzle tips. Experimental plots consisted of four sugarcane rows 1.5 m apart and 12 m long in 2011 and two sugarcane rows 1.5 m apart and 7.6 m long in 2012. The experiments were arranged in a randomized complete block design with three to four replications for each herbicide in 2011 and 2012, respectively.

Following herbicide application, soil samples were taken at 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, and 56 days after treatment both years. Four soil cores 3 cm in diameter and 0 to 10 cm in depth were taken randomly from each plot at sampling and composited prior to freezing at −20 C until analysis. Pendimethalin and triazine herbicides were extracted from soil and data were analyzed according to Odero and Shaner (9, 10).

RESULTS AND DISCUSSION

Dissipation of both pendimethalin formulations was biphasic both years with an initial rapid rate of dissipation within the first 14 days followed by a slow rate of dissipation both years. However, the initial amount of pendimethalin was higher in 2011 compared to 2012 for both formulations. This was attributed to drier soil conditions and volatilization as a result of higher soil and air temperatures at the time of herbicide application. Overall, there was a higher initial amount of the water-based formulation compared to the oil-based formulation both years which was attributed to lower volatility of the water-based compared to the oil-based formulation. The half-lives of the water-based formulation were 13 and 12 days in 2011 and 2012,

respectively and 18 and 8 days in 2011 and 2012, respectively for the oil-based formulation. These values are lower than the reported average half-life of 44 days under field conditions (3). This was probably attributed to drier soil conditions, high soil and air temperatures, and the organic nature of the soils. Because the herbicides were not incorporated at application, losses were probably exacerbated by volatilization and photodecomposition. Pendimethalin has been reported to be more persistent when incorporated into the soil immediately following application (11). In addition, the high organic matter content of the soil reduced the bioavailability of pendimethalin because of its ability to strong bind to organic matter (3).

The total amount and bioavailable fraction of atrazine dissipated rapidly both years, although dissipation was more rapid in 2011 compared to 2012. However, in both years, the bioavailable fraction of atrazine dissipated much more rapidly than the total amount. The half-lives of the total amount of atrazine was 4 and 10 days in 2011 and 2012, respectively while that of the bioavailable faction was 1 and 6 days in 2011 and 2012, respectively. These results showed a short persistence of atrazine under field conditions compared to the average of 60 days (3). The reduced half-life of atrazine in these organic soils with a history of repeated use of atrazine and a similar symmetrical ametryn indicated enhanced atrazine degradation. Because triazines have relatively low adsorption on most soils (3), microbial adaptation to use atrazine as a carbon and nitrogen source and not atrazine sorption resulted in the herbicide's enhanced degradation.

Similar to atrazine, dissipation of the total amount and bioavailable fraction of metribuzin increased over time both years. The half-lives of the total amount of metribuzin was 25 and 19 days in 2011 and 2012, respectively while that of the bioavailable faction was 11 and 9 days in 2011 and 2012, respectively. Dissipation of metribuzin in this study was lower than the reported range of 30 to 60 days under field conditions (3). This was most likely attributed to pH of the soils and the presence of metribuzin degrading soil microorganisms and not sorption to organic matter because the fields had prior history of metribuzin use. Since degradation of metribuzin is lowest in low pH soils (12), the pH of slightly above neutral in the present study probably contributed to its degradation.

CONCLUSIONS

Under field conditions, there was a higher initial amount of the water-based compared to the oil-based formulation of pendimethalin on organic soils, indicating that the water-based formulation may provide better weed control following application. The half-lives of formulations were relatively low under field conditions as a result of climatic and soil conditions in addition to the absence of incorporation following application. These results show that persistence of pendimethalin irrespective of formulation will be reduced when applied under dry soil conditions without any incorporation. The results also showed enhanced degradation of atrazine compared to metribuzin under field conditions on organic soils of the EAA. This implies that metribuzin is a better option for weed management on organic sugarcane fields in the EAA exhibiting enhanced atrazine degradation.

REFERENCES

1. USDA-ARS. Acreage, Sugarcane for Sugar and Seed Harvested - States and United States: 2013 and 2014. USDA-ARS, 2015, http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/Acre/Acre-06-30-2014.pdf.
2. Rice, R., Baucum, L., Davidson, W. Sugarcane variety census: Florida 2013. Sugar Journal, 2014, July, 11-19.
3. Shaner, D.L. Herbicide Handbook. 10th ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America, 2014. 513 p. ISBN 978-0-615-98937-2.
4. Odero, D.C., Dusky, J.A. Weed Management in Sugarcane. Florida Cooperative Extension, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida SS-AGR-09, 2010.

5. Weber, J.B. Behavior of dinitroaniline herbicides in soils. Weed Technology, 1990, volume 4, pages 94-406. ISSN 0890-037X.
6. Wackett, L.P., Sadowsky, M.J., Martinez, B., Shapir, N. Biodegradation of atrazine and related *s*-triazine compounds: from enzymes to field studies. Applied Microbiology and Biotechnology, 2002, volume 58, pages 39–45. ISSN 0175-7598.
7. Krutz, L.J., Shaner, D.L., Weaver, M.A., Webb, R.M.T, Zablotowicz, R.M., Reddy, K.N., Huang, Y., Thomson, S.J. Agronomic and environmental implications of enhanced *s*-triazine degradation. Pest Management Science, 2010, volume 66, pages 461-481. ISSN 1526-4998.
8. Shaner, D.L., Krutz, L.J., Henry, W., Hanson, B.D., Poteet, M.D., Rainbolt, C.R. Sugarcane soils exhibit enhanced atrazine degradation and cross adaptation to other *s*-triazines. Journal of American Society of Sugar Cane Technologists, 2010, volume 30, pages 1-10. ISSN 1075-6302.
9. Odero, D.C., Shaner, D.L. Dissipation of pendimethalin in organic soils in Florida. Weed Technology, 2014, volume 28, pages 82-88. ISSN 0890-037X.
10. Odero, D.C., Shaner, D.L. Field dissipation of atrazine and metribuzin in organic soils in Florida. Weed Technology, 2014, pages, 28, pages 578-586. ISSN 0890-037X.
11. Walker, A., Bond, W. Persistence of the herbicide AC92,553, *N*-(l-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine, in soils. Pestic Science, 1977, volume 8, pages 359-365. ISSN 0031-613X.
12. Maqueda, C., Villaverde, J., Sopeńa, F., Undabeytia, T., Morillo, E. Effects of soil characteristics on metribuzin dissipation using clay-gel-based formulations. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, volume 57, pages 3273-3278. ISSN 0021-8561.

RESULTADOS DEL ESTIMULANTE DE LA MADURACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR FITOMAS-E EN DIFERENTES CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE VERACRUZ, MÉXICO

RESULTS OF THE MATURATION STIMULATING OF SUGARCANE FITOMAS-E IN DIFFERENT CONDITIONS OF VERACRUZ EDAPHOCLIMATIC, MEXICO

Rafael Zuaznábar Zuaznabar[1], Nelson Milanés Ramos[1], Jesús Tinoco Camarillo[2], Genaro Pantaleón Paulino[2], Israel Gómez Juárez[2]., Alberto García Garcia[3] y José Villar Delgado[3]
1- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.
2- Ingenio Central Motzorongo SA de CV.
3- Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. rafael.zuaznabar@inica.azcuba.cu

RESUMEN
Se describen los resultados de 3 experimentos de campo establecidos en diferentes condiciones edafoclimáticas del Ingenio Central Motzorongo donde se evaluó el efecto del FitoMas-M como madurante en las dos principales variedades de caña de azúcar distribuidas en México (Mex69-290 y RD75-11) en comparación con los maduradores convencionales Trinexapacetil 250 EC(Moddus), Sulfometuronmetil 750 GD (Curavial) y otras formulaciones consideradas de bajo impacto ambiental y fisiológico. En los resultados la evaluación económica de los tratamientos destacan el Kno_3a 4 kg/ha, Moddus 0.4 l/ha más FitoMas-M 3 l/ha, FitoMas-M a 5 l/ha y Syntek 4 kg/ha que alcanzan 18.9, 16.9, 15.9 y 15.3 kg de azúcar/t de caña que representan ingreso adicional de 130.41, 116.61, 109.70, y 105.57 pesos respectivamente. Los resultados alcanzados muestran que FitoMas-M resultó similar o superior que los maduradores tradicionales antes citados por lo que se recomienda su generalización en estas condiciones, debido al bajo costo del tratamiento y su seguridad ambiental.
Palabras claves: Maduradores, caña de azúcar, variedades

ABSTRACT
The results of three field experiments established in different soil and climatic conditions of Central Ingenio Motzorongo where the effect of Fitomas-M as maturant was assessed in two main varieties of sugarcane distributed in Mexico (Mex69-290 and RD75-11) are described compared with conventional ripeners Trinexapacetil 250 EC (Moddus), sulfometuron 750 GD (Curavial) and other formulations considered low environmental and physiological impact. In the economic evaluation results of the treatments include the Kno3a 4 kg / ha, Moddus 0.4 l / ha more Fitomas-M 3 l / ha, Fitomas-M to 5 l / ha and Syntek 4 kg / ha reaching 18.9, 16.9 15.9 and 15.3 kg of sugar / t cane representing additional revenue of 130.41, 116.61, 109.70, and 105.57 pesos respectively. The results show that Fitomas-M was similar or higher than traditional soakers aforementioned so its generalization is recommended under these conditions due to the low cost of treatment and environmental safety.
Keywords: soaker, sugarcane varieties

INTRODUCCIÓN
En caña de azúcar un madurador se puede definir como una sustancia capaz de ocasionar cambios fisiológicos en la planta que inducen la acumulación de azucares, sin afectar severamente la producción. Los más conocidos son los herbicidas sistémicos Glifosato 48 LS, fluazifop-p-butil 12.5 EC (Fusilade) y Clethodim 24 EC (Select, Arrow) y los reguladores del crecimiento ethephon 48 SL (Etrhel) ytrinexapac- etil 25 EC (Moddus) entre otros.
El jugo de la caña de azúcar es un material químicamente muy complejo con una composición muy variada: agua, sacarosa, azúcares reductores, otros azúcares, hemicelulosa, péptidos, proteínas, aminoácidos, almidón, dextrana, ácidos orgánicos, lípidos, ceras e iones inorgánicos (K, Ca, Mg, Na, Al, Fe, Cu, Mn, Mo, entre otros) (1, 2 y 3).Después del agua (75-85%del jugo**),** la sacarosa es el componente principal (10-20%) mientras que

los azúcares reductores (glucosa y fructosa) alcanzan entre el 0.1 y 2 %. La sacarosa es una de las materias primas fundamentales en el proceso de diversificación de la caña de azúcar tanto para la obtención de azúcar comercial como para su transformación en otros productos de interés económico.
Por lo que uno de los objetivos fundamentales de la agroindustria azucarera sea incrementar la concentración de sacarosa, para lo cual se ha recurrido al uso de diferentes tipos de maduradores químicos.
A pesar de sus bondades esta tecnología tiene dos inconvenientes importantes: el uso de los maduradores que actúan por defoliación o desecación entraña el peligro de perder la plantación cuando, por razones climáticas o de otra índole, no se cosecha oportunamente; el daño ambiental, el cual tiene a su vez dos aspectos principales: la toxicidad de las sustancias químicas que se emplean y la magnitud de la superficie que se trata.
En este contexto el presente trabajo tiene por objetivo evaluar los beneficios de un grupo de maduradores ambientalmente seguros y sin afectaciones para la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación de los madurantes se establecieron 3 experimentos en diferentes condiciones edafoclimáticas del Central Motzorongo, los que se describen en la Tabla I.

Tabla I. Características generales de los experimentos

No	F. aplicación	Variedad	Suelo	División	Ciclo
1	8 – 10 - 2014	RD75 11	Acrisol húmico	La Sierra	Soca
2	10 -10 - 2014	Mex69 290	Acrisol húmico	La Sierra	Resoca 1
3	21- 10 - 2014	Mex69 290	Luvisols vertico	Tetela	Resoca 2

La aplicación se realizó con una moto asperjadora de espalda Forza 25 con capacidad de 25 litros y la solución final calibrada entre 150 y 200 l/ha en dependencia del rendimiento agrícola del cultivo tratando de mojar uniformemente el área foliar de la plantación.
La edad del cultivo estuvo comprendida entre 10 ½ y 11 meses según lo recomendado para la aplicación de madurantes en la caña de azúcar.En la conducción de los experimentos se realizó un muestreo inicial antes de la aplicación y a los 15, 30, 45 y 60 días después de los tratamientos aplicados, donde se analizaron en el laboratorio del central los siguientes parámetros: brix, pol, humedad, sacarosa y azucares reductores.
También se evaluó conjuntamente con los muestreos para análisis de laboratorio los daños fitotóxicos al cultivo utilizando la escala de 9 grados de la EWRS (4) y las afectaciones a la yema apical por el efecto de los diferentes tratamientos aplicados. Después de la cosecha también se evaluaron las posibles afectaciones en el rebrote de los retoños.
Los resultados de las evaluaciones realizadas en el laboratorio para la determinación de la calidad de los jugos a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación fueron procesados estadísticamente utilizando el Paquete Estadístico SAS y cuando hubo diferencia entre los tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey a un 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ninguno de los experimentos se obtuvo respuesta en las evaluaciones realizadas a los 15 y 30 días posteriores a la aplicación lo que coincide con los estudios conducidos por (5) y (6) que en la evaluación de madurantes en diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba no obtuvieron incremento en el porcentaje de sacarosa a los 30 días de aplicados los tratamientos en distintas variedades de caña de azúcar. En los análisis a 45 días tampoco hubo respuestas contundentes por el comportamiento irregular de las variables climáticas con abundantes precipitaciones y temperaturas elevadas.
En el análisis a los 60 días de la aplicación los tratamiento de las mezclas de Curavial 0.010kg/ha más FitoMas-M 3 l/ha y Moddus 0.5 l/ha más FitoMas-M 3 l/ha alcanzaron los valores superiores que superaron al testigo en 13.2 y 9.2 % en el contenido de sacarosa (Tabla II); los demás tratamientos resultaron muy similares al

testigo sin incrementos notables.El análisis de los azucares reductores tampoco mostró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio.

Tabla II. Aplicación a 60 días de maduradores variedad RD75 11, experimento 1.

Tratamientos	**Sacarosa (%)**	**Azucares reductores**
FitoMas-E 4 l/ha	8.81[b]	0.69[a]
FitoMas-E 5 l/ha	9.64[b]	0.63[a]
Curavial 0.010 kg/ha + Fitomas 3 l/ha	10.72[a]	0.36[a]
Nitrato de potasio 4 kg/ha	9.99[b]	0.53[a]
Syntek 4 l/ha	9.70[b]	0.45[a]
Moddus 0.5 l/ha + Fitomas 3 l/ha	10.34[a]	0.47[a]
Testigo	9.47[b]	0.47[a]
C.V	3.57	2.14

El experimento 2 con la variedad Mex69 290 mantuvo el mismo comportamiento que el experimento 1 sin respuesta a los 45 días por causas muy similares al anterior.La evaluación realizada a los 60 días de la aplicación mostró un resultado satisfactorio en sentido general donde todos los tratamientos superan significativamente en contenido de sacarosa al testigo con valores notables, destacándose el Nitrato de Potasio a 4 kg/ha y el FitoMas-M a 5 l/ha que logran los valores absolutos superiores y sobrepasan en 20 % al testigo no tratado (Tabla III). Los azucares reductores de estos tratamientos tambien diferían estadisticamente del testigo.

Tabla III.Aplicación a 60 días de maduradores variedad Mex69 290, experimento 2.

Tratamientos	**Sacarosa (%)**	**Azucares reductores**
FitoMas 4 l/ha	11.40[a]	0.39[ab]
FitoMas 5 l/ha	11.49[a]	0.33[b]
Curavial 0.010 kg/ha + Fitomas 3 l/ha	11.46[a]	0.37[ab]
Nitrato de potasio 4 kg/ha	11.66[a]	0.32[b]
Syntek 4 l/ha	11.14[a]	0.40[ab]
Moddus 0.5 l/ha + FitoMas 3 l/ha	11.18[a]	0.46[ab]
Testigo	9.56[b]	1.06[a]
C.V	4.23	

Tabla IV.Aplicación a 60 días de maduradores variedad Mex69 290, experimento 3

Tratamientos	**Sacarosa (%)**	**Azucares reductores**
FitoMas-M 4 l/ha	11.12[a]	0.62[a]
FitoMas-M 5 l/ha	11.62[a]	0.40[a]
FitoMas 3 l/ha + Moddus 0.5 l/ha	11.63[a]	0.50[a]
FitoMas 4 l/ha + Moddus 0.4 l/ha	11.70[a]	0.39[a]
Syntek 4 l/ha	11.49[a]	0.44[a]
Moddus 1 l/ha	10.99[a]	0.50[a]
Testigo	10.01[b]	0.57[a]
C.V	3.27	1.20

El experimento 3 de la División Tetela a los 60 días posteriores a la aplicación todos los tratamientos superaron estadisticamente al testigo en porcentaje de sacarosa destacándose en orden de importancia las mezcla de FitoMas-M 4 l/ha más Moddus 0.4 l/ha, FitoMas-M 3 l/ha más Moddus 0.5 l/ha y FitoMas-M 5 l/ha; sin

embargo en la evaluación de los azucares reductores no hubo diferencia significativa entre los distintos tratamientos en estudio (Tabla IV).

En la evaluación económica de los tratamientos (Tabla V) se destacan el KNO_3, Moddus más FitoMas-M, FitoMas-M a 5 l/ha y Syntek a 4 kg/ha que alcanzan 18.9, 16.9, 15.9 y 15.3 kg de azúcar adicional/t de caña que representan ingreso adicional de 130.41, 116.61, 109.70, y 105.57 pesos por tonelada de caña respectivamente.

Tabla V. Evaluación económica de los tratamientos.

Tratamientos	Dosis (L o kg/ha)	Costoproductos $/ha	Costo aplicación $	Costo total$/ha	Aumento (%) RendimientoIndustrial	Azúcar Adicional (Kg/tcaña)	Ingreso adicional ($/t caña)
FitoMas	4.0	200.0	340.0	540.0	1.03	10.3	71.07
FitoMas	5.0	250.0	340.0	590.0	1.59	**15.9**	**109.70**
Curavial	0.020	90.0	340.0	430.0	0.55	5.5	37.95
Thorak (Kno_3)	4.0	120.0	340.0	460.0	1.89	**18.9**	**130.41**
Syntek	4.0	560.0	340.0	900.0	1.53	**15.3**	**105.57**
Moddus	1.0	600.0	340.0	940.0	0.98	9.8	67.72
Moddus + FitoMas	0.5 + 3	450.0	340.0	790.0	1.30	13.0	89.70
Modus + FitoMas	0.4 + 4	440.0	340.0	780.0	1.69	**16.9**	**116.61**
Curavial + FitoMas	0.010 + 3	195	340.0	535.0	1.16	11.6	80.04

Rendimiento agrícola 65 t/ha. Precio del Kg de azúcar 6.90 pesos

CONCLUSIONES

1. La interacción variedad-madurante mantuvo un orden bien definido con una mayor respuesta de la Mex69 290 de maduración tardía, seguida de la RD75 11 de maduración intermedia a los 60 días después de la aplicación.
2. No se detectaron daños fitotóxicos visibles, ni afectaciones en el rendimiento agrícola y el rebrote de los retoños con ninguno de los tratamientos en estudio.
3. En la evaluación económica de los tratamientos se destacan el Kno_3 a 4 kg/ha, Moddus 0.4 l/ha más FitoMas-M 4 l/ha, FitoMas-M a 5 l/ha y Syntek a 4 kg/ha que alcanzan 18.9, 16.9, 15.9 y 15.3 kg de azúcar/t de caña que representan ingreso adicional de 130.41, 116.61, 109.70, y 105.57 pesos por tonelada de caña respectivamente.

REFERENCIAS

1. Sarria, P. S.; Preston, T. R. (1990). Utilización del jugo de caña de azúcar. LivestockResearchfor Rural Development, 2 (2). Colombia.
2. González, D.; González, C.; Machado, W.; Mendoza, J.; Ly, J. (2006). Jugo de la caña de azúcar en dietas de crecimiento. RC, ago, 16 (4), pp: 406-413.
3. Grisales, P. A.; Ríos, L. A.; Triana, M. (2007). Diseño de un proceso de producción de etanol anhidro a partir de jugo de caña. Escuela de Ingeniería Química. Universidad del Valle. Colombia.
4. Johannes, H. Y J. Schuh. 1971. Das bonitierungsschema 1-9. European Weed Research Council (EWRS), Begbroke Hill, Kidlinton, Oxford.

5. García, I. y M, Sánchez. (2013).Evaluación de los resultados de Moddus 25 CE (Trinexapac-etil), de la compañía Syngenta, como madurador en caña de azúcar. Informe para el Registro Central de Plaguicidas de la República de Cuba. 2013, 9 p.
6. Zuaznábar, R., Díaz, J. C., Montano, R y Gallego, R. R.,(2014). Diversas formulaciones de FitoMas ¿Mito o realidad en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba? ATAC. ISSN 0138-7553 No. 1. p. 23.

EFECTO DEL FITOESTIMULANTE FITOMAS-E SOBRE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) Y PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

EFFECT OF THE PHYTOSTIMULATE FITOMAS-E ON SUGARCANE (*Saccharum spp.*) AND SOIL BIOLOGICAL PROPERTIES

René Gallego Domínguez, Rafael Zuaznábar Zuaznábar y Rigoberto Martínez Ramírez.
Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera Central "Martínez Prieto" km 2½, Boyeros, Ciudad Habana, C.P. 19390. gallego@inica.azcuba.cu

RESUMEN
Se describen los resultados del efecto del fitoestimulante Fitomas-E en dosis de 2, 3 y 4 $L.ha^{-1}$ sobre la longitud y diámetro de la raíz de la caña de azúcar, el rendimiento agrícola y sus componentes (diámetro, longitud y número de tallos) y la población de hongos, bacterias y actinomicetos del suelo. Los resultados provienen del procesamiento de 3 cosechas de un experimento, durante el período 2008-2012. Se utilizó el cultivar C323-68 plantado sobre suelo Ferrasol en condiciones de secano, perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar del INICA, ubicada en el municipio Quivicán, de la provincia Mayabeque. Las plantas tratadas con respecto al testigo, manifestaron incrementos en la longitud y masa de la raíz, efectos positivos sobre la longitud del tallo y el rendimiento agrícola. El fitoestimulante aumentó la población de bacterias, hongos y actinomicetos del suelo hasta los 30 días posteriores a la aplicación, fecha a partir de la cual decayó.
Palabras clave: Caña de azúcar, fitoestimulante, FitoMas-E, rendimiento agrícola

ABSTRACT
Show effect results of phytostimulate FitoMas-E in dose of 2, 3 and 4 the litres/ha on the length and diameter of sugar cane roots, the agricultural yield and components (diameter, length and number of stalks) and the soil population of mushrooms, bacteria and actinomycetes. Results come from the data processing of 3 harvests of an experiment, during the period 2008-2012. It was used C 323-68 variety planted on Compacted Ferralítico Red soil in conditions of dry season, belonging to INICA Sugar Cane Territorial Research Station, located at Quivicán municipality of Mayabeque province. The plants processed regarding the witness, they manifested increments in the length and mass of the root, positive effects on the length of the stalk and agricultural yield. The phytostimulate increased the population of bacteria, mushrooms and actinomycetes of the soil, posterior to his application this effect did not keep on and decreased from 30 days after be applied to the initials values.
Key words: Sugar cane, phytostimulate, FitoMas-E, agricultural yield.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de productos que ayuden a mantener el equilibrio en el entorno, se desarrolló por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar el FitoMas-E, derivado de subproductos de la industria azucarera con marcadas propiedades antiestrés (1), elaborado a partir de sustancias bioquímicas de alta energía, propias de los vegetales superiores, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos bioactivos (2).
Aspectos importantes como el comportamiento del sistema radical de la caña de azúcar y las propiedades químicas y biológicas del suelo, no están suficientemente estudiados con el uso de los fitoestimulantes (3).
Las raíces son importantes por su papel en la nutrición vegetal. Uno de los factores de mayor relevancia relacionado con el complejo planta-agua-suelo es la distribución del sistema radical, así como su dinámica de crecimiento (4).

En el suelo existe una notable población microbiana que realiza funciones de gran importancia para este ecosistema como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo (P) presente en el suelo, producción de sustancias beneficiosas en la zona rizosférica de las plantas, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, entre otras (5).
Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto del fitoestimulante Fitomas-E sobre la longitud y diámetro de la raíz de la caña de azúcar, el rendimiento agrícola y sus componentes (diámetro, longitud y número de tallos) y la población de hongos, bacterias y actinomicetos del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en cepa de caña planta de la variedad C323-68 sobre suelo Ferralítico Rojo Compactado en condiciones de secano perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar del INICA ubicada en el municipio Quivicán de la provincia Mayabeque.
El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas, cada parcela ocupaba un área de 48 m^2 conformada por cuatro surcos de 7,5 m de longitud y una distancia entre surcos de 1,60 m.

Tabla I. Tratamientos evaluados

No	Tratamientos	Dosis de FitoMas-E (L ha^{-1})	Porcentaje de la dosis de fertilización
1	T0	0	100
2	T1	2	100
3	T2	3	100
4	T3	4	100

Las precipitaciones registradas durante la etapa experimental resultaron normales con respecto a la media histórica de 30 años, con un período seco de noviembre a abril donde fue aplicado el FitoMas-E y otro lluvioso entre mayo y octubre que coincidió con el gran período de crecimiento de la caña de azúcar.
Las labores culturales a las plantaciones se realizaron según las normas del Instructivo Técnico para el Cultivo de la Caña de Azúcar en Cuba. El FitoMas-E se aplicó al área foliar, a los 95 días después de la plantación.
Una semana antes de la cosecha se tomaron al azar 20 tallos y se realizaron las siguientes evaluaciones:
-longitud del tallo (cm): con una cinta métrica, midiendo desde la superficie del suelo hasta el dewlap más alto visible.
-diámetro del tallo (cm): con un Pie de Rey se midió en el entrenudo medio del tallo.
-Tallos por metro, se contaron en los dos surcos centrales de cada parcela (2 m de cada surco).
Rendimiento agrícola, se determinó mediante el pesaje de todos los tallos de cada parcela, con el uso de un dinamómetro de 500 kg, acoplado a una alzadora.
Para determinar el efecto del FitoMas-E sobre la longitud y masa de la raíz y la población microbiana del suelo, se diseñó un experimento con 20 macetas cilíndricas. En cada recipiente se plantó un trozo de 2 yemas del cultivar C323-68. Para el llenado de las macetas se procedió a homogenizar el suelo Ferralítico Rojo Compactado procedente del horizonte A.
A los 95 días posteriores a la plantación se asperjó FitoMas-E a 10 macetas, con una dosis de 19,1 mL por maceta, las restantes (10), se consideraron testigo sin tratar.
Los muestreos de suelo se realizaron momentos antes de la aplicación del FitoMas-E (momento cero) y a los 10, 20, 30 y 40 días después de aplicado (dda), se tomaron muestras de 10 g por maceta a una profundidad entre 0 y 20 cm.
Transcurridos 60 días después de aplicado el fitoestimulante (155 después de la plantación) se extrajeron las plantas, se lavaron las raíces con agua, se secaron al aire y se evaluaron las siguientes variables:
Longitud (cm); Se midió la longitud de la raíz desde su extremo inferior hasta la inserción en el tallo.

Masa (g); Se determinó con una balanza técnica.
Todos los resultados experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), y en los casos que existieron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se utilizó la dócima de Tukey al 5 % de probabilidad de error y se utilizó el paquete Statgraphics 5.1, 6.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del FitoMas-E sobre la longitud y masa de la raíz

La comparación entre las medias de longitud y masa de las raíces de las plantas tratadas con FitoMas-E y el testigo (Figura 1), mostró diferencias significativas en ambos indicadores favorables a las plantas tratadas con el fitoestimulante, observándose en la longitud un incremento de 16,6 cm para 48,6 % y en la masa 31,4 g para 19,8 %.
Estudios realizados por (6) sobre el efecto de este fitoestimulante en el enraizamiento “in vitro” y posterior aclimatación de la caña de azúcar, mostraron diferencias significativas en el porcentaje de enraizamiento y la longitud de las raíces de las plántulas tratadas con respecto al testigo sin tratar.

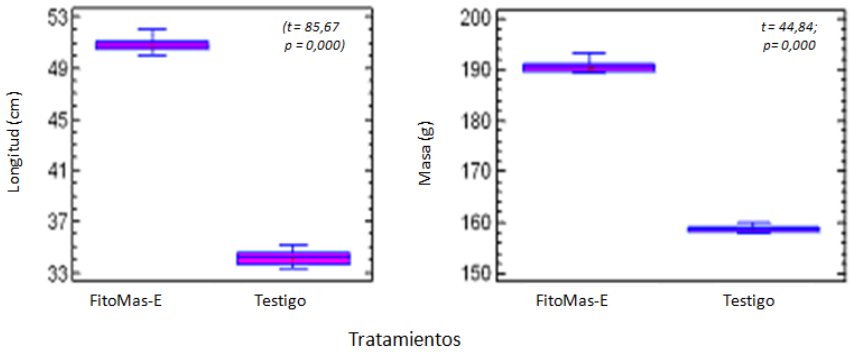


Figura 1. Efecto del FitoMas-E sobre la longitud y masa de la raíz

El efecto mostrado por el FitoMas-E sobre el incremento de la longitud y masa de la raíz de es de gran importancia, ya que estos son caracteres que favorecen la extracción de los nutrimentos y adaptación de las plantas a la sequía (7).

Efecto del FitoMas-E sobre la población microbiana del suelo

La población de bacterias mostró mayor respuesta, seguida por los hongos y los actinomicetos. Este comportamiento pudo ser consecuencia de su predominante población inicial, que limitó el crecimiento de las poblaciones de hongos y actinomicetos.
Se observó un comportamiento similar en el tiempo para la población de los tres grupos microbianos; con una fase inicial de poca variación en el número de microorganismos hasta los 10 dda. Le siguió un aumento de la población entre 10 y 20 dda y finalmente la fase de muerte de las células microbianas, que comenzó a partir de los 30 dda y se hizo más marcada a los 40 dda.
En la población de los tres grupos de microorganismos se observaron diferencias altamente significativas favorables a las macetas tratadas, respecto a las no tratadas.

Efecto del FitoMas-E sobre los componentes del rendimiento agrícola (longitud, diámetro y número de tallos por metro)

Los análisis de varianzas realizados solo mostraron diferencias significativas para el efecto del FitoMas-E sobre la longitud del tallo, con incrementos sobre el testigo de 0,24 m para 10 % (Figura 2)

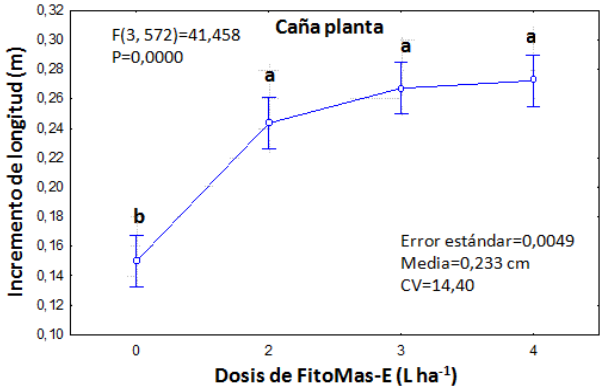


Figura 2. Efecto del FitoMas-E sobre la longitud del tallo

Este resultado es de gran importancia según lo planteado por (8), autores que expresaron, que el número de tallos y su longitud, son las variables que mayor influencia tienen en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar.

Efecto del FitoMas-E sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar

El efecto del FitoMas-E sobre el rendimiento agrícola (Tabla II) mostró diferencias significativas con respecto al testigo, el mayor valor se alcanzó con la dosis de 4 L ha^{-1}, sin diferencia significativa respecto a 3 L ha^{-1}.

Los resultados mostrados coinciden con lo planteado por (9) que los fitoestimulantes deben aplicarse siempre en combinación con la fertilización mineral.

Tabla II. Efecto del FitoMas-E sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar

Tratamientos	Rendimiento (t ha^{-1})	Incremento (t ha^{-1})
Testigo	92,92 c	-
FitoMas-E (2 L ha^{-1})	99,37 b	6,45
FitoMas-E (3 L ha^{-1})	103,23 a	10,31
FitoMas-E (4 L ha^{-1})	105,12 a	12,20

CONCLUSIONES

1. Todos los tratamientos que incluyeron el Fitomás-E mostraron respuestas productivas superiores al testigo y los mayores incrementos se alcanzaron con las dosis de 3 y 4 L ha^{-1}.
2. Las plantas tratadas con FitoMas-E mostraron incrementos significativos en la longitud del sistema radical (48,6 %), masa de raíces (19,8 %) y en la longitud del tallo (10,0 %).
3. El fitoestimulante aumentó la población microbiana del suelo; pero su efecto no se mantuvo (decreció a partir de 30 dda hasta los valores iniciales); los mayores incrementos se observaron en las bacterias, seguido por los hongos y en menor medida en los actinomicetos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez, N., Organización para la puesta en marcha de una planta para la producción del bionutriente FitoMas-E. La Habana. Revista ICIDCA, sobre los derivados de la caña de azúcar, 2012, vol. 46 (2) p. 21- 25, ISSN 0138-6204.
2. Montano, R., Zuaznábar, R., García, A., Viñals, M. y Villar, J., FitoMas-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera. Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 2007, vol. 41 (3) p.10-16, ISSN ISSN 0138-6204.
3. Chopart, J. L., Azevedo, M. C. B., 2010. Functional relationship between sugarcane root biomass and length for cropping system applications. Sugar Tech p. 317-321.
4. Clark, L. J., Whalley, W. R. and Barraclough, P. B., 2003. How do roots penetrate strong soil? Plant and Soil 255: p. 93-104.
5. Armenta, D. A., García, C., Camacho, J. R., Apodaca, M. A., Montoya, L. G. y Nava, E., 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo. (6), p. 51-56.
6. Reyes, C., Jiménez, M., Bernal, A., Montes de Oca, L. y García, J. R., 2014. Enraizamiento "in vitro" y posterior aclimatación del cultivar de Caña de Azúcar C95-414 con el fitoestimulante cubano FitoMas-E. Revista Centro Agrícola. Vol. 41, no 4: p. 89-93 ISSN 0138- 6576.
7. Da Matta, F. M., 2004. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding, Braz, J. Plant Physiol 16(1): p. 1-6.
8. Jorge, H., García, H., Giménez, N. y Rodríguez, E., 1989. Asociación y repetitividad en clones de caña de azúcar. Revista ATAC. 6: p. 2-6, ISSN 0138-7553.
9. Montano, R. y Villar, J., Impacto del fitoestimulante FitoMas-E tanto en la agricultura convencional como en la sostenible. En: X Jornada Científica del INIFAT (10: 2005 del 30 de marzo-1 abril), en Ciudad de La Habana. Resúmenes. 12 pp.

AGRICULTURA CAÑERA
Manejo agronómico

POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS SUELOS Y SU APORTE AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL E INCREMENTO DE LOS RENDIMIENTOS DE LA CAÑA DE AZUCAR EN CUBA.

SOILS PRODUCTIVE POTENTIAL AND THEIR CONTRIBUTION TO THE TERRITORIAL ORGANIZATION AND SUGAR CANE YIELDS INCREASE IN CUBA.

Ledya Benítez Puig, Rafael Villegas Delgado, Mario de León Ortiz, Yudith Viñas Quintero, Manuel Pérez Izquierdo, Javier Arcia Porrúa, Elier Pérez Herrera

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba. (INICA) Email: ledya@inica.azcuba.cu

Resumen: La agricultura cañera cubana precisa del empleo de prácticas de manejo sostenible de tierras, que garanticen el indispensable aumento de los rendimientos y sostenibilidad del agrosistema cañero, con la aplicación de nuevas tecnologías, bajo condiciones económicas que sustenten un enfoque integrado enel logro de una planificacióncoordinada, uso de los suelos, organización territorial y el fortalecimiento de las estructuras de toma de decisiones, respecto a la preservación de las riquezas naturales. El presente trabajo informa sobre el desarrollo de una metodología que permite por aproximaciones sucesivas la determinación del potencial productivo de los suelos, el conocimiento de los factores edáficos limitantes y la cartografía de las unidades de producción, lo que hace posible la correcta ubicación delacaña y la toma de apropiadas decisiones en cuanto a la ejecución y control de las labores agrícolas y el uso eficiente de las tierras de acuerdo a su idoneidad.
Palabras Claves: Potencial productivo, ordenamiento territorial, caña de azúcar

Abstract: Cuban sugar agriculture requires the use of sustainable landmanagement practices which ensure the necessary increase in yields and sustainability of sugarcane system, with new technologiesapplication, under economic conditions that underpin an integrated approach in coordination achieved planning, land use, territorial organization and strengthening of decision-making structures tonatural resourcespreservation. This paper reports about themethodologydevelopment that allows determine soilspotential production for successive approximations, knowledge of soil limiting factors and mapping production units, making possible the correct sugarcane location and making appropriate decisions regarding the implementation and control of agricultural work and efficient landuse according to their suitability.
Keywords: Production potential, land management, sugarcane

Introducción

En el período especial, con la tensa situación económica del país y el deterioro de los precios del azúcar, se redujo a niveles críticos los rendimientos agrícolas por lo que se adoptaron nuevos métodos de trabajo, en la búsqueda de soluciones inmediatas para bajar los costos, elevar eficiencia y diversificar la producción.

Las bases para la planificación del uso del suelo, la constituyen la evaluación sistemática del potencial productivo de la tierra y las alternativas de manejo que permitan seleccionar las mejores opciones, mediante modelos que se adapten a las circunstancias cambiantes, según Urquiza y col. (2011), criterios estos contenidos en la metodología desarrollada por el Instituto de investigaciones de la Caña de Azúcar, que parte de la evaluación de las tierras, lo cual constituye el eslabón básico para el ordenamiento territorial, en el logro de producciones estables que aseguren el desarrollo del sector, con la introducción de nuevas tecnologías, ya que el conocimiento de los factores que limitan el crecimiento del cultivo, permite ejecutar de forma acertada procedimientos apropiados con respuesta productiva inmediata en un entorno sostenible.

Se ejecuta el ordenamiento territorial, a través del catastro especializado y Sistemas de Información Geográfica, con la creación de un programa que garantiza la utilización racional del área, al conocer el

potencial productivo del suelo, con el acercamiento del cultivo a la industria, incremento de los rendimientos y recomendación de medidas de manejo sostenible, todo lo cual constituye el objetivo del trabajo.

Materiales y Métodos

La metodología desarrollada,comenzó con la evaluación de tierras,realizada desde el punto de vista biofísico, para secano en toda el área geográfica perteneciente al extinto Ministerio del Azúcar de Cuba. La información edafológica utilizada fue el Mapa Nacional de Suelos, escala 1:25000 con los perfiles asociados y el Modelo de base fue el Sistema Automatizado AGRO24 (Mesa y Mesa, 1993), que utiliza 12 variables, de suelo y clima para determinar las categorías de Aptitud,para el tipo de utilización de la tierra caña de azúcar, sin considerar las cepas y series de precipitaciones mayores a 10 años.Las unidades de tierra (UT) que resultaron sumamente A1 (>53 t caña ha^{-1}) y medianamente A2 (37–53 t caña ha^{-1}) aptas, fuerondestinadas al cultivo yel restofuereevaluado con el mismo procedimiento, para otros usos.
Se estableció el Sistema de Información Geográfica(MapInfo 8.0)y se actualizó el catastro cañero, con la información gráfica compuesta por mapas 1:10000 y 1:25000, de catastro especializado de las empresas azucareras, de suelo según Mapa Nacional a escala 1:25000 conperfiles asociados y los resultantes de la Evaluación de las Tierras. La información de atributos considero los factores edáficos limitantes, bases de datos de los Servicios del INICA, agrícolas de las empresas y modelos estadísticos de balance de áreas,con lo que se crearon las capas de información, lo que permitió emitir adecuadas recomendaciones fitotecnicasy facilitó el ordenamiento territorial para el establecimiento de un programa de acercamiento del cultivo a la industria,a una distancia máxima de 20 Km y buscar el máximo de producción en las mismas, para lo que se determinó el potencial Agroproductivo, en un proceso de aproximaciones sucesivas,que considera cada cepa, según cierre junio 30/2012, lo que garantiza las transformaciones requeridas por el sector azucarero

Resultados y Discusión

Un enfoque integrado de planificación y gestión del medio físico, es una forma práctica vinculada al desarrolloya la protección y mejoramiento del ambiente. Con laejecución del presente trabajo, se logró establecer una metodología precisa, basada en el conocimiento del potencial productivo de los suelos, para alcanzar la sostenibilidad del agrosistemacañero. Figura 1

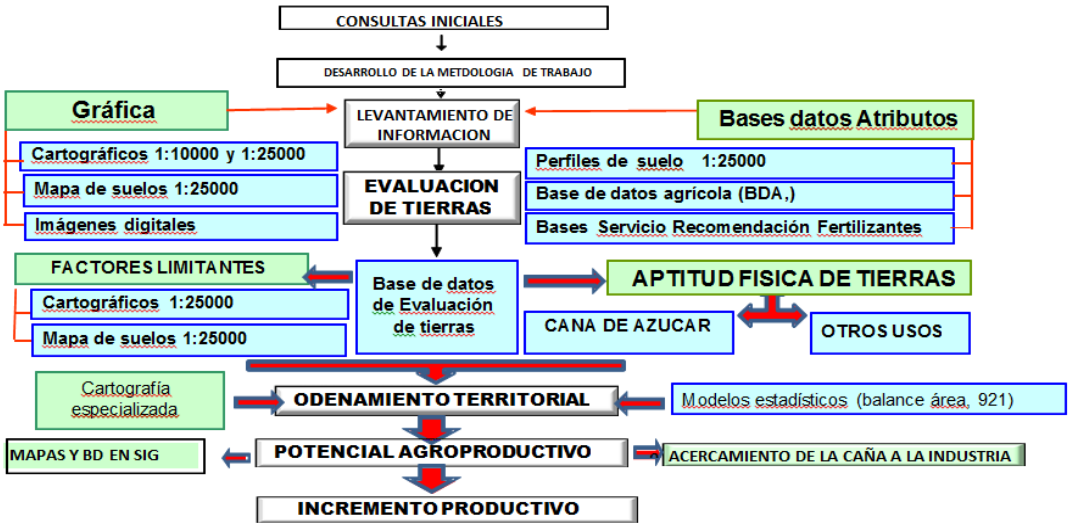


Figura 1. Metodología de trabajo desarrollada por el INICA, para el incremento productivo y desarrollo sostenible de la Agroindustria Azucarera del país.

El proceso de evaluación de tierras no determina por sí mismo los cambios en el uso que deberán adoptarse, pero facilita datos sobre la base de los cuales puede llegarse a estas decisiones, para que cada área provea el

máximo beneficio, sin la degradación de los recursos. Del total de las áreas evaluadas, 86 % resultaron aptas para caña de azúcar, de ellas 51 % A_1 y A_2, destinadas a partir de este resultado a dicho cultivo, solo 14 % fueron no aptas. Una vez obtenida la aptitud de cada UT se determinó su capacidad de producción; premisa para la realización de propuestas de otros usos, para darle a la tierra apropiada utilización según las características de los suelos de la zona en estudio. (Figura 2.)

La información y las recomendaciones de la evaluación de la tierra representan solamente uno de múltiples insumos en el proceso de planificación del uso de la misma, puede servir además para proteger las opciones que deben ser consideradas (FAO, 2010), elemento fundamental para el ordenamiento territorial, buscando producciones estables que aseguren de manera progresiva el desarrollo cañero, con el propósito esencial de facilitar la introducción de nuevas tecnologías. Según Funes, 2007, el conocimiento de los diferentes factores edáficos que inciden de forma particular en el desarrollo de los cultivos, constituyen la base para un uso apropiado del suelo, con el objetivo de lograr optimización y conservación de este recurso, e incremento de los rendimientos. El factor de mayor influencia para evaluar las tierras como No Aptas, fue la profundidad efectiva de los suelos, de la superficie con esta categoría de Aptitud, 70 % presenta esa limitación, la cual se manifestó en casi todos los tipos de suelos

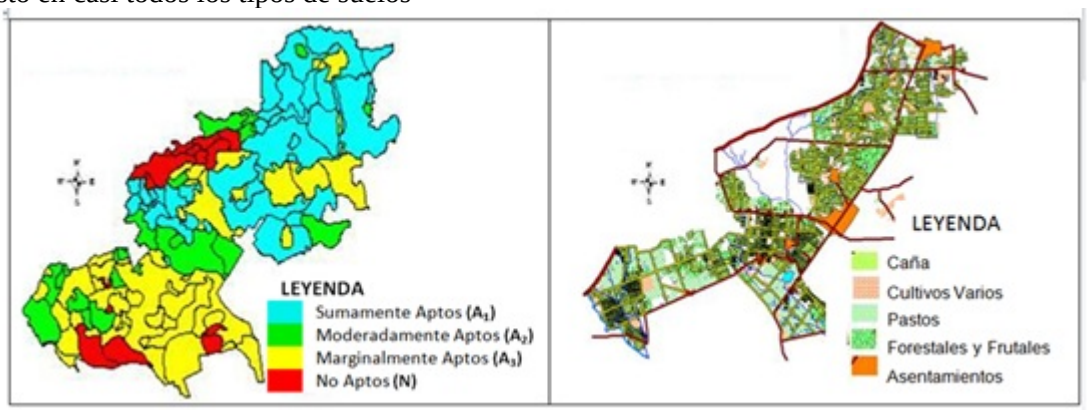


Figura 2. Evaluación de las tierras y propuesta de ubicaciónde cultivos,base del ordenamiento del territorio en áreas de la Unidad Empresarial 30 de Noviembre en la provincia de Artemisa

La identificación y localización de los principales factores limitantes, sugirió cambios tecnológicos en las empresas, con lo que se logra reducir 10 % de los costos de la labranza en general, al tener predefinida la alternativa adecuada para cada sitio específico,así como reducción del gasto de combustible.En áreas de la empresa 30 de Noviembre (figura 3), se realizó la división del territorio en dos zonas de trabajoconsiderando los factores profundidad efectiva, compactación y drenaje

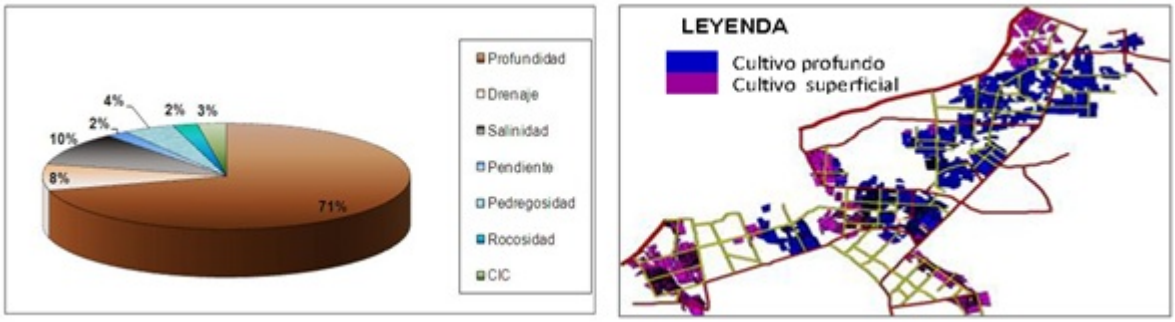


Figura 3. Principales factores edaficos limitantes evaluados y cambios en las tecnologías de laboreo

El ordenamiento del área, garantiza la disponibilidad oportuna de información confiable y significativa con lo que se ejecuta la segunda aproximación de la evaluación de tierras, que consideró rangos de rendimientosde caña de azúcar ajustados a los históricos obtenidos por cepas del cultivo,con la obtención del Potencial Agroproductivo (tabla I) y bases de datos espacial y temática detalladas, hasta nivel de bloque

cañero en todas las Unidades Empresariales de Base del país, así como el levantamiento de los factores edáficos que limitan la producción para definir el manejo apropiado, todo lo cual garantiza un programa de desarrollo perspectivo eficiente, con lo que quedan creadas las condiciones para desarrollar el acercamiento de las áreas a los centralesy realizar los ajustes necesarios para el incremento del fondo de tierra destinado a caña de azúcar en 27,8 % y más de 204 mil ha con la indicaciónde cambiode uso de la tierra, de las cuales 27,3 % pertenecen a otros organismos, todo lo cual genera cambios en el ordenamiento del territorio y promueve la sostenibilidad de la agricultura.

Con la presente metodología de trabajo, se cuantifica la contribución del potencial productivo de los suelos, al incremento de los rendimientos de la caña de azúcar en el país (figura 4), al ordenamiento territorial, al uso eficiente y manejo sostenible de las tierras, con la planificación objetiva del sector azucarero

Tabla I. Potencial Agroproductivo para caña de azúcar por tipo de cepa y territorio

EMPRESA	Primavera quedada (PQ)	Primavera (PRIM)	Fríos	Socas	Retoños	Retoños quedados (RQ)
			(t caña ha-1)			
Guantánamo	89.0	57.8	82.1	63.5	56.1	75.7
S. de Cuba	81.7	53.2	75.6	58.4	51.4	69.4
S. Spíritus	93.0	61.3	82.2	62.6	51.6	75.5
Camagüey	80.3	51.6	72.5	51.6	43.3	68.4
C. de Ávila	72.6	44.0	63.0	67.6	53.4	65.6
Cienfuegos	76.8	56.9	59.0	51.2	50.8	56.9
V. Clara	74.7	46.6	63.9	52.4	52.4	61.0
Mayabeque	80.4	51.1	68.7	52.5	41.0	65.4
Granma	75.8	55.9	64.9	52.1	48.3	64.5
Holguín	71.5	45.3	65.1	50.1	44.1	59.9
Matanzas	90.9	61.2	82.4	70.3	57.3	74.7
Artemisa	88.8	63.4	79.8	66.3	54.0	79.7
Las Tunas	78.0	58.9	72.3	56.9	42.9	69.9

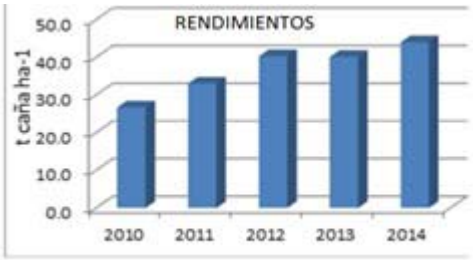


Figura 4. Incremento de los rendimientos de la caña de azúcar en los últimos 5 años

Conclusiones

1. Se establece una metodología de trabajo que cuantifica la contribución del potencial productivo de los suelos, para la correcta ubicación de la caña de azúcar, cambio de uso de la tierra, elaboración de estrategias de desarrollo agrícola y alternativas para el acercamiento de las áreas cañeras a la industria, con la toma de decisiones para la planificación, ordenamientoterritorial e incremento productivo.
2. Disponer de un catastro especializado sobre Sistemas de Información Geográficay de la evaluación de los factores edáficos limitantes, permite determinar la capacidad de producción de las áreas involucradas y se asume la tecnología apropiada, herramienta fundamental para la toma de decisiones.

Referencias

-Urquiza, María N.; Alemán, C.; Flores, L.; Ricardo, Marta; Aguilar, Yulaidis. 2011. Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierras. Programa de Asociación de País. Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. CIGEA. ISBN: 978-959-287-027-7. p 19-21

-Mesa, A. y A. Mesa. 1993. AGRO24. Sistema para el cálculo del potencial productivo de los suelos. Versión 4.0. Agrosoft, CNSF. MINAG.

-FAO, 2010 ¿Que es la evaluación de tierras? Recursos de la Tierra. www.fao.org

-Funes, F. 2007. Agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad. ACTAF. 24 pp.

LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS Y FÍSICAS EN LA ACTIVIDAD DE RIEGO Y DRENAJE
THE HIDROPHYSICAL AND PHYSICAL PROPERTIES IN THE IRRIGATION AND DRAINAGE ACTIVITY

Carlos Lamelas Felipe*, Reynaldo Roque Rodés*, Javier Arcia Porrúa* y Salvador García Guerra*.
*Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera CAI "Martínez Prieto" Km 2 ½, Boyeros, Ciudad de la Habana, Cuba.
lamela@inica.minaz.cu

RESUMEN

El trabajo refleja la organización de las propiedades hidrofísicas y físicas para ser utilizadas en la actividad de riego y drenaje de la caña de azúcar. A partir de los datos de textura, fueron calculadas otras propiedades hidrofísicas que complementaron la información. Las normas parciales netas oscilaron entre 300 y 350 m^3/ha para los suelos Ferralíticos Rojos, Pardos con Carbonato y Vertisuelos, en el caso de los Ferraliticos Amarillentos y Pardos sin Carbonato fueron inferiores a 300 m^3/ha; la tendencia en el comportamiento de la capacidad de almacenamiento de los suelos Vertisuelos y Pardos con carbonato puede ser mayor a los 900 mm/m e inferior a este valor en el resto de los suelos. Los Ferralíticos Rojos, además de los Pardos con y sin Carbonatos requieren de los métodos de riego por aspersión y localizado de existir limitaciones con el agua atendiendo fundamentalmente al comportamiento de sus propiedades hidrofísicas y físicas, no requiriendo complicadas soluciones de drenaje. Con relación a los suelos Ferralíticos Amarillentos, la compactación influye negativamente en el drenaje interno, requiriendo de soluciones de drenaje integrales. En el caso de los suelos Vertisuelos debido al comportamiento no satisfactorio de sus propiedades físicas, requieren soluciones más complejas de drenaje, dando prioridad a los métodos de riego superficiales y como segunda opción el método localizado, si hay limitaciones con las pendientes del terreno o con el agua.
Palabras claves: Suelos, drenaje, propiedades físicas, riego.

ABSTRACT

The work reflects the organization of the properties hidrofísicas and physics to be used in the irrigation and drainage activity of the sugarcane. Starting from the texture data, were calculated other properties hidrofísicas that supplemented the information. The net partial norms oscillated between 300 and 350 m^3/ha for Red Ferralic Soils, Brown with carbonate and Vertisols Soils, in the case of the Yellowish Ferralic and Brown without carbonate were smaller than 300 m^3/ha; the tendency in the behavior of the storage capacity of the soils Vertisols and Brown with carbonate it can be bigger than 900 mm/m and smaller than this value in the rest of the soils. The Red Ferralic, besides the Brown ones with and without carbonates require of the irrigation methods for sprinkle and located of existing limitations with the water assisting fundamentally to the behavior of their hidrofhysic and physical properties not requiring complicated drainage solutions. With relationship to the Yellowish Ferralíc Soils, the compactation influences negatively in the internal drainage, requiring of integral drainage solutions. In the case of the Vertisols Soils due to the non-satisfactory behavior of its physical properties, requires more complex solutions of drainage, giving priority to the superficial irrigation methods and in second option the located method, if there are limitations with the slopes of the land or with the water.
Key words: soils, drainage, physical properties, irrigation.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de actualizar e identificar las propiedades hidrofísicas y físicas de los suelos cañeros resulta una tarea impostergable debido a la existencia de indefiniciones en las recomendaciones para las actividades de diseño y explotación de los sistemas de riego y drenaje; esta tarea resulta prioritaria en los

suelos Pardos, Ferraliticos y Vertisuelos los cuales constituyen el 62.9 % de un área estudiada en el país (Instituto de Suelos,2001).Esta problemática repercute no solo desde el punto de vista técnico, sino económico debido a la decisión de convertir el uso del agua en uno de los indicadores principales de la economía cubana y por tanto estar el agua en el centro de la planificación económica (Granma, 2010). Por lo que son objetivos de presente trabajo actualizar y ordenar las principales propiedades hidrofísicas y físicas por tipos de suelos y asociarlas a la actividad de riego y drenaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue elaborado a partir de la información promedio sobre perfiles de suelos estudiados y divulgados por Klimes et. al. (1980), los mismos fueron asociados con la II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, publicada por el Instituto de Suelos (1975).
Los valores hidrofísicos y físicos fueron resumidos por tipos de suelos, por intermedio de rangos de valores, estos fueron comparados con los anteriormente divulgados por Simeón (1979), así como ampliados por intermedio de los casos de la conductividad hidráulica y la porosidad drenable, propiedades identificadas con el drenaje de los suelos y obtenidas por intermedio del modelo informado por Saxton (1986). Las bases de datos correspondiente a la velocidad de infiltración fue suministrada por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y procesada por intermedio del sistema automatizado AJUSTE, divulgado por el Instituto Politécnico José A. Echevarría (1990).La humedad útil fue calculada a partir de la diferencia entre la capacidad de campo y el limite productivo. La capacidad de almacenamiento útil fue determinada para un metro de profundidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la actualización y ordenamiento de las propiedades hidrofísicas y físicas por tipos de suelos. La tabla I, muestra el comportamiento textural, como complemento de ello se da la elevación capilar y el límite superior de plasticidad para 10 perfiles estudiados por Klimes et al. (1980) por tipos de suelos.El comportamiento de las propiedades hidrofísicas y físicas en general, así como la porosidad drenable y conductividad hidráulica son aproximadas a las señaladas por Simeón (1979) y Rycroft y Amer (1995).

Tabla I. Comportamiento de las propiedades físicas de los suelos.

No	Tipos de suelos	Prof. Prom. (cm)	% arena	% limo	% arcilla	EC (mm)	LSP (%)
1	Ferralítico Rojo.	0-90	5.9-19.8	8.3-10.9	71.8-83.3	243	75.3-87.6
2	Ferralítico Amarillento.	0-20	47	17.8	35.2	-	54
	Ferralítico Amarillento.	20-95	27.1	10.8	62.1	238	86
3	Oscuros Plásticos.	0-75	2.8-13.4	6.6-21.3	72.4-90.5	62.5-80	87.3-104
4	Pardos c/carbonato	0-55	20.3-29.6	14.8-18.5	57-61.1	105.7-146	72.6-81
5	Pardo s/carbonato	0-85	37.4-38.3	21.4-21.6	39.5-41.1	117.5-151	63-83.7

EC: Elevación Capilar LSP: Limite Superior de Plasticidad

La tabla II, resume las principales propiedades hidrofísicas recopiladas, así como determinadas para los diferentes tipos de suelos
La tabla III, expone los valores de humedad utilizable, así como las normas parciales netas. Para el caso de los Oscuros Plásticos, varían entre 7.2 y 9.2 %, oscilando las normas parciales netas entre 259 y 364 m3/ha.

Tabla II. Propiedades hidrofísicas por tipos de suelos.

No	Tipos de suelos	CM(% (PSS)	CC (%PSS)	Dr (g/cm^3)	Da (g/cm^3)	PT (%)	CH(m/día)	PD (%)
1	Ferralítico Rojo(0-90 cm)	37.7-59.6	29.8-34.8	2.5-2.7	1.1-1.3	48.8-60.9	0.018-0.07	7.9-26.2
2	Ferralítico Amarillento (0-20 cm)	44	24.5	2.78	1.25	55	0.072	19.5
	Ferralítico Amarillento (20-95 cm)	37.9	26.7	2.84	1.37	51.76	0.060	11.2
3	Oscuros Plásticos (0-75 cm)	58.5-75	48-60.8	2.6-2.7	0.9-1.0	61.1-69.1	0.036-0.08	10.5-17.6
4	Pardos c/carbonato (0-55 cm)	39.5-56	30.9-43.9	2.6	1.1-1.18	56-57.8	0.003-0.02	8.2-12.1
5	Pardo s/carbonato (0-85 cm)	37.6-53.2	25.8-30.9	2.4	1-1.3	50.3-57.4	0.042-0.05	11.8-22.3

CM: Capacidad Máxima CC: Capacidad de Campo Dr: Densidad real Da: Densidad aparente PT: Porosidad Total CH: Conductividad Hidráulica PD: Porosidad drenableLp: Limite productivo HU: Humedad útil

Los suelos Ferralíticos Rojos tienen valores de humedad utilizable entre 6 y 7 %, con normas parciales netas entre 264 y 364 m^3/ha, los Ferralíticos Amarillentos tienen índices inferiores a estos últimos.
Los suelos Pardos con Carbonato y Pardo sin Carbonato presentan valores de humedad utilizable que varía entre 6.2 y 8.8 % y normas parciales netas entre 273 y 415 m^3/ha.

Tabla III. Índices calculados identificados con la actividad de riego

.

No	Tipos de suelos	Lp (%PSS)	HU (%PSS)	Capac. Almacena. (mm/m)	Norma parcial neta (m^3/ha)	Norma parcial neta media (m^3/ha)
1	Ferralítico Rojo	23.8-27.8	6-7	660-910	264-364	314
2	Ferralítico Amarillento	20.48	5.12	671	268	268
3	Oscuros Plásticos	40.8-51.6	7.2-9.2	648-920	259-368	314
4	Pardo c/carbonato	24.7-35.1	6.2- 8.8	682-1038	273-415	344
5	Pardo s/carbonato	20.6-24.7	5.2-6.2	520-806	208-322	265

LP: Limite Productivo HU: Humedad Utilizable

La selección y ubicación del método de riego por gravedad y la técnica por surcos, debe ir orientada hacia los Oscuros Plásticos; priorizando las áreas de riego por derivación y tratando de lograr aumentar la eficiencia a nivel parcelario en las áreas de bombeo tanto de consumo eléctrico como diesel. De existir limitaciones para regar por surcos, podría valorarse la posibilidad de regar por goteo. Las medidas de drenaje parcelario para un suelo de infiltración baja (figura 1), son complejas y van encaminadasde forma elemental a la nivelación del suelo, el establecimiento de la una red de badenes y canales terciarios de drenaje.
Para los casos de los suelos Ferraliticos Rojo y Amarillento, el drenaje del primer subtipo es bueno, tanto externo como interno dada su alta velocidad de infiltración (figura 2),en el subtipo correspondiente a los Ferralíticos Amarillentos no es así cuando la topografía es llana en queestán asociados a drenaje deficiente

y se recomiendael establecimiento de una red de badenes y canales terciarios de drenaje que faciliten la evacuación del escurrimiento de los campos. Se recomiendan para ambos subtipos los métodos de riego por aspersión y localizado.
Referente a los suelos Pardos con y sin carbonatos, los mismos tienen limitaciones topográficas y no reúnen las condiciones idóneas para regar con las máquinas, entonces puede valorarse el uso dentro del método de aspersión de la técnica con enrolladores o incluso el goteo.Las medidas de drenaje son la nivelación de suelos para facilitar el drenaje superficial con red de badenes y terciarios de drenaje. Los valores de la velocidad de infiltración son medios.

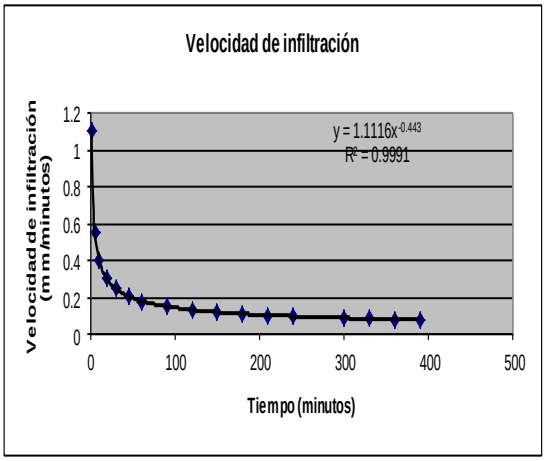


Figura 1. Oscuro Plástico

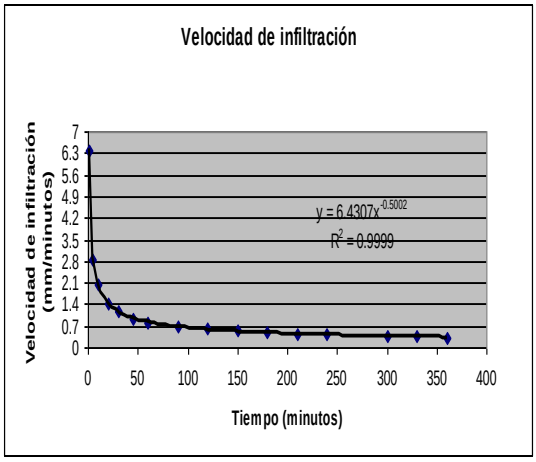


Figura 2. Ferralítico Rojo

CONCLUSIONES

- El ajuste, actualización y completamiento de la propiedades hidrofísicas y físicas a los diferentes tipos de suelos permite acercar estos índices a la actividad del riego y drenaje del cultivo de la caña de azúcar.

REFERENCIAS

- Instituto de Suelos (1975). II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Año VIII. Número 1: 47-69.
- Granma. (2010). Estará el agua en el centro de la planificación económica. 20 de septiembre. 5 pp.
- Instituto de Suelos (2001). Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos. Agrinfor. 39 pp.
- ISPJAE (1990). AJUSTE. Sistema Automatizado.
- Rycroft, D y M. Amer (1995). Prospects for the drainage soils. FAO. Irrigation and Drainage Paper 51.134 pp.
- Saxton, K. E. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from textura. Soil Science Amer. J. 50(4): 1031-1036.
- Simeón, F. (1979). Características de las propiedades hidrofísicas de los principales suelos agrícolas de Cuba. Revista Voluntad Hidráulica.16 (49-50): 16-23.
- Klimes, E; O. Suárez y A. Mesa (1980). Suelos de Cuba. Editorial Orbe. 327 pp.

COSECHA DE CAÑA EN VERDE Y LA RETENCIÓN COMPLETA DE RESIDUOS EN LAS ZONAS HÚMEDAS SUBTROPICALES, UN CASO DE ESTUDIO

CANE HARVEST IN GREEN AND FULL RETENTION OF WASTE IN SUBTROPICAL WETLANDS, A CASE STUDY

Quirk, Robert G.
Sugar cane farmer & researcher; Duranbah, New South Wales, Australia; rgquirk@bigpond.com

RESUMEN
Las mejores prácticas de gestión (MPG) pueden ser y son diferentes y pueden variar de un país a otro e incluso de granja a granja. La adopción de MPG puede ser por muchas razones distintas. La mayoría de los productores adoptan MPG para la sostenibilidad financiera. Uno de las problemas principales que enfrentan la industria mundial de caña de azúcar es la demanda de parte de la comunidad y del gobierno para reducir / eliminar la quema de la caña. Ahora se están desarrollando MPGs para permitir que esto ocurra en la mayoría de regiones del mundo. Este documento se refiere a los resultados de un analisis de 20 años sobre la conversión de cultivo mecánico y la quema de caña a un sistema de control químico de malezas sin la quema de caña. Esta conversión ha demostrado aumentos en la productividad de 30% y una reducción de 50% en el costo unitario de producción.
Palabras claves: Quema, BMP, sostenabilidad.

ABSTRACT
The best management practices (BMPs) can be and are different and can vary from country to country and even from farm to farm. The adoption of MPG can be for many different reasons. Most producers adopt MPG for financial sustainability. One of the major problems that the world sugar cane industry is facing the demand from the community and government to reduce / eliminate the burning of sugarcane. Now MPGs are being developed to allow this to occur in most regions. This document refers to the results of an analysis of 20 years on the conversion of mechanical cultivation and burning cane to a system of chemical weed control without burning cane. This conversion has shown productivity gains of 30% and a 50% reduction in the unit cost of production.
Key words: Burning, BMP, sustainability.

INTRODUCCION

Los estudios han demostrado que la transición hacia un sistema verde manta bagazo (GCTB) tiene positividad impactado carbono del suelo y la retención de nitrógeno (Robertson y Thorburn, 2007), macronutrientes (azufre y fósforo) biodisponibilidad (Canellas et al., 2010), y la retención de agua capacidad del suelo. A largo plazo (20 años) la implementación de un sistema GCTB en NSW Australia se ha traducido en un gran aumento de la productividad en un 20-30%, mientras que la reducción de los impactos ambientales de las aguas de escorrentía de la zona de producción. La adopción de BMP para la producción de caña de azúcar en suelos sulfatados ácidos (Quirk et al., 2008) se ha traducido en un aumento de la productividad, reducción de los impactos ambientales y la reducción de los insumos. Las prácticas que se han desarrollado dentro de la producción de caña de azúcar comercial están sembrando la caña por encima del nivel del suelo natural en un montículo y aporque sobre los conjuntos de caña:

a. inmediatamente después de la cosecha, rociando el residuo con pequeñas cantidades de nitrógeno (N) para acelerar la descomposición del residuo.
b. rastrillar el residuo de la parte superior del montículo dejando una franja clara 30cm largo de la fila en la parte superior del montículo.
c. aplicando el fertilizante con una máquina divisor heces en la parte superior del montículo.

Usando una combinación de estas prácticas indica:

- aumento de los niveles de carbono orgánicos a partir de 2-3% 5-6% en 20 años a una profundidad de 30 cm.
- reducción de los insumos de fertilizantes químicos en un 25-30%.
- aumento de la productividad en un 30%.
- reducción de los niveles de 1300 Pacheymetra esporas kg^{-1} de suelo en el sitio de estudio. Con anteriores niveles de fondo entre 600 000 y cinco millones de esporas kg^{-1} de suelo.
- reducción de horas de tractor en un 40%.
- mayor positivamente macro y microfauna.

El estudio de 20 años ha demostrado que es posible crecer con éxito la caña en un sistema verde de la caña. Esto se puede hacer, mientras que el aumento de la productividad, la reducción de costos de los insumos, y la entrega de un impacto positivo en el medio ambiente en general. **El problema**: El primer problema era la humedad, o drenaje de debajo del residuo. Historia y la experiencia muestran que la temperatura se mantuvo baja y el crecimiento se retardó bajo el residuo si se quedó en la parte superior de las heces, especialmente durante los meses de invierno.

PROCEDIMIENTO: LAS SOLUCIONES

Al hacer un montículo y la plantación de la caña a nivel del suelo natural, incluso después de las lluvias de hasta 100 mm, los montículos se convirtieron óxica en cuestión de horas. Era necesario para formar los montones 5-6 semanas antes de la siembra para permitir que la humedad se acumule para el establecimiento soporte éxito. Durante la siembra a principios de primavera, la temperatura fue probado en los montículos. Esto mostró temperaturas 2-3 ° C más altas en la planta en comparación con la siembra convencional por debajo del suelo. Se encontró que este aumento de la temperatura permitió la siembra por lo menos 1-2 semanas antes que las temperaturas se incrementan.

Rociar el residuo: En el primer año de GCH, el residuo no era un problema. En el segundo año, hubo toda una acumulación de residuo y por el tercer año que era casi imposible para la cosecha, con montones de residuos de la construcción en frente de los divisores de los cultivos de la cosechadora de hasta 1,5 m de altura, que tuvieron que ser tratados con. La investigación demostró que pulverizando el residuo con una pequeña cantidad de urea (5 kg ha^{-1}) (que se habían desarrollado en Nueva Zelanda una práctica para romper las cáscaras de nuez de macadamia) el down ruptura fue visible dentro de las 24 horas. El problema con la acumulación de residuos ha sido eliminado. Científicos mayores han observado que el azúcar en el residuo es una fuente de carbono, la urea una fuente de nitrógeno, y los dos se combinan para producir un ambiente ideal para que los microbios que florezcan y empezar a romper el residuo. El tratamiento con la pequeña cantidad de urea también puede ser la estimulación de hongos.

Plough-out, replantar: El tratamiento del residuo con la urea permite un tiempo de respuesta muy corto para la siembra sólo tres meses, desde GCH y la retención total de residuos a la replantación. El desglose de los residuos se ha reducido de seis meses a seis semanas.

Rastrillo de las heces: Es necesario rastrillar el residuo de la parte superior de las heces. Un dedo rueda rastrillo contra-rotación se ha encontrado para ser ideal para esta tarea. El rastrillo deja unos 30 cm claras de residuos en la parte superior de las heces. Esto permite que el suelo alrededor de las heces se caliente más rápido y promueve la aparición temprana de los macollos retoños.

Rociar: Todo el control de malezas se realiza químicamente. Una boquilla por encima de cada fila de la caña ha permitido la reducción de la cantidad de producto químico utilizado en un 66%. El uso de boquillas de aire inducida reduce la deriva y dirige química a donde se necesita. Las malas hierbas son esterilizados mediante metribuzina a 0,7 kg ha^{-1}, en 130 ml imazapic ha^{-1}, y el paraquat en 0.5 L ha^{-1}. Estas mediciones se basan en sólo el 33% de cobertura del suelo por el spray. La emergencia de las malezas de debajo de la manta de la basura son controlados con rociadores con campana utilizando glifosato en 2 L ha^{-1}. Esto ha resultado en un excelente control de malezas durante 12 semanas. La cosecha sólo entonces requiere una más en la etapa de pulverización fuera de la mano. La pulverización se consigue con boquillas dirigidas bajo el dosel usando

metribuzina en 1^{-1} kg ha^{-1}, isoxafutole a 200 mg ha^{-1}, y el paraquat en el 1,2 L ha^{-1}. Esterilizaciones foliares se usan según la necesidad 2 semanas después de la fertilización para promover el crecimiento de la raíz. Las esterilizaciones foliares se aplican con la misma barra de pulverización como el primer control de malezas con hidromasajes solamente más de la fila.

Fertilización: A través de extensas pruebas de suelo y análisis de las hojas de cada año, los aportes de nutrientes químicos se han reducido durante el período de estudio de 25% a partir de un punto de partida de 400 kg ha^{-1} de 35% de nitrógeno, 1,8% de fósforo, un 8% de potasio y 0,1 % de azufre. Ahora aplicamos sólo 300 kg ha^{-1} de la misma mezcla. La reducción de la entrada de nutrientes química podría ser debido a los nutrientes procedentes de residuo (Robertson y Thorburn, 2007), ya que se rompe y los nutrientes son reciclados. Sobre la base de las reducciones en los insumos que esto podría ser tanto como 50 kg de nitrógeno, 10 kg de fósforo y hasta 150 kg de potasio (investigación en Sudáfrica y Ecuador muestra la cantidad de potasio disponible puede variar desde 150 hasta 250 kg ha- 1) (observaciones personales de Jan Meyer y Oscar Nugent 2007). Dentro de los tres años de GCH comenzando el sitio fue capaz de eliminar el uso de fertilizantes de fósforo durante diez años sobre la base de pruebas de las hojas. Como puede verse a partir de la mezcla de fertilizantes, el sitio utiliza actualmente una mezcla de fósforo 1,8%; los requisitos para la cosecha siguen siendo muy bajos. Nuestras pruebas de suelo están mostrando una capacidad de intercambio catiónico de meg / 100g $^{-1}$value 14. El fertilizante se aplica mediante un cuadro de fertilizantes divisor heces; el fertilizante es colocado en los montículos al menos 5-7 cm por debajo de la superficie del montículo. Incluso en los eventos de lluvia intensa esta área del montículo permanece anóxica sólo por horas en lugar de días.

RESULTADOS

Aumento de carbono en el suelo: El área de estudio es todos los suelos sulfatados ácidos, compuestos de lodo marino recubierto con una fina capa de turba. En gran parte de las zonas bajas, la turba fue quemado hace unos 80 años, dejando sólo el lodo marino para crecer la cosecha. Los suelos tenían niveles muy altos de hierro y aluminio, y los niveles tóxicos de salinidad. Informes de las pruebas de suelo tempranos indicaron que el suelo no era apto para el cultivo de cualquier cultivo.

En los últimos 20 años, los niveles de carbono orgánico han aumentado de 2.3% a 5.6% (incluso en las zonas más pobres antes mencionados). Todos los análisis de suelo se tomaron a profundidades de 30 cm ("En realidad se está Manufacturing suelo": comentario personal del curador del Museo Mundial de Suelos en los Países Bajos durante una visita al sitio). La investigación muestra que la materia / residuos orgánicos reduce la cantidad de metales que salen del sitio de estudio (Quirk et al., 2008). En 2012 un balance del carbono del sitio se llevó a cabo utilizando una calculadora desarrollada por la industria del vino (no había azúcar de caña calculadora disponible en el momento). Los resultados de la auditoría fueron que el sitio de estudio fue de 5 toneladas positiva retener al año 5 t más que el sitio producido. La materia orgánica se calculó que se acumula alrededor de las 1.500 t $año^{-1}$ sobre la base de los aumentos medidos, piedras plantas estaban acumulando en 400 kg h^{-1}a (Sullivan et al., 2008) o alrededor de 40 t $año^{-1}$ sobre el sitio de estudio de 100 ha, y que la reducción de los insumos de fertilizantes de nitrógeno de 150 kg N ha^{-1} a 90 kg N ha^{-1} fue una ventaja adicional.

Aumento de la producción: Mientras que los aportes de nutrientes químicos ha disminuido, el sitio ha experimentado un aumento constante de la producción de 6800 toneladas a un máximo de 12 000 t, con un promedio de 10 000 t. Aunque las estaciones influyen en los resultados de productividad, ha habido una tendencia al alza en la producción.

La salud del suelo: La creación de los montículos ha creado un micro-ambiente saludable sobre lo que era antes, el suelo muy tóxico. Esto se ha logrado mediante la adición de cal a un ritmo de ht 5t, mezclando bien la cal con los 20 cm superiores del suelo luego carroñeros que 20 cm en montículos alrededor de 40 cm de altura que da un equivalente de 10 t ha^{-1} en los montículos.

Durante el período de estudio se ha producido un aumento visible en la salud del suelo, sobre todo en macro-fauna (en particular, las lombrices de tierra). La investigación adicional en el sitio de estudio ha tenido 27 pruebas de suelo para identificar los micro-fauna y hongos que pueden estar presentes.

Hora usado: La cantidad de horas de tractor ha reducido en un 40% ya que el sitio se trasladó de cultivo mecánico completo al mínimo hasta. El único cultivo en retoños ahora es una pasada con el cuadro de heces fertilizantes divisor; todo el control de malezas es química. Las horas son tractores con el equipo de pulverización, con el tractor funcionando a 1500 RPM. La vida de los tractores se extiende. Todavía hay algunos cultivos para preparar los semilleros para la siembra, pero esto también se ha reducido.
Certificación Farmer: Con el objetivo de animar a los agricultores de las regiones de cultivo de caña de azúcar mundial a trabajar juntos para lograr y el intercambio de información entre sus miembros Bonsucro ha formado un grupo de trabajo de los agricultores (FWG). El FWG compartir costos de los insumos, BMP, y la información de sostenibilidad entre el grupo. El FWG ha calculado los costes unitarios de producción, sorprendentemente estos costos están muy cerca en US $ 2 en cada país. Los países que comparten información a través del FWG son Brasil, Sudáfrica, India, Colombia y Australia. Hay un plan para ampliar el FWG incluir Tailandia. El Consejo de Bonsucro también ha dado el FWG la oportunidad de desarrollar un sistema de certificación, donde los agricultores individuales, o grupos de agricultores pueden certificarse con la norma Bonsucro Sostenibilidad; esto sería entonces dar a estos agricultores la oportunidad de comerciar certificados para el azúcar que producen. El interés es muy alta en la certificación de la Norma de Producción Bonsucro. Los beneficios son que un productor puede entonces afirmar que han alcanzado un estándar de certificación global. A través de tal una proactivas gobiernos paso a continuación tienen poco espacio para exigir un nivel superior.

CONCLUSIONES

Hay muchas BMPs para la producción de caña de azúcar, y claramente hay muchos que son regionales, nacionales o incluso específica granja. Es importante que antes de adoptar todo un sistema que ha sido desarrollado en otras partes, que se prueba en una pequeña escala. Aunque muchos de los conceptos mecanizadas amplia escala no puede ser transferible a los pequeños productores de escala, las teorías que se basan serán. Las prácticas que se han desarrollado en el primer mundo con un gran costo pueden y se adaptarán para los países en desarrollo, y el trabajo que se ha llevado más de 20 años se pueden adoptar en los países en desarrollo en menos de 5 años. Esta es una sociedad que todos debemos abrazar.

REFERENCIAS

Eldridge. S. (1999) Soil management for sugar cane. NSW Department of Agriculture. Case study brochure for the NSW sugar cane industry. on the web www.dpi.nsw.gov.au.
Dent. D. personal 2010 (Curator of the world soil museum The Netherlands).
Quirk. R.G. , McGuire P.J. (2008) Agriculture and science working towards a sustainable future for sugarcane on acid sulphate soils. Proc, ISSCT, Vol.25.
Macdonald B.C.T, Quirk R.G. (2002) Sugar cane and acid sulfate soils ,Techniques for reduction of acid discharge. Proc. ASSCT ,Vol .24.
Jan Meyer, Oscar Nugent 2010, personal comment Researchers from South Africa and Ecuador respectively.
Vivek .H, Singh R P,(2013) Improving smallholder productivity in India through capacity building of field extension officers .2013. ISSCT Brazil Vol 27 2013
Robertson FA, Thorburn PJ (2007) Management of sugar cane harvest residues: Consequences for soil carbon and nitrogen. Australian J.Soil Res. 45(1): 13-23.
Sullivan L, Parr J, Quirk R (2008) Plantstone Carbon yields of sugar cane: Potential for carbon sequestration. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. Vol 30.

LA COSECHA VERDE DE CAÑA DE AZÚCAR, UN RETO TECNOLÓGICO SOLUBLE

THE GREEN CROP OF SUGARCANE, A SOLUBLE TECHNOLOGICAL CHALLENGE

Armando Vega Rivero
Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agrícolas, Ex vicedirector INICA (Cuba), Profesor Titular Agregado de La Universidad Agraria del Ecuador.

RESUMEN

Se pasa revista al estado actual de las tendencias y probable futuro de las alternativas de cosecha mecanizada quemada y verde en el cultivo de la Caña de Azúcar como uno de controversias entabladas en donde las presiones sociales, y las exigencias de comunidades y gobiernos, se contraponen a las ventajas económicas y operativas de productores agrícolas e industriales azucareros. Se hacen referencias a la situación de la costa Ecuatoriana donde se concentra el 80% de la producción de caña de azúcar del país y del ineludible el tránsito hacia la cosecha verde y mecanizada de la caña de azúcar, en contraposición con la práctica tradicional actual, todavía preponderante, de la cosecha quemada, sea manual o mecanizada. Se resumen las limitaciones y fortalezas de cada alternativa desde diferentes ángulos y finalmente se hace una propuesta de compromiso tecnológico donde las investigaciones y en primer lugar el mejoramiento genético juegan un papel protagónico en la creación de genotipos con características morfológicas y fisiológicas que permitan disminuir las limitaciones que la cosecha mecanizada en verde.
Palabras claves: Caña de azúcar, quema, cosecha verde.

ABSTRACT

An overview is done to the current state of the tendencies and probable future of the alternatives of burnt and green automated crop in the cultivation of the Sugarcane like one of begun controversies where the social pressures, and the demands of communities and governments, are opposed to the economic and operative advantages of sugar agricultural and industrial producers. References are made to the situation of the Ecuadorian coast where it concentrates 80% of the production of sugarcane of the country and of the unavoidable traffic toward the green and automated crop of the sugarcane, in opposition with the current traditional practice, still preponderant, of the burnt crop, be manual or automated. The limitations and strengths of each alternative are summarized from different angles and finally a proposal of technological commitment is made where the investigations and in the first place the genetic improvement plays a protagonistic paper in the creation of genotypes with characteristic morphological and physiologic that allow to diminish the limitations of the crop mechanized in green.
Key words: Sugarcane, burns, green harvests.

INTRODUCCIÓN

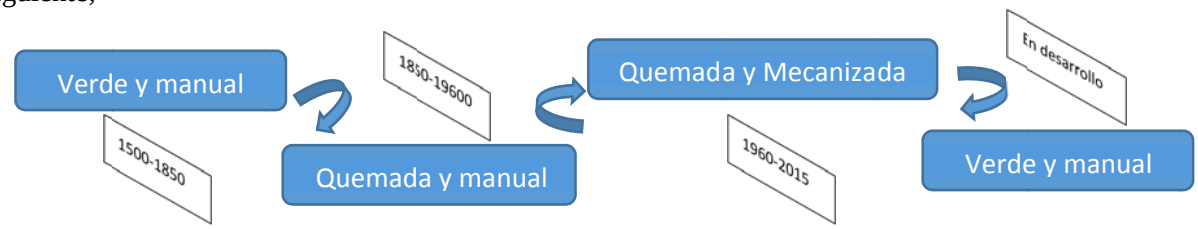
El paso paulatino del corte manual al mecanizado en la totalidad de los países cañeros, ha enfrentado el reto del aumento de las pérdidas en la cosecha y por consiguiente, una merma en el rendimiento de caña molible. Sin embargo este reto a pesar de su peso económico en las decisiones gerenciales, no ha hecho reducir, el área que cada año se cosecha por medios mecánicos, por razones de distinta índole, como la carencia y/o costo de la fuerza manual

Las presiones sociales, y obviamente las exigencias cada vez superiores de la comunidad internacional y gobiernos, hacen ineludible el tránsito hacia la cosecha verde y mecanizada de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tecnología de cosecha con caña quemada vs cosecha con caña verde

La evolución de las tecnologías de la cosecha puede sintetizarse, por supuesto salvando las diferencias culturales, condiciones socioeconómicas, otros factores del área geográfica y la época de la manera siguiente;



La opción de la tecnología de la quema de los cañaverales previo a la cosecha fue una consecuencia de la infraestructura y tecnología industrial, la maquinaria y la tecnología agrícola y en menor medida, de la protección de los cortadores.

(Rípoli, 2000), en Brasil ha señalado como deficiencias (especialmente ambientales) del sistema de cosecha quemada en la caña de azúcar, los siguientes: Incremento de la contaminación del aire, destrucción de los microorganismos de las capas superficiales del suelo, pérdida de materia orgánica que puede ser incorporada al suelo para mejorar sus condiciones, dificultad en el uso de controles biológicos e incremento de los niveles de ozono en la baja atmósfera y del monóxido de carbono.

En las condiciones de México, (Ortiz, Slagado, & Castelan, 2012), han señalado que se han logrado ventajas de la cosecha de la caña, mencionando: el incremento en la recuperación de azúcar por unidad de área, mejor manejo de las operaciones de cosecha y el impacto favorable en el ambiente. Señala como las principales desventajas, una mayor cantidad de materia indeseable (paja), mayor concentración de ceras, cenizas, polisacáridos y almidones en el jugo extraído, incremento en la cantidad de melaza, incremento en las perdidas de azúcar por tonelada de caña entre otros. La quema dificulta la filtración y clarificación de los jugos, (Cuellar, León, Gómez, Piñón, & Villegas, 2003)

Es conocido que las pérdidas de sacarosa están asociadas a productos indeseados como la dextrana que se produce por deterioro de la caña al incrementarse el tiempo transcurrido entre la quema y el corte y entre este y la molida como han observado también (Cerutti, Diez, & Cárdenas, 2000).

Los factores ventajosos de la cosecha mecanizada para (Ortiz, Slagado, & Castelan, 2012) se puede agrupar de la siguiente manera:

1. “Entrega de caña más fresca al ingenio
2. Menor costo por tonelada cosechada
3. Simplicidad y control de la operación de cosecha
4. Seguridad en la cosecha y entrega de caña
5. Mejora en el transporte de caña
6. Facilita el proceso de extracción de azúcar del Ingenio
7. Protege el medio ambiente

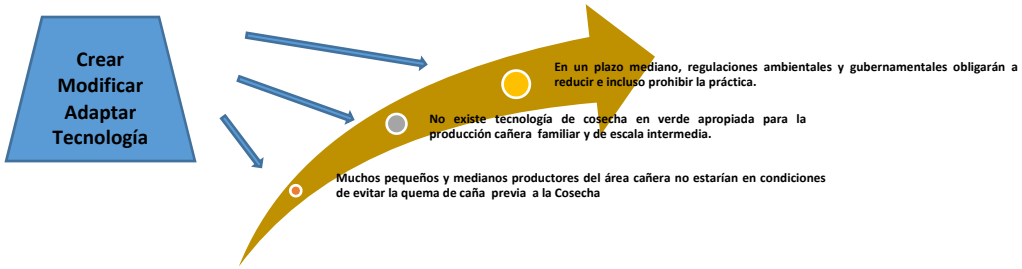
En argentina, (Teran, Sopena, & Mariotti, 2008) señalaron como los aspectos negativos más importantes en cuanto al cultivo bajo cobertura, que habría que asumir al suprimir la quema de los cañaverales antes de la cosecha y la mala práctica de la quema de residuos en el corte verde.

- Riesgos de quema accidental.
- Retardo en la tasa y velocidad de rebrote.
- Dificultades operativas para labranza, fertilización e incorporación de herbicidas pre-emergentes

Según el CINCAE, (CINCAE, 2014) en Ecuador se cosechan anualmente unas 81,000 ha para producción de azúcar y etanol.

(Bernal & Contreras, 2006) al comparar las pérdidas ocurridas por el tiempo transcurrido entre el corte y la molida en caña verde y quemada se confirmaron como se señala en la literatura internacional que esta última se deteriora a más velocidad que la verde con una perdida en rendimiento agrícola de más del 6% a las 48 horas contra el 4.8% en la caña verde. Los azúcares reductores aumenta y la pureza disminuye.
Desde el año 2009, la cosecha mecanizada de la caña de azúcar se ha incrementado significativamente en el Ingenio San Carlos (ISC). Hasta el 2008 el porcentaje del área propia del ingenio cortada con cosechadoras era alrededor del 20% y el 80% con corte manual. A partir del año 2009 la cosecha mecanizada se ha incrementado, llegando en la zafra 2012 al 76 % de los canteros propios del ingenio aunque con un 13% de pérdidas como han señalado (David Palomeque1, 2013).
(Palomeque D, 2013), en Ecuador han aportado elementos en que señalan que es posible a través de la regulación de la velocidad de los extractores de las cosechadoras, reducir la cantidad de materia extraña, especialmente hojas y las pérdidas invisibles (pérdidas compuestas por jugo y tallos pullverizados).No se encontraron diferencias entre la cantidad de desperdicios de caña en campos cosechados a máquina o a mano (< 0.5 TCH) (Norris, 2011).
Estudios realizados en Australia (Sugar Research and Development Corporation SRDC, 2004), determinaron que las cosechadoras generan trozos minúsculos de caña por los múltiples cortes que el tallo sufre dentro de la máquina, y que luego son expulsados como materia extraña (ME) por el extractor primario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



- **Cobertura de paja o trash depositado en el campo por la cosecha verde**

Estudios recientes han mostrado que en cosecha mecanizada de caña verde, el rendimiento promedio de paja seca es de 18.2 t ha-1. (Chapple, 2006). Los usos alternativos de los residuos de la cosecha incorporando valor agregado, hace apremiante integrar tecnologías y metodologías.
La equivalencia energética de una tonelada de caña de azúcar en el campo se calcula 12.75 veces superior a la de un barril de petróleo
La cosecha de caña verde mecánica es la única alternativa visible actual que ofrece la oportunidad de armonizar las exigencias que ha impuesto el desarrollo de la agricultura moderna donde confluyen exigencias como;

- Evadir la cada vez más escasa disponibilidad de fuerza de trabajo rural
- Disminuir la contaminación ambiental
- Incrementar la protección de la biodiversidad y la conservación de los suelos
- Incorporar nuevo valor agregado al producto final, al adicionar usos alternativos para la caña y los residuos
- Avanzar en productividad y rentabilidad

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los logros de la genética tradicional primeramente y los de la biotecnología aplicados al mejoramiento genético, permiten diseñar proyectos destinados a contribuir a disminuir las limitaciones de la cosecha verde mecanizada.

Desde el punto de vista del fitomejoramiento independientemente de la tecnología a seguir en el proceso de mejora (Mejora tradicional o Biotecnología), los objetivos finales serían:

- Genotipos con fácil desprendimiento de las hojas caducas
- Variedades que arriben a la madurez con menor cantidad de hojas activas
- Variedades de crecimiento erecto
- Híbridos con sistema de anclaje más eficiente
- Cultivares con elevado grado de digestibilidad

Todo ello sin perder la garantía de los logros alcanzados en rendimiento, resistencia a enfermedades y estrés de diferentes géneros y otros caracteres agrícolas de importancia. La tecnología de cultivo en sus diferentes etapas, pre plantación, plantación y post cosecha deberán sufrir por su parte modificaciones que contribuyan, sin incremento sustanciales de costos de producción a este objetivo. Para ello un programa en tal sentido debe partir de:

Mejora tradicional	Mejora por biotecnología
Definición de caracteres a incluir en un programa de mejora con este objetivo	Definición de caracteres a incluir en un programa de mejora con este objetivo
Elección de los progenitores apropiados en un germoplasma con suficiente variabilidad	Identificación de los genes gobernantes de ese caracteres y sus interacciones
Diseño de un programa de cruzamientos	Diseño de la modificación apropiada
Esquema se selección abarcador en tiempo y espacio	Sistema de selección in vitro (marcadores etc.) y selección de campo
Pruebas de validación en variadas condiciones	Pruebas de validación y bioestabilidad

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernal, N., & Contreras, V. y. (2006). Deterioro en caña verde y quemada en tres localidades del Ingenio ECUDOS S. A. Carta Informativa, 7-11.

Cerutti, G., Diez, O., & Cárdenas, G. y. (2000). Sucrose utilization and destran production by Leuconostoc mesenteroides isolated from de sugar industry. Sugar Journal, 36-41.

CINCAE. (2014). http://cincae.org.

Cuellar, A. I., León, M. E., Gómez, A., Piñón, D., & Villegas, R. y. (2003). Caña de Azúcar, Paradigma de Sostenibilidad. La Habana, Cuba: INICA.

Chapple, J. y. (2006). Sugar losses in burn and green cane harvesting in Argentina. Proyect CSR032, 8 pp.

David Palomeque1, O. N. (2013). Optimización de la operación de las cosechadoras de caña para armonizar las pérdidas invisibles con el contenido de materia extraña. Carta Informativa CINCAE Año 15 - No. 1 y 2, 29.

Norris, C. P. (2011). Report to Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. Documento Interno.

Ortiz, L. H., Slagado, G. S., & Castelan, E. M. (2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 4 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012, p. 767-773.

Palomeque D, O. N. (2013). Optimización de la operación de las cosechadoras de caña para armonizar las pérdidas invisibles con el contenido de materia extraña. Carta Informativa.

Rípoli, T. (2000). Energy Potencial of Sugarcane Biomasa in Brazil. Scientia Agrícola.

Sugar Research and Development Corporation SRDC. (2004). Cana harvesting to improve industry performance, . A review of sugar cane harvesting practices and options for improvement. Brisbane, Brisbane, Australia: R. K. Jones.
Teran, C. H., Sopena, R. A., & Mariotti, J. A. (2008). Evolución tecnológica en el cañaveral de Tucuman. Período 2002-2006. Reunión del SATCA. Tucumán.

EVALUACIÓN AGROTÉCNICA DEL SEMIRREMOLQUE AUTOBASCULANTE CUBANO EN EL TRASBORDO DE CAÑA DE AZÚCAR EN SUELOS ARCILLOSOS PESADOS

AGRO-TECHNIQUE EVALUATION OF THE CUBAN TRAILER IN THE INTERMEDIATE TRANSPORTATION OF SUGAR CANE IN HEAVY CLAY SOIL

Yoel Betancourt Rodríguez[1], Jesús Izquierdo Daniel[1], Jorge Luis Burgos Águila[1] y Osmel Machado Sánchez[1]

[1] Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar ETICA Centro Villa Clara.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los parámetros agrotécnicos del semirremolque cubano en el transporte de la caña de azúcar dentro del campo, en los suelos arcillosos pesados, con superficie acanterada se realizó una investigación en un suelo Vertisol Pélico típico. En la cosecha participaron la combinada CASE 8 000 y el semirremolque acoplado al tractor Maxxum CASE 150. Los resultados mostraron que el autobasculante no cumple con los requerimientos agrotécnicos para el trasbordo de caña, por sobrepasar la zona de protección de las plantas, al transitar sobre el cantero queda el 100% del área bajo los efectos del tráfico; y por compactar el suelo, al incrementar significativamente la densidad aparente y la resistencia a la penetración en los 20 cm del horizonte superficial en una humedad de 51% hbss.

Palabras Clave: compactación, resistencia a la penetración, transporte intermedio.

ABSTRACT

The determination of the agro-technique parameters of the Cuban Trailer in the intermediate transport of the sugar cane inside the field, in the heavy clay soil, with mound surface an investigation was carried out in a Vertisol typical Pelic. The harvester CASE 8 000 and the Cuban Trailer coupled to the tractor Maxxum CASE 150 were the equipment that participated in the harvesting process. The results showed that the Cuban Trailer doesn't fulfil the requirements agro-technique for the sugar cane transportation under the conditions mention before, because it surpasses the protection area of the plants, being located over the mound's surface; and because it increases significantly the bulk density and the penetration resistance until the 20 cm of the superficial horizon, at 51% hbss soil humidity.

Key words: compaction, penetration resistance, intermediate transport.

INTRODUCCIÓN

Una de las causas que actualmente afectan el rendimiento de la caña de azúcar en Cuba es la compactación de los suelos. Dentro de los factores que dan lugar a la misma están el tráfico de las máquinas dentro del campo, principalmente en la cosecha mecanizada. En dicho proceso se pueden identificar como aspectos de gran interés el sistema de cosecha empleado y el complejo tecnológico cosecha-transporte por su impacto negativo sobre el estado físico y físico-mecánico del suelo.

En la actualidad se ha potenciado el Sistema de Corte Mecanizado con Corta cogollo para Tiro al Basculador y se introduce el sistema de transporte denominado *Tiro Partido* o *Trasbordo de caña* con el semirremolque de procedencia nacional, por aportar en general los siguientes beneficios: reducción de los daños a los campos cañeros, aumento de la productividad, disminución de los costos de la cosecha y mejora de la calidad del material que va a la industria (CAMECO, 2006).

Dadas las irregularidades detectadas en el cumplimiento de los parámetros agrotécnicos en el semirremolque de procedencia nacional, por poseer un ancho de vía no adecuado a la distancia de plantación, se partió de la hipótesis que es posible que se afecten las propiedades físicas por el tráfico se este sobre el cantero.

Tomando en cuenta lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar el cumplimiento de los requerimientos agrotécnicos del semirremolque autobasculante cubano en el transporte de la caña de azúcar dentro del campo en los suelos arcillosos pesados, con superficie acanterada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la UEB Héctor Rodríguez, sobre un suelo clasificado como Vertisol Pélico típico según la nueva clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).
El área se encontraba plantada en cantero con una cepa de primer retoño, rendimiento estimado 50 tha^{-1}, de la variedad C 89-250, las variables evaluadas para caracterizar las condiciones fueron: distancia entre hieleras, m; altura, ancho de la base y de la copa del cantero, m.
Se utilizó la variante de cosecha mecanizada y el sistema de transporte de trasbordo de caña dentro del campo, utilizando la Combinada Autopropulsada CASE IH 8000 y el autobasculante de fabricación nacional tirado por el tractor Maxxum CASE IH 150.
Dado que el autobasculante es el único equipo de los antes señalados que el sistema de rodaje trafica sobre el cantero, la zona de evaluaciones se ubicó sobre la hilera de caña. Las dimensiones principales de su sistema de rodaje son: ancho de vía de 2,70 m y ancho total de 3,30 m.
Se realizaron las siguientes evaluaciones: velocidad de traslación de los equipos, kmh^{-1}; perfil del cantero, cm; resistencia a la penetración, $kgcm^{-2}$ y densidad aparente, gcm^{-3}.
Los datos obtenidos en las diferentes investigaciones se procesaron automatizadamente, empleando el paquete estadístico *STATGRAPHICS Plus 5.1*. Se utilizó la prueba t-Students para muestras independientes como criterio para estimar las diferencias entre las medias muestrales, a un 95 % de probabilidad, en la evaluación de la resistencia a la penetración y la densidad aparente antes y después del paso del autobasculante sobre el cantero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de investigación estaban caracterizadas por los siguientes valores promedios: distancia entre hieleras de 1,6 m; altura, ancho de la base y de la copa del cantero de 0,16; 0,86; y 0,47 m, respectivamente. Por otra parte, la velocidad de traslación de los equipos durante la cosecha fue 5,5 kmh^{-1}. En el caso particular del sistema de trasbordo con el autobasculante objeto de investigación, que trafica sobre el cantero, los cambios de perfil se originan dentro de la franja de seguridad del cultivo, es decir sobre la cepa de caña, representado por Zc, donde la deformación como promedio es de 4 a 6 cm en la copa del cantero, entre 25 y 35% (Figura 1).

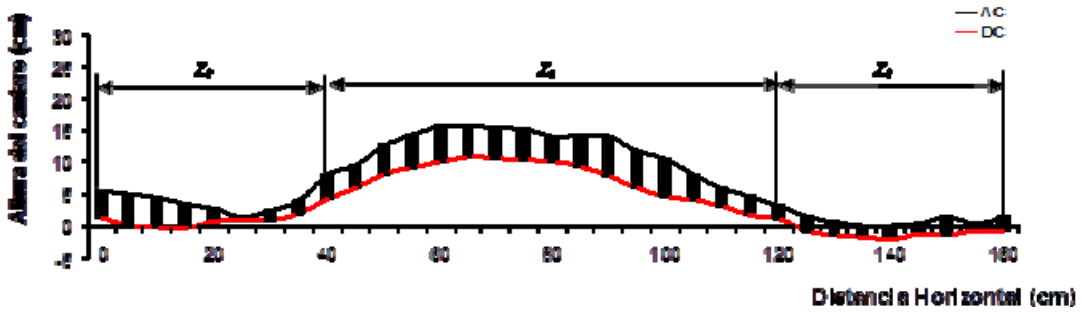


Figura 1. Variación del perfil del suelo. Las barras verticales indican la reducción del perfil en la zona de tráfico (Z_t) y en ambas franjas de seguridad (Z_c).

Otro aspecto importante a destacar es que con el sistema de cosecha utilizando dicho autobasculante se transita por el 100% de la superficie, a diferencia de que con los sistemas utilizados en el norte de Villa Clara

se trafica entre el 40 y el 56% del área (Rodríguez, 1999), por respetar en parte la franja de seguridad del cultivo; aspecto que está condicionado por las inadecuadas dimensiones de su sistema de rodaje.
La mayor compactación del suelo después del tráfico del autobasculante se encontró en el perfil de 0 a 10 cm con humedad promedio de 40% hbss en los primeros 30 cm, incrementándose la densidad en un 7% (0,07 gcm^{-3}). Además, cuanto se transita a humedad de 51% hbss la compactación llega hasta los 20 cm de profundidad (Tabla I).

Tabla I. Densidad aparente para diferentes contenidos de humedad del suelo.

Humedad, hbss	Profund., cm	Condición	Media, gcm^{-3}	EE	Valor de P
40%	0-10	AC	1,07 a	±0,006	7,05E-8
		DC	1,14 b	±0,006	
	10-20	AC	1,09 a	±0,004	0,091
		DC	1,11 a	±0,005	
	20-30	AC	1,08 a	±0,006	0,053
		DC	1,09 a	±0,003	
51%	0-10	AC	1,01 a	±0,004	7,52E-12
		DC	1,08 b	±0,003	
	10-20	AC	1,04 a	±0,004	1,25E-8
		DC	1,09 b	±0,005	
	20-30	AC	1,03 a	±0,004	0,070
		DC	1,04 a	±0,004	
Leyenda: AC-Antes de la cosecha; DC-Después de la cosecha; EE- Error Estándar.					

La resistencia a la penetración (Rp) se incrementa significativamente como promedio en 9 $kgcm^{-2}$ (883 kPa) en los primeros 10 cm del suelo después del paso del autobasculante sobre el cantero a humedad de 40% hbss. En 51% hbss la Rp fue significativa hasta los 20 cm, con menor incremento (Tabla II).

Tabla II. Resistencia a la penetración para diferentes contenidos de humedad del suelo.

Humedad, hbss	Profund., cm	Condición	Media, $kgcm^{-2}$	E E	Valor de P
40%	0	AC	7,5 a	±0,791	1,374E-2
		DC	26,8 b	±1,901	
	5	AC	11,5 a	±3,354	0,013
		DC	17,3 b	±0,866	
	10	AC	11,1 a	±0,748	0,045
		DC	14,0 b	±0,975	
51%	0	AC	6,7 a	±0,940	0,005E-2
		DC	21,2 b	±1,590	
	5	AC	8,2 a	±1,210	0,117E-2
		DC	16,6 b	±1,208	
	10	AC	6,2 a	±0,561	0,019E-2
		DC	13,3 b	±0,943	
	15	AC	6,2 a	±0,561	0,016E-2
		DC	10,8 b	±0,406	
	20	AC	7,1 a	±0,579	0,014
		DC	9,2 b	±0,339	
Leyenda: AC-Antes de la cosecha; DC-Después de la cosecha; EE- Error Estándar. Observación: La profundidad cero es la resistencia inicial en la superficie que ofrece el suelo a la penetración.					

Los resultados de la evaluación de la resistencia a la penetración en la hilera de caña se manifestaron de forma similar que la densidad aparente del suelo, aspecto que está condicionado por la estrecha relación existente entre ambos indicadores. En este sentido, Nacci y Pla (1992) plantearon que la resistencia es la sumatoria de varias propiedades físicas y físico-mecánicas del suelo como la densidad aparente, la humedad y la resistencia al corte.

En Colombia, Rodríguez y Valencia (2012) también reportaron tráfico sobre el surco de caña en suelos de textura media y fina por el empleo de medios de transporte con ancho de vía no adecuados a la distancia de plantación, llegando a pisar hasta el 66% de las cepas con un ancho entre 0,4 y 0,5 m, incrementándose la densidad aparente y la resistencia a la penetración del suelo en dicha zona.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis trazada en la introducción de este trabajo, la afectación de las propiedades físicas por el tráfico del autobasculante sobre el cantero en suelos arcillosos pesados.

CONCLUSIONES

El autobasculante objeto de investigación no cumple con los requerimientos agrotécnicos para el trasbordo de caña dentro del campo por sobrepasar la zona de protección de las plantas, lo que conlleva a que con este sistema de cosecha en general se trafique sobre el 100% del área; y por compactar el suelo en la zona donde se desarrolla el 90% de las raíces de la caña, al incrementar significativamente la densidad aparente y la resistencia a la penetración hasta los 20 cm del horizonte superficial, en humedades próximas al 51% hbss.

REFERENCIAS

1. CAMECO, 2006. Ventajas del empleo del trasbordo de caña. [En línea]: Disponible en: http:// http://www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/trasbordo_cana.html [Consulta noviembre 2 2006).
2. Hernández, A.; M. O. Ascanio; A. Cabrera; M. Morales; N. Medina; L. B. Rivero. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelo. Editora AGRINFOR, 1999, 64 pp.
3. Rodríguez, M. Fundamentación del uso de rodajes por semiesteras en las cosechadoras cubanas de caña de azúcar para trabajar en suelos de mal drenaje con condiciones de alta humedad. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, La Habana, Cuba, 1999, 135 pp.
4. Nacci, S.; I. Pla. Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. Revista Agronomía Tropical, 1992, 42 (1-2), p. 115-132.
5. Rodríguez, L.A.; J. J. Valencia. Impacto del tráfico de equipos durante la cosecha de caña de azúcar (Saccharum officinarum). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2012, v.16, n.10, p.1128–1136.

TECNOLOGÍA AZUCARERA

PLANTAS MUCILAGINOSAS EN LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

MUCILAGINOUS PLANTS IN THE CLARIFICATION OF JUICE SUGAR CANE

Dr.C Walter Francisco Quezada Moreno[1], Ing. Walter David Quezada Torres[2], Dra. Irenia Gallardo Aguilar[3]

[1] **Investigación y Desarrollo de Productos. Ecuador. mfrancisco473@gmail.com**

[2] **Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. Ecuador. davichat@gmail.com**

[3] **Profesora Titular de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba. irenia@uclv.edu.cu**

RESUMEN

El objetivo es incorporar soluciones mucilaginosas en la clarificación de jugos, como alternativa de mejora en la agroindustria panelera del Ecuador. De un estudio realizado con 14 plantas mucilaginosas, cuatro especies vegetales: Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*), Yausa (*Abutilon insigne Planch*), Cadillo negro (*Triumfetta lappula L*) y Falso Joaquín (*Hibiscus rosa sinensis*), se obtuvo mejores resultados como agentes clarificadores. Experimentalmente se ensayaron tres factores como: concentración de la solución, cantidad de solución añadido al jugo y temperatura de incorporación, en dos niveles, juzgado por la variable turbidez, como respuesta. Los resultados indican que los factores ensayados, afectan significativamente en la clarificación del jugo, donde los mejores resultados en turbidez se alcanzan con (Yausabara y Yausa) y las combinaciones, dando jugos claros y brillantes.

Palabras clave: industria panelera, jugo de caña, plantas mucilaginosas, clarificación, turbidez.

ABSTRACT

The aim is to incorporate solutions mucilaginous juice clarification, as an alternative for improving agribusiness panela Ecuador. The study conducted with 14 mucilaginous plants, four plant species: Yausabara (Pavonia sepium A. St-Hil) Yausa (Abutilon famous Planch), black Cadillo (Triumfetta Lappula L) and False Joaquín (Hibiscus rosa-sinensis), was obtained best results as clarifying agents. Experimentally three factors were assayed: solution concentration, amount of solution added to the juice and incorporation temperature on two levels, judged by turbidity variable response. The results indicate that the factors tested, significantly affecting juice clarification, where the best results are achieved with turbidity (Yausabara and Yausa) and combinations giving clear and bright juices.

Keywords: Industry panelera, cane juice, mucilaginous plants, clarification, turbidity.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial este tipo de azúcares integrales sin refinar, con presentación al consumidor generalmente en forma de bloques sólidos, se acerca a los 13 millones de toneladas anuales. En América Latina y el Caribe se estima la existencia de cerca de 50000 trapiches, que en conjunto vinculan a más de un millón de personas (**Rodríguez, et al 2007**). Colombia es el primer productor de panela en América y segundo en el mundo. El gremio panelero lo conforman más de 20.000 trapiches, 19.050 censados y producen 1.300.000 toneladas por año, valoradas en US$1.000 millones las cuales representan el 7 % del PIB agrícola con una participación del 1,06% en el gasto nacional de alimentos que es conocida esta actividad como la locomotora generadora de trabajo (**Cruz, 2013**), donde el apoyo del estado es permanente y directo (**FEDEPANELA, 2015**). En el Ecuador, se estima que existen 519 fábricas, número que día a día disminuye por la falta de incentivos por

parte del Gobierno y una ley especial al sector, que promueva su desarrollo (**Quezada, 2015; Baquero & Lucio-Paredes, 2010; MAG, 2006; Poveda, 2014**).

En términos generales, el proceso en fábrica inicia con etapas de extracción del jugo, purificación, evaporación y concentración final. La falta de tecnificación y mejoras en los procesos la calidad es afectada, siendo la etapa de purificación y concentración entre las más determinantes. La purificación comprende la limpieza, pre-limpieza y clarificación del jugo. Esta última, consiste en la separación de los no azúcares disueltos en el jugo e impurezas gruesas que se separan por efecto del incremento de temperatura del jugo y por la acción de sustancias clarificadoras que pueden ser naturales como los mucílagos y químicos (**Fernández, 2003; Sentmanat, 2010; Blanco & Zumalacárregui, 2006)** y que se realiza bajo el principio de flotación y sedimentación **(Batule, 2004).** Para evitar los químicos, el uso de clarificadores naturales como los mucílagos, incorporados al jugo en solución, hoy en día es la práctica que va en aumento. Estudios, realizados con varias plantas mucilaginosas indican que los mucílagos obtenidos en solución en concentración adecuada e incorporados al jugo en cantidad y temperatura correcta (**Quezada, 2015**). Se estima que 500 litros de jugo, se debe incorporar entre 15 a 30 litros de solución clarificadora, que corresponde al 3 y 6 % de solución clarificadora, incorporados a 50 y 82°C **(Prada, 2002; Aguiar, 2001; Azain, 2002).** De las de las 14 especies vegetales valoradas inicialmente, el objetivo es determinar las mejores y utilizar especies que no afecten al ambiente (Yausa, yausabara, cadillo y Falso Joaquín), en la industria panelera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se probaron extractos de catorce especies, previos al análisis fotoquímico cualitativo. Las plantas se trituraron, maceran, estrujan y agitan manual y en forma mecánica por 1 a 2 minutos. Se utiliza 100 gramos de especie vegetal por cada 1000 mililitros de agua a 30±5°C. Se experimentaron a otras concentraciones que fueron rechazadas por la dificultad la extracción del mucilago o por generar soluciones muy diluidas. Se removieron los no azúcares antes y después del punto de ebullición.

Para la turbidez se valoró con un turbidímetro HANNA HI 93703, de unidades FTU (Unidades de Turbidez Formazin) o NTU (Unidades Nefelómetricas de Turbidez). Se utilizó un diseño factorial 2^3 y se valoró estadísticamente con el software Statgraphics Plus 4, según factores y variables de la tabla 1.

Tabla 1. Variables y niveles de estudio en la clarificación

Factores (X)	**Niveles**		**Unidades**	**Variable respuesta. Turbidez (T)**
	Bajo	***Alto***		
Concentración planta (X_1)	75	100	g/L	
Temperatura (X_2)	50	90	°C	NTU
Solución mucílago jugo (X_3)	2	8	%	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

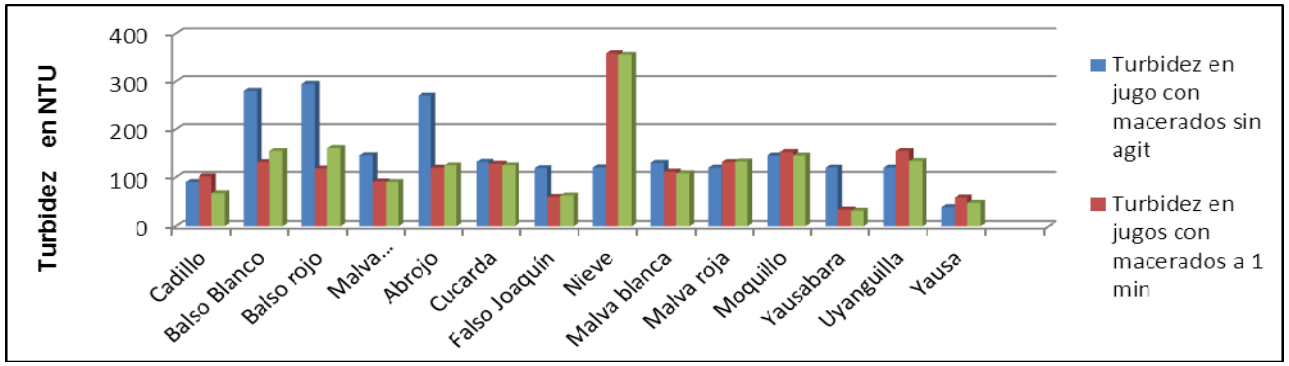


Figura 1. Resultados de turbidez de las 14 especies vegetales mucilaginosas

Resultados de toxicidad indican que es escaso o ninguna en saponinas, taninos, alcaloides y triterpenos. Los mejores valores de turbidez se aprecian para la, Yausabara, Yausa, Falso Joaquín, Malva monte y el Cadillo, con valores inferiores a 100 unidades FTU con agitación mecánica, catalogadas como arbustos y malas hierbas. En las especies vegetales nuevas, después de la Yausabara (Pavoniasepium A. St-Hil) sobresalen la Yausa y Falso Joaquín con valores inferiores a 70 NTU. El balso uno de los mucílagos más empleados tanto en Colombia como en Ecuador, a pesar generar sustancias mucilaginosas con alta viscosidad en sus extractos para las dos concentraciones estudiadas, la turbidez es superior a otras especies .

Resultados de clarificación de las cuatro mejores especies vegetales

Tabla 2. Turbidez según el tipo de mucilago después de la etapa de clarificación

Repetición	g/L	°C	%	Yausabara(T_{Yb})	Yausa (T_Y)	Cadillo (T_C)	Falso Joaquín(T_{FJ})
1	-1	1	-1	72,3	77	113	136
1	1	1	-1	59,7	85,3	80	98
1	-1	1	1	47,8	80,16	86,7	96
1	1	-1	1	99	119,7	143	159,7
1	-1	-1	1	138,3	140	188	170,3
1	-1	-1	-1	157	187,7	234,7	204
1	1	1	1	40,3	54	75,3	72
1	1	-1	-1	140,3	169,3	183	201,3

Tabla 3. Modelos ajustados según factores y variables respuesta de estudio

$T_{Yb}=94,3504-9,5254X_1-39,3163X_2-12,9829X_3+4,4746X1X_2-2,1921X_1X_3+2,0171X_2X_3+3,4746X_1X_2X_3$	98,9 %
$T_Y=113,967–7,2411X_1-39,8423X_2-15,5089X_3+2,7827X_1X_2-4,3839X_1X_3+8,4673X_2X_3-4,2411X_1X_2X_3$	98,7 %
$T_C=137,958-17,625X_1-492083X_2-14,7083X_3+6,54167X_1X_2+3,54167X_1X_3+6,9583X_2X_3+1,875X_1X_2X_3$	99,9 %
$T_{FJ}=142,167-9,41667X_1-41,6667X_2-17,6667X_3-6,0833X_1X_2+0,75X_1X_3+1,1667X_2X_3+2,75X_1X_2X_3$	99,4 %

La Tabla 3, se aprecia que los mejores resultados se obtienen cuando las variables están en sus niveles superiores de las tres variables estudiadas, empleando mucilagos en la clarificación de los jugos de caña. La temperatura de incorporación del mucílago, es el factor que mayor incide en valores bajos de turbidez, en los cuatro modelos obtenidos y en su mayor nivel, lo que se ratifica que en el proceso de clarificación, la incorporación del agente clarificante debe hacerse a elevadas temperaturas. El grado de significancia de las otras dos variables es menor respecto a la temperatura en una u otra planta y las interacciones de éstas, en dependencia de la naturaleza de la especie vegetal.

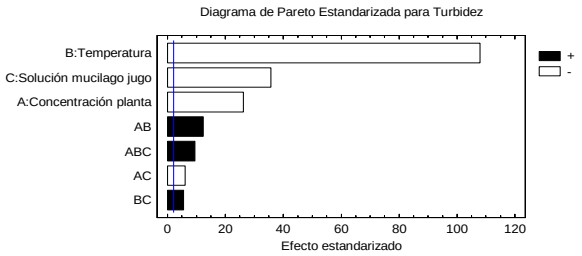


Figura 2. Turbidez de la especie Yausabara

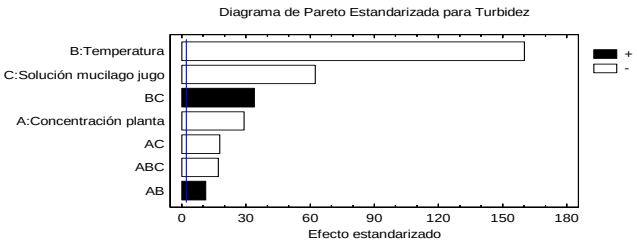


Figura 3. Turbidez de la especie Yausa.

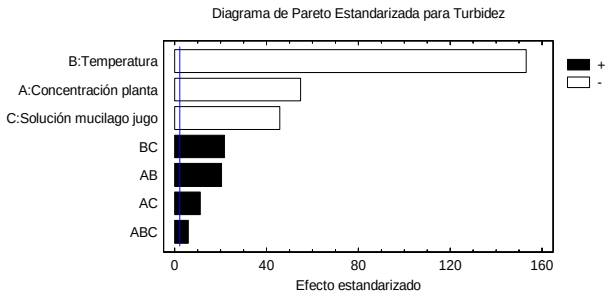


Figura 5. Turbidez de la especie Falso Joaquín.

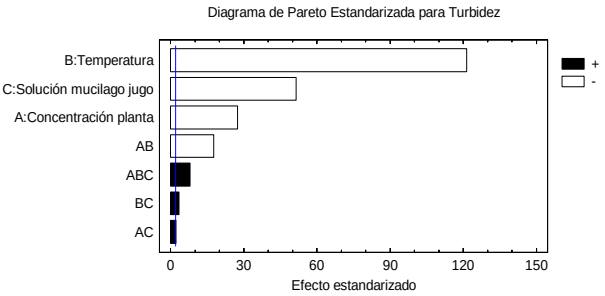


Figura 4. Turbidez de la especie Cadillo.

En la dependencia de la variable turbidez en las figuras 2, 3, 4 y 5, se aprecia significación en orden con la temperatura de incorporación del mucílago al jugo, por ciento de solución de mucílago incorporado y la concentración de la planta. Los resultados obtenidos estadísticamente se corresponden con lo obtenido físicamente, si se analiza la eficiencia del mucilago según la especie vegetal y la temperatura de incorporación en el jugo, para jugos claros y brillantes, que se alcanzaron únicamente con las plantas de yausabara (39 a 41,3 NTU) y yausa (53 a 55,5 NTU), valores de turbidez menores y similares a los obtenidos en un ingenio azucarero del país (46,15 NTU).

CONCLUSIÓN

Resultados de turbidez menores en jugos clarificados se logran en los valores máximos de las variables con el mucilago de Yausabara, seguido de la Yausa, Cadillo y Falso Joaquín, que valorado en el aspecto físico, especialmente en las especies vegetales Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*) y Yausa (*Abutilon insigne Planch*), en las cuales se obtienen jugos clarificados claros y brillantes, aspectos importantes para la calidad del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

Rodríguez, G. et al (2007). Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America. AGSF. Working Document 6. FAO. Roma. 9p.

Cruz, A. (2013). Continúa sin solución la crisis del sector panelero Colombiano. [En línea]. El País.com.co. Disponible en: http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/continua-sin-solucion-crisis-sector-panelero-colombiano. [04 de junio 2015]

FEDEPANELA, (2015). Ministerio de Agricultura aprueba recursos por 10.300 millones de pesos para el sector panelero. Publicado el Jueves, 07 Mayo 2015. Disponible:http://www.fedepanela.org.co/index.php/publicaciones/noticias/90-ministerio-de-agricultura-aprueba-recursos-por-10-300-millones-de-pesos-para-el-sector-panelero1. [02 de junio 2015].

Quezada, W. (2014). Procedimiento para la intensificación y reconversión de instalaciones paneleras. Tesis Doctoral. Programa tutelar de Ingeniería Química. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Cuba.

Baquero, M; Lucio-Paredes, A. (2010). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. Universidad Politécnica Salesiana. Revista La Granja Vol. II (I). pp. 44-46. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA.

MAG, (2006) La Agroindustria en el Ecuador. Un Diagnóstico Integral. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Con el apoyo del IICA. Ecuador. 5p.

Poveda, V. (2014). Ecuador, El cambio de la matriz productiva y los retos por la sustitución de importaciones. d+i LLORENTE & CUENCA, Consultora senior, www.dmasillorenteycuenca.com

Fernández, N. (2003). Estudio para la implementación de una planta de producción de panela. [En línea]. Universidad de San Carlos de Guatemala. 42p. http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/estudio-para-la-implementacion-de-una-planta-de-produccion-de-panela.pdf. [Consulta: 23 abril 2013].

Sentmanat, J. (2010). Clarifying Liquid Filtration. Chemical Engineering. October 2010. 38p.
Blanco, G; Zumalacárregui, L. (2006). Comportamiento de la viscosidad de la disolución mucilaginosa de cadillo Triunfeta empleada en la clarificación de jugos de caña". Revista Centro Azúcar. No 3. Cuba. 11-18 p
Batule, (2004). Batule, E. (2004). Fundamentos de Clarificación del jugo de caña y meladura. Serie azucarera 15. 15 BN-9977-54-D56X. Cuba.
Prada, L. (2002). Mejoramiento en la calidad de la miel y panela". PRONATA -CORPOICA- CIMPA. COLOMBIA. 21 -22p.
Aguiar, S. B. (2001). Bases técnicas para el establecimiento y manejo del cultivo de la caña en el departamento de Casanare. CORPOICA. Boletín técnico No. 24. Editora Guadalupe. Colombia. 56p.
Azain, A. (2002). Guía para la elaboración de panela. Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera. Municipio de Mocoa. Colombia. 12p.

ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES FACTORES EN LA EFECTIVIDAD DE TRES FLOCULANTES EMPLEADOS EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DE AZÚCAR CRUDO.

STUDY OF THE EFECT OF DIFFERENT FACTORS IN THE EFECTIVITY OF THREE FLOCULANTS IN THE CLARIFICATION PROCESS OF RAW SUGAR.

Marlen Ramil, Mauricio Ribas, Ruben Monduí, Wilber Gutierrez*
marlen.ramil@icidca.azcuba.cu; mauricio.ribas@icidca.azcuba.cu; ruben.mondui@icidca.azcuba.cu
UEB Manuel Fajardo*

RESUMEN
El incremento de la calidad del azúcar crudo, es en la actualidad, un factor decisivo en el mercado mundial con una gran influencia en los precios y el acceso a estos mercados. Para este fin, se hace necesario un trabajo sistemático de investigación dirigido a estudiar los factores que influyen en la calidad y eficiencia del proceso y la introducción de tecnologías eficientes.
Los factores que más influyen en la clarificación del jugo de caña son la estabilidad en el flujo de jugo alcalizado que entra al clarificador, el pH del jugo y su temperatura, la correcta operación del tanque flash y el tipo de floculante, sus dosis y calidad.
En el presente trabajo se evalúan tres floculantes mediante un diseño factorial multinivel, con el objetivo de seleccionar el floculante más apropiado para una UEB del occidente de Cuba. Se obtiene que los floculantes Z y K son los más efectivos y según el comportamiento de los precios en el mercado se podrán usar indistintamente.
Palabras claves: Floculantes, diseño de experimento, prueba de hipótesis,

ABSTRACT
The quality increment of the raw sugar is currently a decisive factor in the global market, with a great influence in the prices and the access to these markets. For this goal, it is necessary a systematic research work in order to study the different factors that influence in the quality and efficiency of the process and the introduction of more efficient technologies.
The factors that have more influence in the clarification process of the cane juice are the stability in the alkalized juice that enter in the clarificator, the juice pH and its temperature, the correct operation of the flash tank and the flocculants type, their doses and quality.
In the present work, are evaluated three flocculants by means of a factorial multilevel design, with the objective of select the most appropriated one for one Enterprise base Unit of the western part of Cuba. It is obtained that the flocculants Z and K are the most effective and because the behavior of the market prices, could be used indiscriminately.
Key words: Flocculantes, experimental design, hypothesis test,

INTRODUCCIÓN

El azúcar crudo continúa siendo una de las principales exportaciones y fuente de ingresos de divisas en Cuba. Para obtener un proceso eficiente y un azúcar con la calidad requerida, es necesario un control efectivo de todas las etapas del proceso, desde la preparación de la materia prima, hasta la obtención de los granos comerciales de azúcar.
La purificación de jugo de caña, constituye una de las etapas que se prioriza en la implementación de nuevas tecnologías, para el mejoramiento en el proceso de producción. Se ha mostrado especial interés en el área de clarificación, donde son eliminadas todas las impurezas contenidas en el jugo, que son susceptibles a la floculación por medios mecánicos y químicos (1), que implican el asentamiento y remoción por decantación

de las mismas, para producir un jugo claro de buena calidad, con la ayuda conjunta de la cal, el calor y la adición de floculante.
La efectividad en el proceso de clarificación, favorece la filtrabilidad del jugo en la estación de los filtros, la cual influye en las pérdidas de sacarosa en la cachaza, al tiempo que interviene en la formación de incrustaciones en los evaporadores y en la composición de estas. Cualquier partícula en suspensión que permanezca en el jugo clarificado, puede causar incrustaciones en el cristal de azúcar, de manera que el contenido de ceniza aumenta y el proceso de filtración se dificulta (2).
Los clarificación de bajo tiempo de retención, necesitan del uso de floculantes para que el tiempo de clarificación del jugo sea el mínimo posible, con el objetivo de evitar la inversión de la sacarosa, manejar mayores volúmenes de jugo en un menor tiempo, y sobre todo, obtener un jugo claro y brillante con la calidad requerida (3).
Los factores que más influyen en la eficiencia de la clarificación, son la estabilidad en el flujo de jugo alcalizado que entra al clarificador, el ph del jugo y su temperatura, la correcta operación del tanque flash y el tipo de floculante, sus dosis y calidad (4).
En este trabajo se evalúa, a través de un diseño factorial multinivel, tres floculantes en un ingenio del occidente de Cuba, durante el período de zafra; con el objetivo de seleccionar el floculante más apropiado para los jugos que allí son procesados, y poder obtener jugos más claros de buena calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de determinar el efecto de diferentes factores sobre un conjunto de variables de respuesta que miden la efectividad de los floculantes, se realiza un diseño factorial con diferentes números de niveles por cada factor.
Los factores considerados son el tipo de floculante (Q, Z, K) y los meses de evaluación (enero, febrero, marzo, abril, mayo).
Se construye una matriz de diseño octogonal, para estimar de forma independiente el efecto de cada uno de los factores. Se tomaron muestras de 15 días de cada mes, durante el período de zafra. En total se realizan 225 corridas experimentales que consisten en pruebas de probeta para evaluar la efectividad de los floculantes (a concentración de 5mg/L) sobre la velocidad de sedimentación, el porcentaje de compactación de lodos y el porcentaje de turbidez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de identificar posibles diferencias significativas de las variables de respuesta, con respecto a los tipos de floculantes y los meses en que se aplican, se realizó una prueba de hipótesis de análisis de varianza (ANOVA, para la velocidad de sedimentación, el porcentaje de compactación y el porcentaje de turbidez. Además se realizó una prueba de hipótesis (DUNCAN) para detectar cuales son los niveles de los factores, que se diferencian significativamente entre sí.
Los resultados de la tabla 1 indican, que los tipos de floculantes y los meses en que se aplican, tiene un efecto significativo sobre la velocidad de sedimentación con un 95 % de confianza.

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para la velocidad de sedimentación.

Fuente	***Suma de Cuadrados***	***Gl***	***Cuadrado Medio***	***Razón-F***	***Valor-P***
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Mes	63.5853	4	15.8963	36.83	**0.0000**
B:Floculante	7.61806	2	3.80903	8.83	**0.0002**
INTERACCIONES					
AB	6.31973	8	0.789966	1.83	0.0730
RESIDUOS	90.6303	210	0.431573		
TOTAL (CORREGIDO)	168.153	224			

En la tabla 2 se señala a los meses de febrero y marzo, como los de mayores velocidades de sedimentación y se diferencian significativamente con un 95 % de confianza, del mes de enero y de los últimos meses de zafra. Esta prueba de hipótesis, también permite asegurar, que el floculante Q produce velocidades de sedimentación significativamente inferiores a las reportadas por los floculantes Z y K. Además, que no existe diferencias significativas, entre las velocidad de sedimentación de los floculantes Z y K.

Tabla 2. Resultados de la prueba de hipótesis para la velocidad de sedimentación.

Mes	***Casos***	***Media LS***	***Sigma LS***	***Grupos Homogéneos***
Mayo	45	3.89844	0.0994121	X
Abril	45	4.39444	0.0994121	X
Enero	45	4.41956	0.0994121	X
Marzo	45	5.11044	0.0994121	X
Febrero	45	5.37	0.0994121	X
Floculante	***Casos***	***Media LS***	***Sigma LS***	***Grupos Homogéneos***
Q	75	4.3972	0.0770043	X
K	75	4.67507	0.0770043	X
Z	75	4.84347	0.0770043	X

En cuanto al porcentaje de compactación, no se observan diferencias significativas entre los tres tipos de floculantes, pero si entre los meses en que son aplicados. La prueba de Duncan, identifica a los meses de febrero y marzo, como los de mejores valores promedios de porcentaje de compactación, diferentes significativamente de los otros meses de zafra. Esto se ve reflejado en la figura 1.

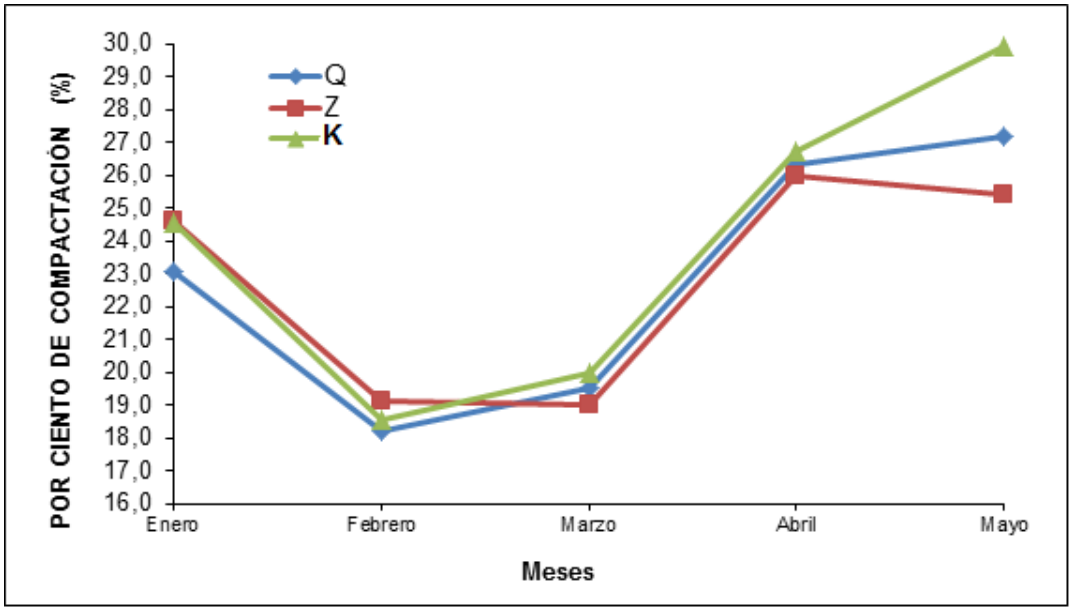


Figura 1. Valores promedios del por ciento de compactación de cada floculante según los meses de zafra.

La tabla 3, indica que el tipo de floculante empleado y el mes de aplicación, tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de turbidez con un 95 % de confianza y que la interacción entre ambos factores, no fue significativa. La prueba de Duncan (tabla 4), corrobora que el floculante Q presenta valor promedio de turbidez significativamente superior al de los otros dos floculantes, que no se diferencian significativamente entre ellos. El mes de enero, se caracteriza por tener los valores promedios de turbidez más elevados y se

diferencian significativamente de los otros meses de zafra, esto indica, que para obtener valores de turbidez menores del 20 por ciento, es necesario en ese mes, aumentar la concentración de floculante.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza para el porcentaje de turbidez.

Fuente	**Suma de Cuadrados**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Razón-F**	**Valor-P**
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Mes	2994.13	4	748.533	12.32	**0.0000**
B:Floculante	932.942	2	466.471	7.68	**0.0006**
INTERACCIONES					
AB	551.68	8	68.96	1.14	0.3408
RESIDUOS	12755.5	210	60.7403		
TOTAL (CORREGIDO)	17234.2	224			

Tabla4. Resultados de la prueba de hipótesis para el porcentaje de turbidez.

Mes	**Casos**	**Media LS**	**Sigma LS**	**Grupos Homogéneos**
Febrero	45	16.4889	1.1618	X
Abril	45	17.6889	1.1618	X
Marzo	45	17.9111	1.1618	X
Mayo	45	18.7111	1.1618	X
Enero	45	26.6444	1.1618	X
Floculante	**Casos**	**Media LS**	**Sigma LS**	**Grupos Homogéneos**
Z	75	17.3467	0.899928	X
K	75	18.8933	0.899928	X
Q	75	22.2267	0.899928	X

CONCLUSIONES

1. Los floculantes Z y K, difieren significativamente con un 95 % de confianza del floculante Q, en los valores de velocidad de sedimentación y porcentaje de turbidez.
2. No existen diferencias significativas con un 95 % de confianza, entre el floculante Z y K, con respecto a la velocidad de sedimentación, porcentaje de compactación y porcentaje de turbidez.
3. Los mejores resultados en cuanto a la efectividad de los tres floculantes, se obtiene en el mes de febrero.
4. En el mes de enero, para obtener valores de turbidez menores de 20%, es necesario trabajar a concentraciones de aplicación de floculantes superiores a 5 mg/L.
5. Se tendrá en cuenta el comportamiento de los precios de los floculantes Z y K, para ser usados indistintamente por la UEB, ya que ambos aportan los mismos beneficios.

REFERENCIAS

1. Gorjian, S. (2000). Proc. Aust. Soc. Sugar Cana Technol; p 405-409.
2. Doherty, W. (1999). Proc, Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 21, 381-388.
3. Masih, A. (2013). Research Journal of Recent Sciences. 2, 48-52.
4. Abdel, G.; Mohamed, I.; Babiker, E.;Yagoub, A.(2010). Int. J. Biol and Life Sci. 6, 88-91.

INFLUENCIA DEL CAMPO MAGNETICO ESTATICO EN LA CRISTALIZACION DE UNA SOLUCION IMPURA DE SACAROSA

INFLUENCE OF STATIC MAGNETIC FIELD IN A SOLUTION CRYSTALLIZATION IMPURE SUCROSE

Ing. Yaima Torres Ferrer, Dr C Guillermo Ribeaux Kindelán
Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA)
A.P. 4078. C.P. 90400. Santiago de Cuba. Email: ytorres@cnea.uo.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo se presenta la evaluación de la influencia de un campo magnético estático de moderada intensidad sobre el proceso de cristalización de una solución sobresaturada de sacarosa con impurezas. Se diseñaron y ejecutaron experimentos en los que se determinó la influencia de un campo magnético estático sobre la velocidad de nucleación y la morfología de los microcristales de sacarosa. Se emplearon valores de inducción magnética de 0.2774T y 0.3376T, los que se compararon con el experimento control. Los resultados mostraron que la aplicación del campo magnético en el rango de valores empleados provoca un retardo de un 50 % en el proceso de cristalización de la sacarosa en una solución impura, lo que propició una mejor uniformidad y regularidad en la superficie y bordes de los microcristales.
Palabras clave: *cristalización, campo magnético, sacarosa.*

ABSTRACT

This study evaluates the influence of a static magnetic field of moderate intensity on the crystallization of a supersaturated sucrose solution with impurities is given. They were designed and carried out experiments in which the influence of a static magnetic field on the nucleation rate and the morphology of microcrystals of sucrose was determined. Values of magnetic induction and 0.3376T 0.2774T were used, which were compared to the control experiment. The results showed that application of the magnetic field in the range of values used causes a delay of 50% in the process of crystallization of sucrose in an impure solution, which led to a better uniformity and regularity in the surface and edges of the microcrystals.
Keywords: crystallization, magnetic field, sucrose.

INTRODUCCIÓN

La cristalización es un proceso complejo que se caracteriza por las etapas de formación de sobresaturación, nucleación y crecimiento cristalino, así como de fenómenos secundarios, tales como agregación, aglomeración quebramiento, redisolución y maduración. Es ilimitada la diversidad y la cantidad de impurezas que pueden encontrarse en soluciones de azúcar y en general, todas ellas disminuyen la velocidad de cristalización.

En Cuba, donde la industria azucarera representa un reglón prioritario de la economía como en otros países, se ha notado un auge por las aplicaciones del magnetismo durante los últimos veinte años. El Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) de Santiago de Cuba es pionero en nuestro país en las investigaciones de este tipo.

Del análisis de la literatura científica de este tema, escasamente publicada durante los últimos 40 años, se puede concluir que los resultados presentados son en algunos casos, contradictorios y en la mayoría, carentes de una explicación científica del posible mecanismo de acción.

Por estas razones el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia del campo magnético estático sobre la velocidad de cristalización de soluciones sobresaturadas de azúcar en presencia de impurezas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento con tres tratamientos y cinco réplicas de cada uno. Un primer tratamiento en el cual la muestra no fue sometida al campo magnético, y los tratamientos dos y tres, en los que las muestras se sometieron a 0.2774T y 0.3376T de inducción de campo magnético, respectivamente. Se midió el tiempo de cristalización, controlando las variables: cantidad de impurezas, sobresaturación, temperatura y velocidad de agitación de la muestra.

El acondicionador magnético utilizado, consiste en una pareja de imanes de una aleación de ALNICO (Aluminio Níquel Cobalto). Sobre los polos, y para lograr la intensidad de campo deseada se colocaron placas de imanes de NeFeB (Neodimio Hierro Boro). Para la caracterización cinética de la cristalización de la sacarosa se utilizó el método fotométrico. Se midió la intensidad de la luz que atraviesa la solución de la sacarosa utilizando como fuente de luz un láser de Helio-Neón con una longitud de onda de 632,8 nm y una potencia de salida de 40mW en régimen continuo. Como detector luminoso se utilizó un fotodiodo del tipo FDS010con una respuesta espectral entre 200 y 1100nm, un área activa de 0,8nm^2,una corriente de oscuridad de 2,5 mA y una sensibilidad espectral máxima de 0,42 A/W (a 658 nm), acoplado a un multímetro digital MK 1325.

En la figura 1 se muestra la instalación experimental utilizada en los ensayos.

Fig.1. Instalación experimental utilizada en los ensayos.

Se trituró 120 g de azúcar crudo que se diluyó en 37.92 g de agua destilada, el pesaje se realizó en una balanza técnica digital a una temperatura 1 (100 ^{o}C). La disolución se vierte en un cristalizador de doble camisa, que consiste en un vaso cilíndrico encamisado con fondo plano y volumen útil de 300 ml, construido de vidrio Pirex.

Para controlar la temperatura de la disolución, se empleó un termostato. Para la agitación de la disolución se utiliza un agitador mecánico, la velocidad de agitación fijada fue de 1200 rpm. Con el objetivo de facilitar la disolución total de los cristales, la muestra se diluye durante 30 minutos a 100 ˚C y luego se reprograma el termostato a una temperatura de 20 ˚C con el objetivo de enfriar paulatinamente la muestra saturada facilitando condiciones de baja solubilidad para su posterior saturación y cristalización. Luego se toman los datos de temperaturas y sus valores de intensidad correspondientes cada 10 minutos.

El experimento se prolongó en el tiempo hasta que los cambios observados en la intensidad de la luz alcanzaron la saturación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se obtuvo la siguiente data:

ANÁLISIS DE LA FÓRMULA DE RENDIMIENTO POTENCIAL DE LA CAÑA EN CUBA COMO ELEMENTO DE PAGO Y CRITERIO DE EFICIENCIA
ANALYSIS OF CANE POTENTIAL YIELD FORMULAE IN CUBA AS PAYMENT ELEMENT AND EFFICIENCY CRITERIA

Dr. Ramón Consuegra del Rey. Ingeniero Químico.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
rconsuegra123@gmail.com

MSc. Marlen Alfonso Lorenzo. Ingeniero Químico.
marlen.alfonso@icidca.azcuba.cu

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.

RESUMEN

Se analiza la fórmula de Rendimiento Potencial de la Caña (RPC) usada en Cuba precisándose que variaciones de la extracción de jugo en el primer molino dan lugar a errores en el cálculo de los componentes de la caña y el RPC. Para solucionar lo anterior se propone el uso del método de la prensa hidráulica. Se demuestra que el valor del coeficiente que condiciona las pérdidas de azúcar según los no pol contenidos en la caña es bajo. Por último, se sugiere una fórmula de RPC.
Palabras clave: RPC, primera extracción, método de prensa, pérdidas.

SUMMARY

Cuban RPC formula is evaluated. Uncertainty in cane components and RPC calculations due to first mill extraction variations are demonstrated. Hydraulic press method is proposed in order to avoid uncertainty. It is also shown that sugar losses/cane non pol ratio coefficient is low. A new RPC formula is suggested.
Keywords: RPC, first extraction, press method, sugar losses.

INTRODUCCIÓN

La fórmula usada en Cuba para calcular el RPC según % fibra en caña incorporada al primer molino y % de pol y brix del jugo primario (JP) es:
RPC= 1,5 % Pol JP (1-(Fibra % caña + 6,5)/100)) – 0,5 % Brix JP (1- (Fibra % caña + 3)/100))..... (1)
Los términos Pol JP (1-(Fibra % caña + 6,5)/100))…. (2) y Brix JP (1- (Fibra % caña + 3)/100))…. (3).... pretenden representar a Pol % caña y Brix % caña respectivamente.
Los valores 6,5 y 3 (factores de pol y de brix) están relacionados con la extracción de jugo, pol y sólidos de las primeras unidades de molida. Menores valores de los factores responden a mayor extracción porque los valores de pol y brix del jugo primario se acercan más a los del jugo absoluto (caso en que los factores deben igualarse a cero). Con mayores valores de los factores ocurre a la inversa. El coeficiente de valor 0,5 (factor de pérdidas) representa la razón azúcar perdida / no pol en la caña (NP) y no contempla de manera explícita el efecto de la fibra sobre las pérdidas en el bagazo, tal como se hace según RPC = Pol % caña – A Fibra % caña – B NP % caña..... (4). El uso de (1) se ha generalizado en el país siendo objeto de polémica en varios escenarios. En el presente trabajo se analiza la fórmula actualmente usada y se sugieren alternativas de mejora.

MATERIALES Y MÉTODOS

La influencia de la extracción del primer molino se sustenta en una fórmula (Hoarau, 1969) donde la relación entre la extracción de jugo % jugo absoluto (EJ) y la de pol (EP) en sistemas de prensado de caña responde a EP = 0,685 EJ + 31,5..... (5)**.** Mediante (5), conociendo los valores de los % de pol, brix y fibra en caña y la

extracción de jugo, se calculó el % pol del jugo primario. A través de recopilación estadística de dos zafras de varios centrales se relacionaron los cocientes pol en caña/pol (N) de jugo extraído y brix de caña/brix de jugo extraído (N1), lo que dio lugar a una expresión matemática que posibilita determinar el brix del jugo sobre la base de N1= 1,02 N..... (r = 0,98).... (6). El RPC se calculó usando (1).

Para analizar el coeficiente relacionado con las pérdidas según el contenido de NP se compararon los valores reportados por un grupo de centrales con el coeficiente actual y con otros derivados de estandarizar valores de extracción reducida, formación de mieles en proceso y pureza meta de la miel final. La extracción reducida (ER) fue calculada mediante la expresión (Rein, 2007):

ER = (100- 0, 03936 (100-EP) (100-FC)*$PC^{0,6}$) / FC…. (7); donde EP: Extracción de pol en la planta moledora. Se relacionó ER con A (sacarosa en bagazo por unidad de fibra contenido en (4)) y se estableció el coeficiente que corresponde a una extracción reducida adecuada.

Para calcular la pureza meta (PM) de la miel final se seleccionó la ecuación reportada por Bruijn (Bruijn et al, 2002) PM = 39,99 – 19,6 log R/C..... (8) que responde a la práctica analítica cubana en cuanto a las mediciones de sacarosa y reductores (R) por Lane y Eynon. Los sólidos secos se calcularon mediante fórmula (Love, 2002) que toma en cuenta mediciones de brix refractométrico, (BXR) y Pol (POL) según Sólidos secos = BXR (1-0,00066 (BXR- POL))..... (9). Las cenizas (C) fueron determinadas por conductividad.

La pureza meta real fue convertida en aparente (PMA) mediante procedimiento empleado por Wright (Wright, 2005) de acuerdo con: Factor de conversión= K = (PR-PA) / (100-PA)... (10), siendo PA: Pureza aparente y PR: Pureza real. Resuelta la conversión, PMA = (PM – 100K)/ (1-K)... (11)

En Cuba se usa el término "formación de mieles" (FM) para definir la cantidad de miel producida en el proceso. FM es el resultado de dividir el volumen de miel final producido entre un valor teórico que responde a: Volumen teórico = 3,79 (0,036 Pmf+1,073) (NPJ)..... (12)

FM = 100 * (Volumen de miel producido/ Volumen teórico)... (13). Siendo NPJ: No pol en jugo mezclado % caña; y Pmf: Pureza de la miel final.

Se relacionó el recobrado de no azúcares (RNA) (no azúcares en miel final/no azúcares en caña) con FM, estableciéndose un valor de RNA según valor de FM considerado bueno para centrales cubanos. Con PMA y RNA se calcula el coeficiente B de acuerdo con: B = RNA * PMA/ (100 – PMA)... (13)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción de jugo % caña de los primeros molinos cubanos está en el rango 50 - 65 % caña (59 – 77 % jugo para Fibra % caña = 15,50). Considerando valores comunes de Pol % caña, Brix % caña y Fibra % caña de 12,00, 14,50 y 15,50 y haciendo uso de (1), (5) y (6) se obtienen los resultados contenidos en la tabla 1 de la que se deriva que un central que tiene un % de extracción de jugo igual a 50 pagará un 11 % más que uno con % de extracción igual a 65 por igual calidad de caña. Por otra parte, a menores valores de extracción se sobrestiman los valores de los % de pol en caña y brix de caña al usarse la fórmula con los actuales coeficientes 6,5 y 3, los que deben ser mayores para lograr determinación precisa de los componentes de la caña y el RPC. Es posible ajustar valores, pero hacerlo para cada ingenio no es práctico, más aun cuando en una misma fábrica se pueden producir alteraciones de la extracción. Lo anterior precisa la conveniencia de aplicar un método que ofrezca información fiable de los componentes de la caña y el RPC, que permita rápida ejecución para el pago, que no dependa de la extracción de primeros molinos y que se soporte en iguales medios técnicos. Un método que cumple las exigencias es la **medición directa de fibra, pol y brix mediante la prensa hidráulica.**

TABLA I. VARIACIÓN DEL RPC CON EL % DE PRIMER JUGO EXTRAÍDO

Extracción jugo % caña	Pol % de JP	Brix % de JP	Pol % caña según (2)	Brix % caña según (3)	RPC según referencia****	RPC según (1)
50	17,29	20,48	13,48	16,66	10,75	11,88
55	16,60	19,67	12,95	16,03	10,75	11,41
60	16,03	18,99	12,50	15,47	10,75	11,02
65	15,54	18,41	12,12	15,00	10,75	10,68

**** *Según RPC= Pol % caña – 0,5 (Brix % caña – Pol % caña)= 12- 0,5(14,5-12) = 10,75*

Los valores reportados por los ingenios del factor de pérdidas en las 2 últimas zafras son superiores al 0,5 de la fórmula (1). Muchas veces los coeficientes responden a estadísticas de zafras anteriores, sin embargo, los derivados de ingenios ineficientes significan menores RPC que afectan al proveedor de caña. Esto puede sustraerse considerando estándares eficientes de las pérdidas en mieles y bagazo.

Relacionando el coeficiente A con la extracción reducida se obtuvo que A = 0,7150 – 0,0071 ER…. (r = -0,98). Una ER de 95,50% es notable en centrales cubanos y en este caso A es igual a 0,037.

El resultado de relacionar a RNA con FM dio lugar a la ecuación RNA= 0,005 FM + 0,18 (r =0,93). La práctica cubana indica que un valor de FM igual a 110 % es característico de los ingenios que reportan menores valores de pérdidas en miel final. Para ese valor RNA es 0,73.

Pudiera usarse el promedio semanal de la razón reductores/cenizas y establecer un valor de PMA para el período. Atendiendo a ello se dispondría de un coeficiente B semanal derivado de (13).

De acuerdo con lo tratado, el cálculo de las pérdidas en proceso responden a PP = 0,037 Fibra % caña + 0,73 (PMA/100-PMA) (NA % caña)

La PMA (Pureza meta aparente) se calcula según razón reductores/cenizas en miel final y haciendo uso de las ecuaciones (8), (10) y (11).

Para valores comunes en cuanto a Pol % caña, Brix % caña y Fibra % caña de 12,00, 14,50 y 15,50 respectivamente y valores altos y bajos reportados acerca de PMA (37,93 y 30,20), las pérdidas % caña contenidas como parte de la fórmula de RPC son:

Para PMA = 30,20; Pérdidas = 0,037*15,50+0,73*(30,20/(100-30,20)*(14,50-12.00) = 1,36 % caña

Para PMA = 37,93; Pérdidas = 0,037*15,50+0,73*(37,93/(100-37,93)*(14,50-12.00) = 1,69 % caña.

Conocidas las pérdidas totales es posible calcular el factor de pérdidas a los efectos de compararlo con el 0,5 contenido en la fórmula actual.

Factor de mieles (cuando PMA = 30,20) = 1,36/(14,50-12,00)= 0,55

Factor de mieles (cuando PMA = 37,93) = 1,69/ (14,50-12,00)= 0,68

El valor del factor de mieles en todos los casos supera el 0,5 actual.

CONCLUSIONES

La fórmula de RPC empleada en Cuba presenta insuficiencias. La dificultad principal es la dependencia del RPC con la extracción del primer molino que da lugar a imprecisiones de los valores de Pol, Brix, No Pol % caña y RPC. Por otra parte, el coeficiente asociado a las pérdidas de azúcar no se corresponde con la realidad. Se propone el uso del método de la prensa hidráulica para determinar los componentes de la caña. Se sugiere una fórmula acorde a estándares relacionados con buena extracción reducida, valor adecuado de formación de mieles y pureza meta de las mieles finales.

REFERENCIAS

1. Hoarau M. (1969) Sugar Cane analysis by the hydraulic press method. The International Sugar Journal. November; 328-333.

2. Rein P. (2007) Cane Sugar Engineering. Verlag Dr. Albert Bartens, Berlin, 2007. 768 páginas.
3. Bruijn J; J. R Mac Gillivray; Koenig. S. (1972). Exhaustion of South African final molasses. Proceeding South African Sugar Cane Technologists Association. 46; 103-109.
4. Love DJ. (2002). Estimating dry solids and true purity from brix and apparent purity. Proceeding South African Sugar Technologists Association, 76; 526-532.2002.
5. Wright PG (2005). Process benchmarking in cane sugar factories. Proceeding Australian Sugar Cane Technologists; Vol 27; 437-453.

NUEVA ALTERNATIVA PARA DETERMINAR EL PRECIO DE LA CAÑA EN CUBA

AN NEW ALTERNATIVE FOR CANE PRICING IN CUBA

Marlen C. Alfonso Lorenzo*
*ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar).
Correo: marlen.alfonso@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
La industria azucarera cubana introdujo el pago de la caña por su calidad desde la década del 90 del S 20 y ha logrado impulsar la producción de azúcar, aunque no siempre con una distribución adecuada de los ingresos entre productores cañeros e industriales. Por ello se realiza un análisis de cómo lo hacen varios países azucareros y se hace una nueva propuesta que pudiera mejorar la situación actual con incentivos al cañero cuando entrega mayor contenido de azúcar y al industrial cuando incrementa la recuperación de la sacarosa entregada.
Palabras clave: precio caña, sistemas de pago, calidad caña

ABSTRACT
Cane pricing according to quality was introduced in Cuba at 90 decade of twentieth century. It had improved sugar production, however not always income is well distributed among cane producers and millers. According to this difficulty, cane payment in different countries was studied and a new proposal is done in order to improve incentives for the cane producers when cane sugar content is increased and for the millers due to better sugar recovery.
Keywords: cane price, cane payment system, cane quality.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de pago de la caña por su calidad definen como se distribuyen los ingresos entre productores agrícolas e industriales, y a su vez procuran incentivos para que ambos busquen incrementar la producción algo que no siempre se logra en su justa medida. Existe una diversidad de sistemas de pago y actualmente algunos incluyen la repartición de los ingresos que se originan de la diversificación a través por ejemplo, de la producción de etanol y electricidad. Normalmente la distribución de los ingresos va desde valores de 60:40 hasta 70:30 (1), generalmente con una mayor proporción para los cañeros.
Los sistemas implantados en la actualidad (1, 4, 5) pueden dividirse en dos amplios grupos:
1. Sistemas de precios fijos por la caña (como el que aplica la India o Pakistán).
2. Sistemas de reparto de ingresos (reparto fijo o variable) de acuerdo a la producción de azucares de diferentes calidades, melazas, o más recientemente la producción de etanol y electricidad (Brasil, Australia).

Por otro lado es muy importante aplicar formas confiables de muestrear y cuantificar la sacarosa y otras impurezas que entran en la fábrica y esto exige frecuentemente el uso de procedimientos de control cada vez más sofisticados (2, 3).
En Cuba el pago de la caña es proporcional al Rendimiento Potencial de la Caña (RPC) calculado en función de la fibra- F y el contenido de sacarosa y sólidos del jugo primario, tal como se hace en Australia, entonces RPC responde a:
RPC = 3/2 Pol de Jugo primario (1- (F+6,5)/100) – 1/2 Brix de jugo primario (1-(F+3)/100)
La fórmula que aplica Cuba en la actualidad para calcular el precio de la caña se basa en multiplicar un precio base de la caña (95 CUP) por una relación entre el RPC que entrega el cañero y un RPC plan que se

ha estado fijando de manera diferente en los últimos 25 años (unas veces un valor nacional y otras por ingenio), lo cual ha generado problemas de forma sistémica tanto para agrícolas como para industriales.
Existen varios aspectos por los cuales se propone un cambio en la forma de calcular el precio de la caña:

- ✓ Tendencia al comercio de varias calidades de azucares, con precios diferentes y atendiendo a esto sería justo que se le pagara al cañero de acuerdo a esos precios. En un futuro cuando la venta de electricidad y otros derivados representen un % importante en la estructura de ingresos de las empresas azucareras, estos renglones pudieran formar parte también de las formulas de distribución entre agrícolas e industriales.
- ✓ La forma actual de elaborar el precio de la caña ha tenido problemas, tanto cuando se considera un RPC plan a nivel nacional o por ingenios como referencia. En ambos casos está latente el peligro de que un año pueda no parecerse a años anteriores por cambios del clima, incrementos de recursos para desarrollar la cosecha y la zafra en general, etc.
- ✓ Mediante la forma actual de elaborar el precio de la caña no se evidencia el importante peso del RPC de cada cañero porque se solapa con la relación RPC real/RPC plan.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de la situación actual con respecto a cómo se conforma el precio de la caña y proponer una nueva alternativa teniendo en cuenta el precio del azúcar que se elabora y comercializa en cada central azucarero y el contenido de azúcar recuperable presente en la caña calculada en el caso de Cuba a través del denominado RPC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se simuló en Excel la sensibilidad de los valores de los precios de la caña en función del RPC y el precio del azúcar según la calidad que produce el central (crudo de alta Pol, crudo de muy alta Pol (VHP) o blanco directo). Además se calculó la relación de distribución de los ingresos entre agrícolas e industriales en función del RPC y el % de aprovechamiento fabril mediante (Rendimiento base 96/RPC)*100.
La ecuación utilizada para formar el precio de la caña (Pc) fue la siguiente:

Pc= Pa*0.009*(RPC-n)+c…… (Ec. 1)

Pa- precio del azúcar (en este término se puede adicionar lo correspondiente a los ingresos por miel y electricidad)
RPC- RPC real entregado por el cañero cada día o cada hora, si se dispone de un muestreo que permita diferenciar la calidad de su caña (sonda u otro).
n- Puede asumir valores entre 3 y 4 en dependencia de la relación de distribución de los ingresos entre agrícolas e industriales que se desee fijar, por ejemplo 4 para una relación 65:35 y 3,5 para una relación 70:30)
c- coeficiente que en el caso de Australia es 0,578 y que en nuestra propuesta es omitido atendiendo al poco peso que aporta

Premisas para los cálculos.

- ➢ Los valores de RPC se movieron entre 9 y 14.
- ➢ La relación de distribución de ingresos seleccionada (74:26) se alcanza para n=3 y cuando el RPC entregado es de 11,5, y el industrial lo aprovecha al 90 % (Rendimiento industrial-RI- 10.35).
- ➢ Se establecen primas para el precio de caña (Pc) para inicio y final de zafra cuando el RPC es igual o menor de 11, y las mismas se fijan de forma tal que se mantenga la relación de distribución de ingresos pactada entre agrícolas e industriales. Esto se debe realizar para incentivar a los cañeros a vender la gramínea en esos períodos.
- ✓ Se realiza la simulación con 3 precios de azúcar 1250 (crudo alta Pol), 1300 (VHP- crudo de muy alta Pol (mayor de 99.3)) y 1600 CUP/t (blanco directo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se aprecian los resultados de la simulación para las premisas expuestas anteriormente.

Tabla 1- Relación entre Precio de la caña- Pc, Precio del azúcar- Pa, Rendimiento Potencial de la Caña- RPC y distribución de ingresos entre agrícolas e industriales (% IA con y sin primas).

	Pa	RPC	Pc	Pc para RPC < de 10.5	RI si %aproves 90	C/A	% IA sin primas	%IA con primas	RI si % aproves 94	C/A	%IA y %apr al 94
Crudo	1250	9	67.5	75.5	8.1	12.3	66.67	74.56	8.46	11.82	
	1250	10	78.8	83.8	9	11.1	70.00	74.44	9.4	10.64	
	1250	11	90.0	93.0	9.9	10.1	72.73	75.15	10.34	9.67	69.63
	1250	**11.5**	95.6		10.35	9.7	**73.91**		10.81	9.25	**70.77**
	1250	12	101.3		10.8	9.3	75.00		11.28	8.87	71.81
	1250	13	112.5		11.7	8.5	76.92		12.22	8.18	73.65
	1250	14	123.8		12.6	7.9	**78.57**		13.16	7.60	**75.23**
VHP	1300	9	70.2	78.2	8.1	12.3	66.67	74.26	8.28	12.08	
	1300	10	81.9	86.9	9	11.1	70.00	74.27	9.2	10.87	
	1300	11	93.6	96.6	9.9	10.1	72.73	75.06	10.12	9.88	71.15
	1300	**11.5**	99.5		10.35	9.7	**73.91**		10.58	9.45	**72.31**
	1300	12	105.3		10.8	9.3	75.00		11.04	9.06	73.37
	1300	13	117.0		11.7	8.5	76.92		11.96	8.36	75.25
	1300	14	128.7		12.6	7.9	**78.57**		12.88	7.76	**76.86**
Blanco directo	1600	9	86.4	96.4	8.1	12.3	66.67	74.38	8.28	12.08	
	1600	10	100.8	107.8	9	11.1	70.00	74.86	9.2	10.87	
	1600	11	115.2	119.2	9.9	10.1	72.73	75.25	10.12	9.88	71.15
	1600	**11.5**	122.4		10.35	9.7	**73.91**		10.58	9.45	**72.31**
	1600	12	129.6		10.8	9.3	75.00		11.04	9.06	73.37
	1600	13	144.0		11.7	8.5	76.92		11.96	8.36	75.25
	1600	14	158.4		12.6	7.9	**78.57**		12.88	7.76	**76.86**

RI-Rendimiento industrial, **%IA**- % ingresos del agrícola, **C/A**- relación caña/azúcar

Se aprecia en la Tabla 1 que al incrementar una unidad en el RPC provoca un aumento de un 12,5 % en el precio de la caña, y que un incremento de un 22 % en el precio del azúcar (de 1250 a 1600 CUP/t) también provoca un aumento en el precio de la caña de igual proporción, lo cual incentiva a la cadena a lograr producciones de diversas calidades de azucares a partir de mayor calidad en la caña.

Cuando el proveedor agrícola entrega la caña con valores de RPC superiores a 13 puede acceder a una proporción de los ingresos mayor de un 75 %. El industrial bajo esas condiciones puede lograr revertir la distribución de los ingresos a su favor cuando el aprovechamiento del RPC es mayor de 90 % (por ejemplo al 94 %). En la Tabla 1 se aprecia que el industrial puede llegar a tener entre 2 y un 4 % más de los ingresos bajo las mismas condiciones de RPC y Pa.

CONCLUSIONES

- La ecuación propuesta logra garantizar la distribución de ingresos pactada entre agrícolas e industriales con una relación directa con la calidad de la caña expresada a través del RPC y del precio del azúcar sin tener que fijar un RPC plan.
- La aplicación de esta ecuación permite obtener incentivos importantes para agrícolas e industriales cuando se incrementa la calidad de la caña o del azúcar y cuando se incrementa la eficiencia fabril.

REFERENCIAS

1- MECAS (06) 04. OIA, 18 de abril de 2006. “Análisis de los sistemas de pago de la caña y la remolacha”.
2- Madsen L. R. and et al. JASST (Journal American Society of Sugarcane Technologists), Vol. 23, 2003. “Evaluation of a near infrared spectrometer for the direct analysis of sugar cane”.
3- Libros de métodos ICUMSA (2011 y 2013). GS 5- Capitulo de análisis y muestreo de caña.
4- Dixon P. B. and et al. Review of Marketing and Agricultural Economics. Vol. 56, No 1, April, 1988, page 27-35. “Pricing of Queensland Sugar Cane: appraisal of the present formula and a suggestion for reform”.
5- Le Gal P-Y. and et al. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. (2005) 79, page 416-427. “Impact of alternative cane payment systems and harvest scheduling on growers revenues”.

SISTEMA INFORMÁTICO PARA PERFECCIONAR LA COSECHA CAÑERA EN EMPRESAS AZUCARERAS CUBANAS

INFORMATIC SYSTEM FOR IMPROVE OF SUGARCANE HARVEST IN CUBANS SUGAR FACTORIES

MSc. Alejandro Álvarez Navarro [1], Dr. Cs. Ramón Rodríguez Betancourt [2]

[1] Universidad de Oriente, Cuba, alejandroa@eco.uo.edu.cu
[2] Universidad de Oriente, Cuba, ramonrb@eco.uo.edu.cu

RESUMEN
La reestructuración de la industria azucarera condujo a implementar métodos eficaces para optimizar la cosecha cañera en el proceso agroindustrial. Las Técnicas de Información y Comunicaciones, asociadas a los métodos de optimización, permiten la toma de decisiones acertadas a diferentes instancias del proceso productivo. Un momento importante en este esquema es la organización de la cosecha de la caña de azúcar. Asociada a esta problemática está la estrategia de corte, la cual constituye un problema a resolver, pues permite obtener mayores volúmenes de azúcar con la misma cantidad de materia prima. Se implementó un nuevo sistema informático soportado por una nueva variante de la programación meta con prioridades lexicográficas y teniendo en cuenta los nuevos cambios existentes para la determinación de la estrategia de corte. Los resultados experimentales muestran que se produce un impacto a nivel de planificación al disminuir el desfase e incrementarse la producción de azúcar.
Palabras clave: optimización, lexicográfico, cosecha cañera, estrategia de corte.

ABSTRACT
The restructure of the sugar industry, led to the implementation of efficient methods in order to enhance the sugar cane harvest in the agroindustrial process. The Information and Communications Technology (ICT), associated to optimization methods that may allow take the right decisions at different levels of the productive process. The organization of the sugar cane harvest is an important moment within this scheme. Associated with this problematic is the cutting strategy, which is a problem to be solved, and doing so, it will permit to obtain higher amount of sugar using the same quantity of raw material. Has been implemented a new informatic system, supported by a new branch of the goal programming with lexicographic priorities, that is designed with the new changes existing for determine the cutting strategy. The experimental results show that there is an impact at the planning level, as the cutting out of date decreases and the sugar production increases.
Keywords: optimization, lexicographic, sugar cane harvest, cutting strategy.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la situación que presenta el azúcar en el mercado mundial, la dirección del país ha escogido nuevos enfoques en cuanto a las prioridades del sector azucarero considerándolo de mayor importancia dentro de la economía con el objetivo de hacer frente a la demanda oscilante, de manera que siempre se produzca con un costo inferior al precio del azúcar en el mercado internacional. La industria azucarera requiere de un continuo y sostenido trabajo que le permita mantenerse como fuerza vital y decisiva en todo el proceso en que se desarrolla la economía cubana. [1]

Para el inicio de la zafra se deben distinguir dos momentos: la elaboración de un plan de corte como estrategia inicial y, seguidamente, la realización de esta estrategia, la cual se conoce como Programación.

El problema general de la estrategia de corte consiste en encontrar un ordenamiento previo de los campos de caña por variedades, cepas y edades para cada Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC), cada Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) y cada Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS). Este

ordenamiento también se realiza por tipo de cosecha, que puede ser manual o mecanizada. Además, esta estrategia de corte se propone minimizar el desfase y maximizar la producción de azúcar, a la vez que tiene en cuenta como restricciones: la existencia de caña por frente de corte; los días de zafra; la norma de tiro operacional por decena; la edad de las cepas; los lineamientos de corte de algunas variedades y cepas y las demoliciones.

Se considera que el establecimiento de una estrategia óptima de corte contribuye a disminuir los factores de pérdida de azúcar por el llamado desfase, ayudando a minimizar las decisiones improvisadas. No obstante, son tantas las alternativas a evaluar que no es posible lograrlo por los métodos empíricos y tradicionales. Por ello, se deben emplear las técnicas avanzadas de planificación y control como la modelación económico-matemática y los sistemas automatizados, proponiéndose lograr el mayor nivel de satisfacción de todas las metas impuestas en el proceso de programación y control de la programación del corte. El logro de tal objetivo debe contribuir a una disminución sustancial en los costos de producción, con el propósito de lograr mayores volúmenes de azúcar con la misma cantidad de caña.

Este trabajo de investigación está dirigido a implementar y poner a prueba un sistema informático para la estrategia de corte, el cual ha sido llamado SISCOR (Figura 1), y está asociado a modelos económico-matemáticos de programación meta con prioridades. Este sistema será utilizado en la empresa azucarera Paquito Rosales de Santiago de Cuba como fase de prueba para la determinación del estimado, la creación de la base de Pol [2], y la determinación de la estrategia óptima de corte así como su control.

Figura 1: Ventana Principal del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño del sistema se consideró:

- De la regresión lineal simple emplear el Método de los Mínimos Cuadrados con el Enfoque Matricial (MMCEM) para la creación de la base de Pol [3].
- El método de pesos de los tallos para el cálculo del estimado a todos los niveles [3].
- El método de formulación y el planteamiento del modelo de Programación Meta con Prioridades Lexicográficas que presenta una solución con mayor nivel de satisfacción [3].

Para la implementación del sistema se utilizó el lenguaje de programación C++ y se determinó qué información se debía mantener de forma persistente para el eficaz funcionamiento del sistema, por lo que se utilizó una base de datos en Microsoft Access. En el diseño se garantizó que la misma se encuentre en 3FN cumpliendo con los parámetros exigidos en el modelo Entidad-Relación, garantizando que no existan anomalías de actualización ni redundancias innecesarias en los datos almacenados. Concerniente al análisis, diseño y documentación del propio software se utilizó el Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

Este sistema consta de tres bloques fundamentales:

1. Bloque de importación y exportación de datos que comprende:
   - Importación de datos desde el sistema informático Sistema Integral de Cosecha y Estimado (SICE) utilizado por AZCUBA, a partir del cual se obtiene la relación de campos y su estimado molible.
   - Exportación de la información procesada por el SISCOR al sistema informático SICE.

- Creación de la base de Pol por zonas edafoclimáticas dividiendo la empresa azucarera en estas zonas. En este proceso se utiliza un programa de regresión lineal simple, sólo para la estimación puntual, que utiliza la curva:
  $y = a + bx + cx^2 + e$ (1)
  donde: y: es el porciento de Pol en caña; x: es el tiempo expresado en decenas de zafra.
  Esta curva se adapta perfectamente a la tendencia del Pol y como criterio de aceptación se toma un alto coeficiente de determinación R^2, que es el grado de dependencia de "y" con respecto a "x".
- Entrada de indicadores generales (nombre de la UEB central azucarero, fechas de inicio y terminación de la zafra, entre otros).

2. Bloque del algoritmo de solución utilizando la Programación Lineal Meta con Prioridades Lexicográficas para la determinación de la estrategia de corte, cuyas características esenciales son:
   - Cálculo del estimado cañero con las nuevas disposiciones y otros datos necesarios para el planteamiento del modelo matemático.
   - Implementación del algoritmo de programación meta lexicográfico dinámico para perfeccionar la determinación de la estrategia óptima del corte [4]. La solución hallada dará cumplimiento a las metas establecidas de acuerdo con la aparición o no de los sublogros en la base a nivel positivo. Esta información se refleja en los modelos de salida.
3. Bloque de los modelos de salida:
   - Obtención de los modelos Z-1 para la consolidación del estimado cañero. [5]
   - Solución al Modelo Económico-Matemático (MEM) de estrategia de corte decenal, la cual es dada por el modelo Z1-A o de estrategia mensual y Z2-A por frente de corte y a nivel de UEB central azucarero donde se puede observar el desfase. [5]
   - Compendio de la información obtenida a nivel de empresas provinciales y nacionales. Este proceso es contemplado en el SICE como teletransmisión. [5]

El modelo matemático utilizado para la determinación de la estrategia óptima del corte es del tipo de Programación Lineal Meta con Prioridades donde se realiza el siguiente análisis:
El primer conjunto de restricciones indica que todos los bloques sembrados con primaveras quedadas deben molerse en la primera etapa de la zafra, y los fríos a continuación. Los retoños deben ser molidos en toda la etapa de zafra y la distribución decenal debe ser exactamente igual al estimado de caña del bloque.
El siguiente conjunto de restricciones indica que los bloques sembrados con las cepas de ciclo largo y corto que se muelan en cualquier decena, no deben sobrepasar la norma de tiro para esa decena. Aquí se considera cada cepa hasta la decena que le es permisible su molida.
El próximo conjunto de restricciones garantiza que no se produzca desfase por edades en las cepas de ciclo largo y corto. Otra restricción garantiza el cumplimiento del plan de producción de azúcar, y la última garantiza la no negatividad de las variables.
La función objetivo comprende dos prioridades: los lineamientos establecidos y el cumplimiento del plan de azúcar.
Para resolver este modelo matemático se desarrolló un algoritmo lexicográfico donde el criterio de optimizar en la programación meta se sustituye por el de satisfacer. Luego deben ser observadas las reglas que se establecen de forma dinámica según los lineamientos establecidos para el ordenamiento de los bloques; de esta manera se obtiene la información primaria para la corrida exitosa del algoritmo. Se construyen dos tablas: en la primera se obtienen las normas de tiro decenales de cada bloque, y en la segunda, los porcientos de Pol por decenas. Teniendo en cuenta el criterio de continuidad de molida, se aplica el método de la esquina noroeste. La producción de azúcar se halla multiplicando y sumando la solución de la primera tabla por sus correspondientes estimados de Pol de la segunda tabla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presenta un estado comparativo de los planes obtenidos en la UEB central azucarero "Paquito Rosales" al aplicar el sistema SISCOR y los métodos tradicionales. Se demuestra que la empresa ha obtenido una potencialidad superior con el empleo del sistema SISCOR durante la zafra 2011-2012. Este

sistema informático propuso un rendimiento industrial de 1,07% por encima del obtenido con la aplicación del método tradicional, con un sobrelogro de 2 043,89 t de azúcar. La empresa planificó un desfase de 72% y los resultados del SISCOR plantean un 59%, lo cual representa un 13% menos. Esto se debe a un mejor ordenamiento en las variedades y cepas.

Tabla I: Comparación de los datos obtenidos en la zafra 2011-2012.

INDICADORES	(1) PLANIF DE LA EA	(2) DATOS FINALES SIST. SISCOR	(3) DATOS REALES	(3)/(1) %
ESTIMADOS (t)	191 017,42	191 017,42	187 101,56	97,45
AZUCAR PROD (t)	19 999,52	22 043,41	15 961,61	79,81
REND IND. (%)	10,47	11,54	9,58	91,49
RECOBRADO (%)	88,50	88,50	83,17	93,98
% MAT. EXTRAÑA:	8,24	8,24	9,87	119,00
MANUAL	2,50	2,50	3,55	142,00
MECANIZADA	9,32	9,32	12,05	129,00
DESFASE (%)	72	59	85	118
PLAN DE FRESCURA: hrs. Agrícolas: 5 y transporte 22				
PLAN DE CORTE	100			85

CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un sistema automatizado que garantiza:

- Una mejor aproximación de los valores de los coeficientes de la curva de Pol y el R^2, ya que se implementó el MMCEM.
- El cálculo del estimado es exacto, pues se tienen en cuenta las nuevas disposiciones emitidas por AZCUBA y se realiza una discriminación entre los frentes de corte.
- La correcta exportación del estimado cañero al SICE.
- La implementación de un nuevo algoritmo de programación meta lexicográfico para la determinación de la estrategia óptima del corte, que simplifica el procedimiento utilizado y permite dinamizar las restricciones y el orden en que serán evaluadas.
- La salida de los modelos en el formato utilizado por AZCUBA emitiendo reportes de fácil comprensión a los especialistas.
- El perfeccionamiento de la estrategia de corte disminuyéndose el desfase y obteniéndose una mayor producción de azúcar con la misma materia prima a nivel de planificación.

REFERENCIAS

1. PCC. Proyecto de Lineamientos del 6to Congreso del PCC [en linea]. La Habana: 2011.
2. Pérez, Andrea. Determinación de las curvas de Pol y pureza por variedad cepa y edad en la EA Rafael Reyes. Trabajo de Diploma en opción del título de Licenciado en Economía [CD-ROM]. Santiago de Cuba: 2001.
3. Rodríguez Betancourt, Ramón *et al*. Sistema Automatizado para la determinación de la estrategia de corte en el Central Chile. Memorias del ATAC Provincial [CD-ROM]. Santiago de Cuba: 1998.
4. Rodríguez Betancourt, Ramón. Estudio de Casos en Técnicas de Optimización, México: 1996.
5. MINAZ. Documentos Normativos del MINAZ. Cuba: 2005-2006.

GENERALIZACIÓN DEL MAINPACK COMO SISTEMA PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. EXPERIENCIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA

MAINPACK GENERALIZATION AS A SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL MAINTENANCE. EXPERIENCE IN THE CUBAN SUGAR INDUSTRY

Santiago Estupiñán Díaz, Irina Vargas Vargas

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), AZCUBA.
Vía Blanca # 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana.

Email: santy.ediaz@icidca.azcuba.cu, irina.vargas@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se expone la generalización del software MainPack en la industria azucarera cubana. Considerado como un sistema de gestión aplicado al mantenimiento, proporciona informaciones que permiten obtener un aumento de la rentabilidad de la empresa, una utilización más eficiente del factor humano, materiales disponibles, y mejoras en el desempeño y fiabilidad de los equipos industriales. Para el desarrollo de esta aplicación de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) se analizaron varias actividades: identificación del equipamiento, confección de sus fichas técnicas, control de incidencias y lubricación; diagnósticos, presupuestos, planificación y gastos de mano de obra y materiales; estos últimos servibles para el cálculo del avance físico en reparaciones y el avance económico. MainPack está instalado y en explotación en todos los centrales azucareros de Cuba, provocando un impacto positivo en varios aspectos de esas fábricas relacionados al mantenimiento, en la etapa de zafra y de reparaciones.
Palabras claves: *Software*, Mantenimiento, Planificación, Diagnóstico, Incidencias, GMAO

ABSTRACT

In this work the generalization of MainPack software in the Cuban sugar industry is presented. Considered a management system applied to the maintenance, provides information which can obtain an increased profitability, more efficient use of the human factor, available materials, and improvements in the performance and reliability of industrial equipment. For the development of this application maintenance management assisted by computer (CMMS) various activities were analyzed: the identification of the equipment, preparation of technical specifications of the equipment, the control of incidences and lubrication; diagnostics, along with other aspects such as budgets, planning and labor and materials costs; the latter serviceable for calculating the physical progress in repairs and economic advancement. MainPack shown that is installed and operating in all sugar mills in Cuba, causing a positive impact on various aspects of these factories, related to maintenance at the stage of harvest and repairs.
Keywords: Software, Maintenance, Planning, Diagnosis, Incidences, CMMS

INTRODUCCIÓN

El método organizativo empleado en la gestión del mantenimiento y las reparaciones en la industria azucarera, se basa en la experiencia acumulada por trabajadores y técnicos del sector a través de los años,

guiados por la necesaria búsqueda de procedimientos que optimicen una de las actividades de mayor influencia en la eficiencia industrial y en los costos de producción (1).
La industria azucarera, la cual realiza mantenimiento de tipo no continuado, cuenta actualmente con la herramienta MainPack. Este software, cuya primera versión (2) fue desarrollada en 1998, tiene la finalidad de integrar las actividades vinculadas al proceso de mantenimiento, y ofrecer así una solución de trabajo más ventajosa al técnico encargado de esta labor, durante las etapas de zafra y de reparaciones que conforman el ciclo de la industria azucarera.
En la actualidad MainPack se encuentra en explotación en todos los centrales azucareros del país, con muy buena aceptación por los técnicos de mantenimiento que lo han incorporado, como parte esencial de su labor, para el control del equipamiento, las incidencias, los trabajos a realizar, su avance físico y los gastos relacionados, la planificación del mantenimiento, y de la mano de obra y materiales, entre otras actividades asociadas al proceso de mantenimiento.

MainPack. Descripción y funcionalidades

MainPack es una aplicación informática para la planificación, organización y control del mantenimiento industrial y las reparaciones. Catalogado como un sistema de gestión aplicado al mantenimiento –GMAO o CMMS[1]–, proporciona la información necesaria para la toma de decisiones adecuadas con vistas a obtener un aumento de la rentabilidad de la empresa a partir de la utilización más eficiente del factor humano y materiales disponibles, y mejoras en el desempeño y fiabilidad de los equipos industriales (3).
Para la metodología de mantenimiento incluida en esta aplicación se tomó como base conceptual el Manual de mantenimiento para la industria azucarera (4).
Este *software* cuenta con varios módulos que permiten gestionar las diferentes actividades del proceso de mantenimiento. Estos módulos están asociados a cada equipo capturado en el sistema. El equipo es el centro de acción y control de todas las tareas, y cada uno es codificado en el orden tecnológico del proceso de producción y ubicado en el área correspondiente para su rápida localización dentro del esquema tecnológico de la industria.

Funcionalidades:
- Codificación de áreas y equipos.
- Fichas técnicas dinámicas (pasaporte de equipos).
- Módulo de ensayos predictivos, incluye gráficos.
- Módulo de repuestos críticos y básicos.
- Módulo de codificación de trabajos, incluyendo mantenimiento preventivo planificado (MPP).
- Módulo de presupuesto de mano de obra y materiales.
- Módulo de órdenes de trabajo.
- Módulo de incidencias y tiempo perdido, con sus respectivos gráficos.
- Módulo de trabajos pendientes.
- Módulo de paradas programadas.
- Módulo de indicadores de mantenimiento y trabajo con almacenes.
- Módulo de control de lubricantes.

El sistema fue diseñado e implementado para ser usado sobre la plataforma Windows. Al ejecutar MainPack se muestra la vista principal en la que se representan todas las áreas de la industria con sus equipos en el orden tecnológico del proceso. En la parte derecha de la ventana se pueden observar los datos del ingenio y los usuarios registrados en el sistema. Estos tienen privilegios de acceso de acuerdo con el tipo de usuario definido (administrador o usuarios del sistema).

[1] CMMS, por sus siglas en inglés, *Computerized Maintenance Management System*, sistema de gestión del mantenimiento asistido por computadora

Las salidas de esta aplicación incluyen reportes económicos de la actividad de mantenimiento que plasman gráficamente el tiempo perdido, el avance físico de reparaciones, los costos de mano de obra y materiales, así como las incidencias ocurridas en cada equipo en funcionamiento.

Evolución y generalización del MainPack

En el año 1998 se lanzó por primera vez la versión en FOXPRO para Windows del MainPack. Fue implementada ese mismo año en el central azucarero Pablo Noriega, en la antigua provincia de La Habana, y un año después en el central Washington, en Villa Clara. La misma versión fue introducida entre 2001 y 2002 en todos los ingenios activos de Santiago de Cuba. Esta primera generalización avaló la calidad del MainPack para la gestión del mantenimiento en la industria en ambas etapas del ciclo azucarero. Posteriormente esta versión en FOXPRO fue instalada en el central Progreso de Veracruz, en México, con excelentes resultados.

Dos años después, sale la versión 8.0 con el nombre de MainPack 32. Esta se desarrolló en Delphi (5), con el lenguaje de programación Object Pascal. Como manejador de base de datos se usó el Paradox.

En el año 2005 se comenzó la implementación de la versión 8.0 del sistema a escala nacional.

En 2010 se instaló la versión 8.2e en el central azucarero uruguayo ALUR. En esa oportunidad el cliente exigió adaptar el MainPack 32 a las condiciones de trabajo de ese ingenio. Cumpliendo con esos requerimientos se obtuvo la versión 10.0 que mostró cambios sustanciales a la versión originalmente instalada. La estructura de datos se realizó con el gestor de base de datos MySQL (6). Con esto se le dio más extensibilidad al sistema, logrando así utilizar varias aplicaciones a la vez en una red informática.

En el 2013 se hizo un levantamiento de información para diagnosticar el uso del MainPack en todos los ingenios azucareros del país, en el cual se analizaron dos aspectos: las funcionalidades que se explotaban y las TIC empleadas para eso, así como también las características y estado de las mismas.

Como repuesta a las conclusiones del diagnóstico, AZCUBA asignó tecnología para mejorar la utilizada en la explotación del MainPack y estableció implantar su nueva versión en todos los ingenios activos del país para gestionar el mantenimiento en la etapa de reparaciones de ese año 2013. Esto último, unido a la capacitación del personal encargado de manejar este software. Ambas líneas de desarrollo se cumplieron paulatinamente durante ese año y el 2014. En 2015 se comenzó a instalar en todas las empresas de derivados del país.

También se creó la lista de correo electrónico del MainPack que permite a los técnicos de los centrales debatir temas asociados, aclarar dudas respecto a su uso y mantenerse informados sobre todo lo relacionado al sistema.

Por otra parte, se activó nuevamente el flujo de información sobre avance físico y equipamiento. Esta información fluye a través del correo electrónico, desde el central hasta la sede nacional donde es consolidada mediante el Receptor del MainPack, una aplicación desarrollada específicamente para eso. Este receptor está instalado en las 13 empresas azucareras provinciales y en la sede nacional de AZCUBA. De esta forma el flujo de información relacionado con las reparaciones transita de forma ascendente y permite, en los niveles provincial y nacional, la toma de decisiones relacionadas con el proceso de mantenimiento.

Actualmente, AZCUBA tiene como política tener instalado y explotar el MainPack en las áreas de mantenimiento de los centrales azucareros y en las plantas de derivados del país.

Impactos producidos por la implantación del sistema

- **Automatización de la gestión del mantenimiento**: Se introduce una herramienta que automatiza el proceso de mantenimiento en el sector azucarero, estandarizándolo metodológicamente con la finalidad de gestionarlo eficientemente; y la consiguiente reducción de costos por concepto de mantenimiento y una influencia positiva sobre la producción de azúcar en los ingenios del país.

- **Confección del historial fabril:** Se describen las características técnicas del equipamiento, el comportamiento en operaciones, las reparaciones realizadas a los mismos (libro de incidencias e historial del equipo), garantizando así la efectividad operacional de las instalaciones y la disminución del tiempo perdido por causas industriales. Esto permite, además, la toma de decisiones en cuanto a la adquisición de equipos, piezas y componentes a nivel empresarial o nacional.
- **Avance físico de las reparaciones:** Permite contabilizar el avance de los trabajos de reparaciones y los gastos incurridos en cuanto a mano de obra y materiales. Con esto se logra un uso eficiente del presupuesto de reparaciones.
- **Racionalización de la fuerza de trabajo:** El esquema que propone el MainPack se basa en la realización de un balance del capital humano necesario para acometer cada tarea. Cada trabajador con determinada especialidad debe ser utilizado en los trabajos de forma racional y suficiente, de modo que no se utilicen más recursos de los necesarios.
- **En términos financieros**, el provecho de su aplicación en la industria azucarera, se puede observar por su contribución a la reducción de los costos asociados al proceso de mantenimiento.

CONCLUSIONES

- A través de una eficiente planificación, organización y control de las tareas de mantenimiento y reparaciones, el sistema MainPack facilita la toma de decisiones sobre el uso correcto del presupuesto destinado a desarrollar el proceso de mantenimiento en las etapas de zafra y reparaciones del ciclo azucarero, con el consiguiente ahorro de recursos materiales y financieros.
- El sistema MainPack contribuye a incrementar la vida útil de los equipos y componentes, los índices de disponibilidad y la productividad del equipamiento fabril.
- Este sistema informático, desarrollado en Cuba, específicamente para su industria azucarera, satisface los requerimientos de este sector y ahorra al país la compra de un sistema similar foráneo.

REFERENCIAS

1. Batista, C., Martínez, C. Sistema integral de gestión de mantenimiento para la industria de fabricación de azúcar de caña. La Habana, 2002.
2. Estupiñán Díaz, S. MainPack 32: software para la gestión y el control del mantenimiento en fábricas de azúcar y derivados. La Habana: ICIDCA, 2012.
3. García Garrido, S. Organización y gestión integral de mantenimiento. España: Editorial Díaz de Santo, 2003.
4. Manual de mantenimiento para la industria azucarera. La Habana: GEPLACEA, 1985.
5. Página oficial de Delphi en el sitio de Embarcadero [Internet]. 2015. Recuperado a partir de: http://www.embarcadero.com/products/delphi [Consulta 24 de febrero de 2015]
6. Sitio web oficial de MySQL [Internet]. 2015. Recuperado a partir de: http://www.mysql.com/ [Consulta 24 de febrero de 2015]

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE MÁS INCIDEN SOBRE EL RENDIMIENTO INDUSTRIAL AZUCARERO

ANALYSIS OF THE FACTORS THAT INFLUENCE THE MOST ON SUGAR CANE INDUSTRIAL OUTPUT

Autores: Mauricio Ribas García, Ramón Consuegra del Rey, Marlen Alfonso Alfonso

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). PO.Box 4026, La Habana 10400, Cuba. Fax: 53-7-988243.
e-mail: **mauricio.ribas@icidca.azcuba.cu**

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es, mediante el empleo de criterios tecnológicos y estadísticos, evaluar la influencia de diferentes factores sobre el rendimiento industrial azucarero y las principales pérdidas en el proceso de producción de azúcar. Los resultados indican que un incremento del uno por ciento de la pol en caña trae consigo un aumento del rendimiento en 0.89 % manteniendo constante los demás factores mientras que un incremento del uno por ciento de las pérdidas de bagazo y miel final implican una disminución de alrededor 0.11 % del rendimiento industrial. Otro factor significativo fue el aprovechamiento de la norma potencial (ANP) si esta variable aumenta en un 1 % entonces el rendimiento industrial aumentaría en 0.05 %. Mantener los valores del pH del jugo clarificado en norma también mostró una influencia significativa sobre el rendimiento industrial, por cada 1 % de aumento de esta variable el rendimiento se incrementa en 0.03 % manteniendo constante los otros factores.

Al interpretar los coeficientes del modelo log-log para las pérdidas de la miel final aparece como principal factor la pureza del jugo mezclado (Pza_{JM}) donde un 1 % de incremento de esta variable implica que las pérdidas en miel final disminuyan en 6.03 % manteniendo constante las demás variables del modelo.

Palabras claves: rendimiento industrial, análisis de regresión, componentes principales, miel final, bagazo.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the influence of different factors on the sugar cane industrial output and the main losses in the sugar cane production process by means of the use of technological and statistical criteria. Results show that a one percent growth of pol in sugar cane brings about a 0.89 % increase of the industrial output keeping the rest of the factors constant while an increase in a one percent of bagasse losses and final molasses involve a diminution of around 0.11 % of the industrial output. Another significant factor was the use of the commercial regulation (ANP, according to the Spanish acronym), if this variable increases in 1 % then the industrial output will increase in 0.05 %. Keeping the values of pH of the clarified juice in order also showed an important influence on the industrial output, every 1 % of growth of this variable, the industrial output reaches 0.03 % keeping the rest of the factors constant.

When analyzing the coefficients of the log-log model for the final losses in molasses, the purity of the mixing juice (Pza_{JM}) appears as a main factor , where a 1 % growth of this variable implies that the losses of the final molasses fall in 6.03 % keeping constant the rest of the variables of the model.

Keywords: cane industrial output, regression analysis, principal components, final molasses, bagasse

INTRODUCCIÓN

Estudiar desde el punto de vista tecnológico y estadístico el problema de la influencia de las diferentes variables de operación del proceso de producción de azúcar y el efecto de las principales pérdidas del proceso sobre el rendimiento industrial tiene una gran importancia ya que permite en base a hechos emitir

criterios y tomar acciones para disminuir las pérdidas en proceso, incrementar la producción de azúcar y obtener con ello un producto a un menor costo (Ortiz y otros, 2008).
En la industria azucarera cubana existe una base de datos amplia que necesita ser utilizada en forma eficaz para guiar el desarrollo productivo hacia escenarios más rentables. La utilización correcta de esta información ayudaría a la toma de decisiones con bases objetivas.
La metodología utilizada en este trabajo consiste en una combinación de criterios tecnológicos, análisis estadístico multivariado y ajuste de modelos (ecuaciones de regresión) que mejor describen el comportamiento del rendimiento industrial y las principales pérdidas en el proceso en función de aquellas variables tecnológicas de mayor incidencia sobre estos dos parámetros.
A los efectos del presente artículo se analizaron variables como la pol en caña (Pol_C), el aprovechamiento de la norma potencial (ANP), aprovechamiento del rendimiento potencial de la caña ($Aprov_{RPC}$), tiempo perdido industrial (TP_{Ind}), imbibición por ciento en caña ($Imb\%Caña$), por ciento de valores del pH del jugo claro entre 6.7 y 6.9 ($pHNorma$), pérdidas en bagazo ($Perd_{Bzo}$) , pérdidas en miel final ($Perd_{MF}$) , pérdidas en cachaza ($Perd_{Cach}$) y pérdidas indeterminadas ($Perd_{Ind}$), (Rein, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyó una matriz de datos con 39 variables cuantitativas continuas y 147 filas con la información final de tres zafras para cada uno de los ingenios que molieron en las mismas. Se utilizó el módulo de análisis factorial de la herramienta de software *SPSS Statistics versión 17.0* para realizar el análisis multivariado de componentes principales. Los modelos de regresión múltiples fueron obtenidos empleando el software *Statgraphics Centurion XV*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales con el objetivo de identificar aquellas variables más relacionadas con el rendimiento industrial y resumir la información contenida en la matriz de datos en un nuevo grupo de variables incorrelacionadas llamadas componentes principales. Se obtuvo que las primeras 6 componentes principales explican alrededor del 70 % de la variabilidad contenida en la matriz de datos.
La tabla 1 muestra los pesos que tienen las variables originales en las componentes principales. La primera componente explica alrededor del 28 % de la varianza de los datos y agrupa aquellas variables más correlacionadas con el rendimiento industrial.
La pol en caña (Pol_C) aparece muy relacionada con el rendimiento industrial ($Rend$) indicando que mientras mayor sea la cantidad de no azúcares presente en la caña menor va a ser el rendimiento industrial.
Aparecen las principales pérdidas en el proceso ($Perd_{Bzo}$,$Perd_{MF}$, $Perd_{Ind}$) con signo positivo lo que indica que a mayores pérdidas menor rendimiento industrial.
A continuación están los parámetros relacionados con la eficiencia con que se opere el proceso industrial: Aprovechamiento de la norma potencial (ANP), aprovechamiento del RPC ($Aprov_{RPC}$), tiempo perdido industrial (TP_{Ind}), imbibición por ciento en caña ($Imb\%Caña$) y por ciento de valores del pH del jugo claro entre 6.7 y 6.9 ($pHNorma$).
La segunda componente explica alrededor del 13 % de la varianza de los datos y expresa la relación directa que existe entre la pureza del jugo mezclado y el clarificado. Mientras menor sea el tiempo perdido agrícola mayor va a ser pureza del jugo mezclado y la pureza del jugo clarificado.
La tercera componente explica alrededor del 10 % de la varianza de los datos y está señalando una correlación directa entre el brix del jugo mezclado y el clarificado, así como, mientras menor sea el por ciento de materias extrañas entrando en el proceso mayor será el brix del jugo mezclado ($Brix_{JM}$) y el jugo clarificado ($Brix_{JC}$).

Tabla 1. Pesos de las variables originales en las componentes principales.

VARIABLES	COMP 1	COMP 2	COMP 3	VARIABLES	COMP 1	COMP 2	COMP 3
$Rend$	-0.890	0.228	0.199	Pza_{JC}	-0.391	0.778	-0.062
Pol_C	-0.631	0.511	0.310	$pHNorma$	-0.509	-0.308	-0.073
TP_{Ind}	0.692	0.340	0.048	$Bzo\%Caña$	0.473	0.144	-0.113
$Aprov_{RPC}$	-0.864	-0.250	0.076	$Imb\%Caña$	-0.525	0.290	-0.338
ANP	-0.721	0.202	-0.117	$Perd_{Bzo}$	0.831	0.063	-0.089
Mat_{Ext}	0.156	-0.019	-0.444	$Cach\%Caña$	-0.199	0.006	-0.077
C_{Quem}	0.089	-0.147	0.033	$Perd_{Cach}$	0.402	0.148	-0.313
$Fibra_C$	0.359	0.174	-0.116	$Perd_{MF}$	0.777	0.064	0.243
C_{Atra}	0.439	-0.232	0.177	$Perd_{Ind}$	0.713	0.357	-0.014
$Brix_{JM}$	-0.024	0.014	0.907	$Form_{Miel}$	0.417	0.367	0.224
$Brix_{JC}$	0.089	0.086	0.818	Pza_{MF}	0.450	0.335	-0.035
Pza_{JM}	-0.299	0.840	-0.084	TP_{Agri}	0.217	-0.463	0.076

Modelos de regresión

Tomando en cuenta las variables más relacionadas con el rendimiento industrial seleccionadas por el análisis de componentes principales se decidió ejecutar un análisis de regresión múltiple para evaluar el impacto de estas variables sobre el rendimiento industrial y obtener modelos con una buena capacidad de predicción de la respuesta observada.

Después de analizar diferentes variantes de modelos regresionales y comprobar los supuestos normalidad e independencia de los residuos que garantizan obtener los mejores estimadores linealmente independientes de los coeficientes del modelo, identificar posibles puntos anómalos y evaluar la bondad de ajuste de los modelos mediante el coeficiente de determinación R^2, se seleccionaron los siguientes modelos para describir el comportamiento del rendimiento industrial y las principales pérdidas en el proceso.

$$Rend = 2.99 + 0.79 \cdot Pol_C - 0.17 \cdot Perd_{Bzo} - 0.11 \cdot Perd_{Cza} - 0.11 \cdot Perd_{MF} - 0.09 \cdot Perd_{Ind} \quad \textbf{Ec. 1}$$
$R^2 = 96.1 \qquad Error\ estandar = 0.190$

$$Rend = 1.94 + 0.78 \cdot Pol_C + 0.008 \cdot ANP + 0.004 \cdot pHNorma - 0.15 \cdot Perd_{Bzo} - 0.11 \cdot Perd_{MF} \quad \textbf{Ec. 2}$$
$R^2 = 93.22 \qquad Error\ estandar = 0.240$

$$Perd_{MF} = 45.48 - 0.71 \cdot Pza_{JM} + 0.08 \cdot Form_{Miel} + 0.38 \cdot Pza_{MF} \quad \textbf{Ec. 3}$$
$R^2 = 98.7 \qquad Error\ estandar = 0.193$

$$Perd_{Bzo} = -7.17 + 3.43 \cdot Pol_{Bzo} + 0.46 \cdot Fibra_C - 0.05 \cdot Imb\%Caña \quad \textbf{Ec. 4}$$
$R^2 = 91.7 \qquad Error\ estandar = 0.419$

La prueba F de Fisher de análisis de varianza (ANOVA) para todos los modelos seleccionados permitió concluir con un 5 % de significación que las relaciones propuestas son adecuadas para describir el rendimiento industrial y las principales pérdidas en el proceso. Las pruebas t de Student para evaluar la significación de los parámetros del modelo dio significativa en todos los casos con un 95 % de confianza.

Hay que señalar que identificar estos factores como de alta influencia sobre el rendimiento industrial y las principales pérdidas en el proceso no representa el descubrimiento de una verdad nueva, la experiencia acumulada por los especialistas del sector, su conocimiento empírico de la realidad productiva de las empresas azucareras, les ha permitido identificar de alguna manera a estos factores por otra vía. Lo que realmente aporta los modelos anteriores es una medición de la sensibilidad de estos factores a partir de métodos científicos.

La Ec. 1 logra explicar el 96 % de la variabilidad presente en el rendimiento con un error estándar de las estimaciones de 0.19 lo que indica que los valores predichos por el modelo de rendimiento industrial en promedio se diferencian, como máximo, con los valores observados en 0.19 unidades porcentuales. El coeficiente de la Pol en caña muestra que por cada unidad porcentual que se incrementa esta variable el rendimiento aumentaría en 0.79 unidades porcentuales manteniendo constante las otras variables predictoras.
Por cada unidad porcentual de incremento de la pérdida en bagazo el rendimiento disminuye en 0.17 unidades porcentuales bajo condiciones constantes de las otras variables. Al aumentar en una unidad porcentual las pérdidas en miel final el rendimiento disminuye en 0.11 unidades porcentuales para iguales condiciones de las otras variables que intervienen en el modelo.
Al incluir en el modelo (Ec. 2) otras variables relacionadas con el rendimiento industrial como el ANP y $pHNorma$ se obtienen coeficientes muy similares de Pol_C , $Perd_{Bzo}$ y $Perd_{MF}$ a los de la Ec. 1. Por cada unidad porcentual de incremento del ANP el rendimiento industrial aumenta en 0.008 unidades porcentuales con condiciones constantes de las otras variables del modelo.
La Ec. 3 explica el 98.7 % de la variabilidad de las pérdidas en miel final con un error estándar de 0.193 lo que significa que los valores de pérdidas en miel final predichos por el modelo en promedio se diferencian, como máximo, en 0.193 unidades porcentuales con respecto a los valores observados. Por cada unidad porcentual de incremento de la pureza del jugo mezclado (Pza_{JM}) , las $Perd_{MF}$ disminuyen en 0.71 unidades porcentuales manteniendo constante las otras variables. Si la pureza de la miel final (Pza_{MF}) aumenta en una unidad porcentual entonces las $Perd_{MF}$ aumentarían en 0.38 unidades porcentuales manteniendo las otras variables en valores constantes.
En la Ec. 4 para predecir las pérdidas en bagazo aparece como variable predictora significativa además de la pol en bagazo (Pol_{Bzo}) y la fibra en caña ($Fibra_C$), la imbibición porciento en caña ($Imb\%Caña$) reflejando el efecto que tiene el agua de imbibición para aumentar la extracción en los molinos y por lo tanto disminuir las pérdidas en bagazo.
La Ec. 5 representa la correspondiente función log-log del modelo (Ec. 2). En este caso los coeficientes representan la elasticidad de cada factor con respecto al rendimiento industrial. Por cada 1 % de incremento de la Pol_C, el rendimiento aumentaría en 0.89 % manteniendo constante las otras variables. De forma similar se interpretan los otros parámetros.

$$\log(Rend) = 0.192 + 0.89 \cdot \log(Pol_C) + 0.05 \cdot \log(ANP) + 0.03 \cdot \log(pHNorma) - 0.11 \cdot \log(Perd_{Bzo}) - 0.11 \cdot \log(Perd_{MF}) \quad \textbf{Ec. 5}$$

$R^2 = 93.10$ $Error\ estandar = 0.02$

El modelo log-log (Ec. 6) para las pérdidas de miel final indica que un incremento del 1 % de la Pza_{JM} implica que las pérdidas en miel final disminuyen en 6.03 % manteniendo constante las otras variables. Si la Pza_{MF} se incrementa en un 1 % entonces las pérdidas en miel final aumentan en 1.53 % sin variar las condiciones de las otras variables.

$$\log(Perd_{MF}) = 18.88 - 6.03 \cdot \log(Pza_{JM}) + 0.94 \cdot \log(Form_{Miel}) + 1.53 \cdot \log(Pza_{MF}) \quad \textbf{Ec. 6}$$

$R^2 = 99.32$ $Error\ estandar = 0.014$

Comparación de casos extremos
A continuación se utilizaran los modelos Ec. 2, 3 y 4 para predecir el rendimiento industrial y las pérdidas en miel final y bagazo en una situación menos favorable de todas las variables predictoras y otra situación más favorable de estas variables. La tabla 2 muestra las situaciones mencionadas anteriormente calculadas a partir de los valores promedios y una desviación estándar alrededor de los mismos.
Los modelos predicen una diferencia de 2 unidades porcentuales del rendimiento industrial entre ambas situaciones mientras que las pérdidas en miel final se diferencian en 6 unidades porcentuales y las pérdidas en bagazo en 2.4 unidades porcentuales.

Tabla 2. Comparación entre dos comportamientos extremos de las variables independientes

	Pol_C	ANP	$pHNorma$	$Perd_{Bzo}$	$Perd_{MF}$	$\boldsymbol{Rend}$
SITUACIÓN PROMEDIO	11.80	63.02	89.22	5.38	9.83	**10.12**
SITUACIÓN MÁS FAVORABLE	12.54	73.4	100	4.39	8.19	**11.15**
SITUACIÓN MENOS FAVORABLE	11.06	52.64	77	6.37	11.47	**9.08**
	Pza_{JM}	$Form_{Miel}$	Pza_{MF}	$\boldsymbol{Perd_{MF}}$		
SITUACIÓN PROMEDIO	84.45	117.28	40.72	**10.38**		
SITUACIÓN MÁS FAVORABLE	86.22	101.28	39.25	**7.28**		
SITUACIÓN MENOS FAVORABLE	82.68	133.28	42.19	**13.47**		
	Pol_{Bzo}	$Fibra_C$	$Imb\%Caña$	$\boldsymbol{Perd_{Bzo}}$		
SITUACIÓN PROMEDIO	1.98	15.03	21.66	**5.45**		
SITUACIÓN MÁS FAVORABLE	1.74	14.58	25.15	**4.25**		
SITUACIÓN MENOS FAVORABLE	2.22	15.48	18.17	**6.66**		

CONCLUSIONES

- El análisis de componentes principales permitió identificar a nueve variables como las que más relación guardan con el rendimiento industrial: Pol_C , $Perd_{Bzo}$, $Perd_{MF}$, $Perd_{Ind}$, ANP , $Aprov_{RPC}$, TP_{Ind} , $Imb\%Caña$ y $pHNorma$.
- Los resultados de los modelos de regresión múltiples tienen una gran generalidad ya que fueron obtenidos a partir de una amplia muestra de datos de tres zafras recientes y todos presentan una buena bondad de ajuste.
- Estos modelos de regresión además de predecir adecuadamente el rendimiento industrial y las principales pérdidas del proceso permiten cuantificar el efecto de las variables que más inciden sobre estos parámetros.
- Los modelos presentados constituyen una herramienta útil para actuar desde el punto de vista tecnológico sobre el proceso y mejorar el control del mismo.

REFERENCIAS

- Ortiz, F.; Tobón, L. G.; Alvarado, A. M.; Torres, R.; Báez, O. (2008), Disminución de las pérdidas de sacarosa en la elaboración de meladura en un ingenio azucarero. Revista de Ingeniería Industrial 2 (1), 1-23.
- Luna González, C., A.; Cock, J., H.; Palma, A., E.; Díaz, L., V.; Moreno, C., A. Análisis de la productividad en la agroindustria azucarera de Colombia y perspectivas para aumentarla [en línea] Colombia: CENICAÑA, 2010, citado 20 de junio 2015. 21 pp. <Disponible en: http://www.cenicana.org> [30 junio 2010].
- Rodriguez, B., R.; Pacheco, F., U. (2011), Pronóstico del costo de producción de azúcar, en la provincia de Santiago de Cuba, mediante técnicas econométricas. Anuario facultad de ciencias económicas y empresariales. Número especial, 14-26.
- Rein, P. (2012), Ingeniería de la caña de azúcar. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin, Alemania.
- Statpoint inc. Statgraphics Centurion XV. [DVD]. Version 15.2.05. Virginia, EEUU, 2007.
- Polar Engineering Consulting. SPSS Statistics 17.0. EEUU, 2008.

MEDIO AMBIENTE

EL MANEJO DE LOS RESIDUALES LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA DE AZÚCAR Y SUS DERIVADOS EN CUBA EN EL CONTEXTO DE LAS LEGISLACIONES AMBIENTALES ACTUALES

THE MANAGEMENT OF SUGAR AND BY-PRODUCT LIQUID WASTES IN THE CONTEXT OF CURRENT CUBAN ENVIRONMENTAL LEGISLATION

Manuel Díaz de los Ríos, Felipe Eng y Yarelys Herrera
ICIDCA, manuel.diaz@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
La industria azucarera cubana, a la par de su programa de modernización y crecimiento, tienen por reto brindar respuesta a las cada día crecientes legislaciones medioambientales, máxime si se tiene en cuenta las perspectivas del crecimiento turístico y sus exigencias internacionales. El volumen de aguas residuales que esta industria genera hoy está en el orden de los 11,8 MM de metros cúbicos anuales con un potencial de crecimiento de 20 MM de metros cúbicos /año. La composición de los mismos limita su vertimiento directo y en muchos casos su empleo en fertirriego, si se exige por los órganos regulatorios, el cumplimiento de las normas establecidas, por lo que el sector deberá trabajar en un programa a medio y corto plazo que permita brindar soluciones a dicha problemática.
Palabras clave: Medioambiente, aguas residuales, normas .

ABSTRACT
The Cuban sugar industry, together with its modernization and growing program, have as target to provide response to growing environmental laws every day, especially if we there it is considered the tourism growing and its international requirements. The volume of wastewater generated by the industry is in the order of 11.8 billion cubic meters per year with a potential growth of 20 MM cubic meters / year. The composition of such wastewaters limits their direct dumping and often its use in irrigation, if regulatory bodies enforcement of established standards; so the industry should work in a program at medium and short time to provide solutions to this problem.
Keywords: Environment, wastewater, standard.

INTRODUCCION

La producción de azúcar a partir de la caña es considerada por muchos como un proceso contaminante del medio ambiente, lo que ha sido cierto durante muchos años en muchas donde se cultiva esta gramínea; sin embargo, también constituye una realidad demostrada que la agroindustria azucarera a partir de la caña puede devenir en proceso amigable con el medio ambiente siempre que se brinde un adecuado aprovechamiento de sus residuos y co-productos y se apliquen buenas prácticas en el manejo del agua y la energía.

Todo ello, sin lugar a dudas, ha sido posible gracias a las cada día más exigentes regulaciones internacionales para la preservación del medio ambiente. En Cuba las legislaciones medioambientales han venido ganando relevancia en los últimos 5 años, a pesar de aun no son adecuadamente implementadas; tal vez como protección de sectores industriales que aun manifiestan dificultades financieras para hacer frente a estos retos, e incluso, a los propios retos productivos.

Para la agroindustria azucarera cubana las regulaciones medioambientales más importantes son aquellas vinculadas con el manejo de los residuales líquidos; la norma NC27-2012 que regula “el vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado”, la norma NC521-2007 la cual regula “el vertimiento de residuales a la zona costera y aguas marinas” y la norma NC855-2011 que regula “la utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de

azúcar". El propósito del presente trabajo es debatir sobre la forma en que la industria azucarera está o no preparada para hacer frente a los retos de estas legislaciones.

DESARROLLO

El procesamiento de la caña de azúcar en Cuba genera diversos tipos de efluentes líquidos en dependencia de las características del combinado agroindustrial que se trate, pero tres de ellos resultan ser los más relevantes, tanto por su composición, como por su volumen: efluentes de la producción azucarera en sí, vinazas o aguas residuales resultantes de la producción de etanol y aguas residuales resultantes de la producción de levadura forrajera o levadura torula, como también se le conoce.

Entre ellos, los efluentes provenientes de la producción de azúcar, son los que presentan más alternativas de reducción, pues además de ser los menos agresivos, la solución se facilita dado a que el agua que acompaña a la caña es superior a la que demanda el proceso, por lo que una adecuada política de reutilización de esta contribuirá de manera efectiva a la solución del problema.

Generación de aguas residuales

A nivel internacional el volumen de residuales que generan los centrales azucareros ha decrecido debido a la implementación de políticas para la conservación y reutilización del agua, así como por la incidencia de las legislaciones medioambientales. De esta forma, en Brasil el índice de consumo de agua descendió en el 2010 hasta menos de 2 m^3/t de caña, mientras que a mediados de los 70s poseía un índice de entre 15-20 m^3/t de caña (Agencia Nacional de aguas, 2009). Reportes de México de la década del 70 también brinda indicadores de emisión de residuales de 15,6 m^3/t de caña (Diseños Hidráulicos y tecnología ambiental S.A., 1975).

Los residuales provenientes de la producción de azúcar en Cuba, si bien no resultan ser los más agresivos, si son los más voluminosos, tanto por el volumen de agua manejado, como por la cantidad de ingenios disponibles. El índice de generación de aguas residuales por los ingenios azucareros se estima en 0,4-0,5 m^3/t de caña molida y su volumen global está en el orden de los 8,2 MM de m^3/año, con una perspectiva de crecimiento de hasta 12-14 MM de m^3/año.

Los residuales líquidos resultantes de la industria alcoholera son los más conflictivos, tanto por el volumen como por la composición orgánica e inorgánica de los mismos. El volumen de vinazas depende de varios factores, entre los que cabe destacar el tipo de tecnología empleada para la obtención de etanol, la utilización o no de re-hervidores en las columnas, el grado alcohólico del vino, el cual está influenciado por la eficiencia en fermentación, la recuperación o no de levadura y el tipo de materia prima empleada, entre otros. Los índices de generación de vinazas de las destilerías cubanas, estimados a partir de sus valores promedios de eficiencias en fermentación y destilación, el grado alcohólico alcanzado y el contenido medio de azúcares totales en las mieles es del orden de 17,9-18,3 L/L de etanol, por lo que el volumen de vinazas generadas se estima en los 2,3 MM de metros cúbicos anuales y un potencial de 3,7 MM de metros cúbicos al año.

Por su parte, la producción de levadura torula cuenta con tres fábricas activas, dos de las cuales producen levadura a partir de vinazas de destilería y una tercera que opera con mieles. El índice de generación y el volumen de aguas residuales de esta industria se estiman en los 130 m^3/t de levadura y el volumen anual está en el orden de los 1,3 MM de metros cúbicos anuales para un volumen de producción deprimido, pero cuya generación potencial podría alcanzar los 3 MM metros cúbicos anuales.

En resumen, la industria de azúcar y sus derivados genera hoy día un volumen de efluentes que alcanza los 11,8 MM de metros cúbicos anuales, con un pronóstico creciente en correspondencia con el crecimiento cañero proyectado y el incremento en el aprovechamiento de las capacidades instaladas, el que puede superar los 20 MM de metros cúbicos anuales.

Composición de los residuales y conflictos con su vertimiento

En la tabla 3 de la norma NC27-2012 se resumen las regulaciones para el vertimiento de los residuales a cuerpos receptores según la categoría de este. Si se comparan los resultados de la tabla 1con dicha norma se

evidencia que las aguas residuales provenientes de la producción de azúcar y sus derivados cumplen solo algunas escasas especificaciones para su vertimiento a cuerpos receptores (cuadros sombreados en gris en tabla 1) y que superan los límites menos exigentes entre 3 y 4000 veces. Es obvio que constituyen aguas residuales que demandan algún tipo de tratamiento previo a su disposición o reutilización.
Los valores reportados en la tabla 1 constituyen valores promedios de diversas industrias durante varios años, por lo que la gran variabilidad y dispersión de algunos de ellos se deben a la diversidad de condiciones que existen en las fábricas, variedad de caña, tipo de suelos, condiciones de cosecha y la forma en que se proyectan en su política medioambiental, entre otros.
A pesar de que todos los indicadores de la tabla deben ser cumplimentados previo a una acción de vertimiento y que la reducción de algunos de ellos exige de la introducción de tecnologías de tratamiento que involucran inversiones de cierta envergadura: tratamientos anaerobio, aerobios o ambos, concentración y otros, algunos parámetros pueden ser reducidos mediante acciones de mejora u optimización en los procesos de producción que los generan; tal es el caso de los contenidos elevados de nitrógeno y fósforo en las vinazas o efluentes de la producción de levadura, cuyo origen puede deberse a excedentes de nutrientes durante la producción de etanol o levadura. También los valores de pH y sólidos suspendidos pueden ser introducidos en rango con acciones e inversiones de baja magnitud.
La reducción de la magnitud de parámetros de parámetros como DQO y DBO demanda de procesos biotecnológicos de baja a alta complejidad, mientras que la reducción de la conductividad ya requiere del empleo de técnicas como la osmosis inversa y electro precipitación, entre otras.

Tabla 2: Características de las más importantes aguas residuales resultantes de la producción de azúcar y derivados en Cuba-

	Unidad	Residual azucarero	Vinaza	Residual de levadura torula *
pH	Unidades	4,28 ± 1,04	4,22 ± 0,34	4,2
Conductividad electrica	µS/cm	4980 ± 5480	11045 ± 6760	
Temperatura	C	30-40	>70	30
Grasas y aceites	mg/L	163 ± 231	Ausente	Ausente
Materia flotante		Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables totales	mL/L	NR	18560 ± 18100	NR
DBO	mg/L	8323 ± 3379	23000 ± 8049	7400
DQO	mg/L	22931 ± 12062	51802 ± 16033	12300
Nitrógeno total	mg/L	98 ± 139	370 ± 270	120
Fósforo	mg/L	130 ± 171	245 ± 242	230

*. Valores reportados por Valdés, E, Agosto 2007, Venezuela, presentación a PDVSA

Algunos parámetros guardan estrecha relación entre sí, por lo que una acción sobre uno de ellos puede propiciar la reducción en el otro; tal como ocurre entre la conductividad y los sólidos fijos totales o solidos solubles totales, la DQO y los STV, y la DQO con la DBO.

Empleo de las aguas residuales provenientes de la industria de azúcar y derivados en el fertirriego de la caña de azúcar.
La utilización de aguas residuales como agua de riego y fertilización de la caña, dado el contenido de potasio y otros nutrientes que estas poseen tiene sus antecedentes en las experiencias Brasileras con el riego de las vinazas y se rige en Cuba por la norma cubana NC855: 2011. Dicha norma, a diferencia de las

legislaciones en Brasil, establece que para el caso de las vinazas de destilerías, las mismas deben ser mezcladas en el momento de la aplicación con residuales procedentes de la producción de crudo u otra fuente en proporciones de 1:6 a 1:10. Ello indudablemente, encuentra explicación en las diferencias existentes entre las vinazas cubanas y las brasileras, donde la gran mayoría de las destilerías emplean mezclas de miel final y jugos diluidos, e incluso, solo jugo, lo que propicia que los valores de carga orgánica y concentración de potasio sean inferiores a los reportados por las destilerías cubanas, donde solo se emplean mieles para la fermentación; estas diferencias han sido reportadas en la literatura por diversos autores (Morandini, J.M. 2006; Johnson, T., 2009), quienes reportan que solo en términos de contenido de potasio, las vinazas provenientes de la fermentación de mieles tiene 1,71-2,25 veces más potasio que las de mezclas de jugos con mieles y 3,3-6,5 veces más que las reportadas para la fermentación de solo jugos. Similares relaciones se presentan para la DQO y el resto de los parámetros. En Cuba, la aceptación de las aguas residuales en el fertirriego se determina por el cumplimiento de los parámetros reportados por la tabla 1 de la norma NC855:2011.

Si nos referimos solo al pH y tomamos como referencia la caracterización de la tabla 1 los residuales azucareros clasifican como “malos”, a no ser que se adopten acciones correctivas para esta variable. La conductividad eléctrica y las sales solubles totales guardan relación entre sí, y para nuestro caso hay ingenios donde estos valores pueden quedar fuera de norma.

CONCLUSIONES

Resulta obvio que la industria del azúcar y sus derivados en Cuba no está adecuadamente preparada para dar una respuesta satisfactoria al cumplimiento de las legislaciones ambientales nacionales actuales, en materia de vertimiento, e incluo en materia de riego, donde en ocasiones no se cumplen los requisitos de dilución establecidos. La obsolescencia tecnológica, la baja eficiencia y las violaciones de la disciplina tecnológica en algunas industrias inciden en la agresividad de los efluentes generados. Definitivamente, la creciente actividad turística en el país obligará a los organismos regulatorios a exigir cada día con mayor fuerza el cumplimiento de las legislaciones ambientales, por lo que se impone elaborar programas a corto y mediano plazo que garanticen la continuidad de la producción sin la afectación ambiental que hoy algunas industrias alcanzan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NC27-2012, Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado- Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización.

NC855-2011, Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar. Oficina Nacional de Normalización.

NC 521-2007, Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización.

Morandini, J.M. (2006), Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da industria sucroalcooleira, Dissertação apresentada à faculdade de engenharia da unesp - campus de Bauru, para obtenção do título de mestre em engenharia industrial, Bauru – sp,

Johnson, T. (2009), Estudo da utilizaçao de vinhaça no preparo da cuba e na fermentaçao alcoólica, Riberão Preto, Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre en Tecnología Ambiental, lSP.

Agencia Nacional de aguas, (2009) “Manual de conservação e reúso de agua na agroindústria sucroenergetica”, Brasilia.

Diseños Hidráulicos y tecnología ambiental S.A. (1975), Uso del agua en la industria azucarera, Tabasco, México.

GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS OLEOSAS MEDIANTE COLUMNA RELLENA CON BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF OLEAGINUOIS WATER BY FIX BED COLUMN FILLED WITH SUGAR CANE BAGASSE.

Pastora de la C. Martinez Nodal[1], Elena Rosa Dominguez[1], Iván Rodrigué Rico [2], Jorge Leiva Mas[2].

[(1).]Centro de Estudio de Química Aplicada. Universidad Central de Las Villa. Carretera a Camajuini Km 5. Santa Clara. Villa clara. Cuba. c/p 54830.
[(2)] Departamento de Ingeniería Química Universidad Central de Las Villa. Carretera a Camajuini Km 5. Santa Clara. Villa clara. Cuba. c/p 54830.

Resumen.
A partir del diagnóstico ambiental realizado en el proceso de centrifugación del combustible, utilizado como materia prima para la generación de energía eléctrica distribuida en las CE que operan con diesel y la caracterización físico-química del agua residual oleosa (ARO) que se genera, se realizó la evaluación de impacto ambiental que estas aguas provocan si son vertidas el medio sin tratamiento alguno. Con esta información se realizó una matriz de permitió identificar las acciones impactantes y los factores afectados.
Partiendo de la caracterización físico-química del ARO se propone gestión ambiental sustentable, que permita mitigar los impactos ambientales, mediante una columna de lecho fijo rellena con bagazo de caña de azúcar como biosorbente para la remoción de los hidrocarburos presentes. Los estudios realizados demostraron que el bagazo de caña de azúcar tiene potencialidades como biosorbente de hidrocarburos, lográndose una remoción significativa del indicador de la contaminación hidrocarburo total de un 65%.
Palabras claves: aguas oleosas, biosorbentes, bagazo de caña de azúcar, remoción de hidrocarburos.
Abstract
From the environmental assessment made in the process of centrifugation of fuel, used as feedstock for the generation of electricity distributed in the EC to operate with diesel and physico-chemical oleaginous water (OW) characterization is generated, He conducted the environmental impact assessment if these waters are discharged causing the medium without any treatment. With this information an array of shocking actions identified and factors affected was performed. Based on the physico-chemical characterization of OW sustainable environmental management, allowing mitigate environmental impacts, using a fixed-bed column filled with sugar cane bagasse as biosorbent for removing hydrocarbons present it is proposed. Studies showed that sugar cane bagasse has potential as hydrocarbon biosorbent, achieving significant removal of indicator of overall hydrocarbon pollution of 65%.
Keywords: oleaginous water, biosorbents, sugar cane bagasse, hydrocarbons removal.

Introducción.

Las aguas oleosas provienen de diversas fuentes y varían ampliamente en la composición y propiedades físicas. Un factor común en ellas, es que contienen tanto aceite como impurezas, gruesas y finas que forman una emulsión estable y un alto contenido de hidrocarburos. El tratamiento del agua oleosa es por tanto una tarea difícil, la sedimentación en el campo gravitatorio en algunos casos es lenta y frecuentemente una operación inefectiva que requiere mucho espacio y algunas veces requiere de cantidades excesivas de productos químicos, por lo que se debe tener en cuenta su procedencia y calidad para proponer una solución propia y viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Investigaciones recientes han

demostrado que diferentes materiales pueden ser empleados como biosorbentes de hidrocarburos. Tal es el caso de fibras de palma, coco, caña de azúcar, algunas algas (buchón de agua), tallos de flores, cabellos humanos, plumas de pollos, cáscara de guayaba, entre otros [1]. Estudios realizados [2] sobre biomateriales lignocelulósicos han aportado resultados significativos en la remoción de hidrocarburos. Entre ellos se destaca el bagazo de caña de azúcar por ser este un residuo de la industria azucarera de bajo costo, buena capacidad de biosorción y que una vez utilizado aumenta su poder calórico y puede ser reutilizado para la generación de energía, en diferentes procesos**.** El presente trabajo tiene como objetivo proponer gestión ambiental sustentable que permitan reducir el poder contaminante de las ARO mediante la utilización de una columna de lecho fijo rellena con bagazo de caña de azúcar como biosorbente.

Materiales y métodos

1. Diagnóstico ambiental. Se identificación y descripción de los impactos generados por la actividad y los residuos. Para la evaluación de los impactos asociados a residuos (cualitativa) se tuvo en cuenta los parámetros matriciales de acuerdo a la matriz de importancia que propone [3].

2. Caracterización y clasificación de los residuos. La caracterización del ARO de los residuos se realiza según el "Procedimiento para la caracterización del residuo líquido oleoso. El ARO se clasifican teniendo en cuanta los resultados de la caracterización realizada y a lo establecido la Resolución 136/2009 [4]. Para realizar la caracterización física y química se tomaron 6 muestras. Los indicadores determinados relacionados con la contaminación para su vertimiento, se relacionan a continuación.

2.1. Procedimiento analítico. Los métodos utilizados para los análisis realizados a las aguas, están basados en [5]. Los procedimientos analíticos y fundamentos de los métodos utilizados, son reportados en la Tabla 1.

Tabla 1. Procedimientos analíticos utilizados para el análisis físico – químico la fase agua oleosa.

Ensayo realizado	Unidad	Método utilizado
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Dicromato. Reflujo abierto y cuantificación.
Índice de Hidrocarburos (IHC)	mg/L	Cromatografía de gases

2.2. Evaluación de la calidad de la fase agua. Para la evaluación del efluente se procedió de acuerdo con la legislación vigente en la que se reportan los Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) establecidos en las normas cubanas: [6,7]**,** para las descargas de aguas residuales según la clasificación del cuerpo receptor.

3. Caracterización del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos.

Preparación del biomaterial biosorbente. El bagazo natural fue sometido a las operaciones: secado, molienda y tamizado para obtener una biomasa uniforme. Posteriormente se seleccionó la granulometría (+1 -2 mm). Al bagazo de caña natural se le realizó una caracterización físico-química: humedad, densidad aparente, porosidad y capacidad máxima de adsorción.

4. Experimentos de biosorción de hidrocarburo en discontinuo usando BN como biosorbente.

4.1. Curva de ruptura o quiebra. Se empleó una columna de laboratorio (d/dp=34.6 y h/d=6.15) rellena con BN (diámetro de partículas (dp) entre +1 - 2 mm), a la cual se le hizo pasar agua oleosa (flujo continuo 2 l/h) y una concentración inicial de hidrocarburo de 1444.9 mg/l. A la salida se tomaron muestras cada 30 minutos y se les determinó: grasas, aceites (G y A) e hidrocarburos totales (HCT), como variables respuestas [8].

Resultados y discusión.

1. Resultados obtenidos del diagnostico ambiental. Matriz de importancia.

Acción / Factores	A1	Imp. Absoluta	Imp. Relativa
F1	-25	-25	-1,9
F2	-50	-50	-7,5
F3	-56	-56	-8,4
F4	-28	-28	-2,8
F5	-26	-26	-2,6

Leyenda
Severo (50-75)
Moderado (25-50)
Compatible (<25)

Como resultado de este análisis se puede apreciar que los factores mayormente impactados son: las aguas subterráneas y el suelo de forma severa, si estas ARO son vertidas al medio en caso de derrames o sin la calidad requerida.

2. Resultados promedios obtenidos de la caracterización físico-química de la fase agua oleosa.

El valor promedio del análisis físico – químico realizado a las muestras (fase agua oleosa), son reportados en la Tabla 2

Tabla 2. Valores promedios de los resultados analíticos realizados a la fase agua oleosa.

Indicadores de la contaminación.	Valor promedio	LMPP (NC 27: 2012)	LMPP (NC 521: 2007)
DQO (mg/L)	501.32 ± 5.82	70-250	75-300
HCT (mg/L)	1444.00 ± 215.86	PV	5-20

PV. Prohibido el vertimiento

2.2. Evaluación de la calidad de la fase agua oleosa. De acuerdo a lo establecido en las Normas Cubanas Obligatorias [6,7], donde se establecen los límites máximos permisibles promedios (LMPP) para las descargas a los diferentes cuerpos receptores y teniendo en cuenta valor promedio de los resultados analíticos realizados; la fase aguas oleosas no cumple en los parámetros analizados para ningún cuerpo receptor, de las normas anteriormente mencionadas.

2.3. Características fundamentales de las aguas oleosas. Clasificación. Teniendo en cuenta la los resultados obtenidos en la caracterización física y físico - química realizada a las aguas oleosas generadas en el proceso de centrifugación del diesel, se pudo constatar que tienen un alto contenido de hidrocarburos por lo que fueron clasificadas como residuos tóxicos y peligrosos según lo establecido en [4].

3. Tratamiento de la fase aguas oleosas, utilizando bagazo de caña de azúcar como biosorbente en columnas de lecho fijo.

Tomando en consideración los estudios realizados y las características de la fase agua oleosa una vez realizada la separación física, se propone utilizar una columna rellena con bagazo de caña de azúcar natural como biosorbente, para la limpieza de las aguas contaminadas con hidrocarburos (aguas oleosas).

3.1. Características físico –químicas del bagazo de caña de azúcar natural utilizado. En la tabla 3 se resumen las propiedades físicas del BN (+1 -2 mm) utilizado en los estudios realizados.

Tabla 3. Resultados estimados de algunas propiedades físicas del bagazo natural (BN).

Propiedad física	Valor promedio
Humedad a 105 ^{0}C (%)	7,57±0.19
Densidad aparente (g/mL)	$0{,}07123 \pm 6.9 \times 10^{-06}$
Densidad real (g/cm3)	$0{,}165 \pm 9.9 \times 10^{-05}$
Porosidad	$0{,}568 \pm 1.4 \times 10^{-5}$
Capacidad de adsorción (g HC/g de BN)	1,81±0.1

Las propiedades físicas de los adsorbentes son fundamentales como criterio para la selección de diferentes materiales y la aplicación que se les va a dar a los mismos, es por ello que los métodos utilizados para su caracterización deben ser confiables y reproducibles. Teniendo en cuenta lo reportado por [9] en su estudio con materiales orgánicos naturales, el bagazo de caña evaluado promete resultados prominentes como un biosorbente de hidrocarburos en agua, con características similares a los ofertados en el mercado internacional como el 3M^{TM} microcordines T4, T8, T12, el PV 15 material vegetal particulado, entre otros (http://multimedia.3m.com). Además de su buen desempeño, la abundancia, disponibilidad y bajo costo de este subproducto de la industria azucarera y su biodegradabilidad, lo hacen un excelente material biosorbente para la remoción de hidrocarburos en aguas oleosas. Esto permite reducir considerablemente los costos adicionales de almacenamiento o disposición final que tienen los materiales adsorbentes sintéticos fabricados en su mayoría con polipropileno o poliuretano.

4. Resultados obtenidos en los experimentos de biosorción de hidrocarburo en discontinuo usando BN como biosorbente. Curva de ruptura o quiebra. En la figura 3 se puede observar un punto crítico denominado punto de ruptura o de quiebra. En este punto se hace necesario remplazar la columna.

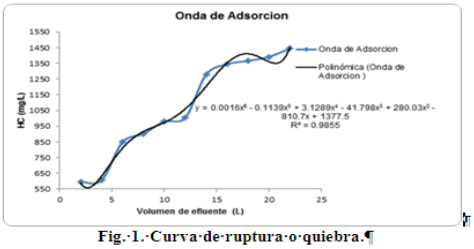


Fig.·1.·Curva·de·ruptura·o·quiebra.¶

4.1. Remoción de los contaminantes. En la tabla 4 se reportan las concentraciones de hidrocarburos en el afluente y el efluente de la columna y el porciento de remoción que se logra con la utilización del biosorbente evaluado (BN): hidrocarburos totales (65%).

Tabla 4. Concentración de hidrocarburos en el afluente y efluente de la columna rellena con BN.

Contaminante	Unidad de medida	Valor medio afluente	Valor medio efluente	Eficiencia %
IHC	(mg/L)	1444.00 ± 215.86	505,4±54.00	65,1

Una vez que el bagazo de caña de azúcar natural este agotado aumenta su valor calórico y puede ser utilizado para la generación de energía, en diferentes procesos. Esta acción permite reducir el consumo de combustible fósil (diesel o fuel oíl) recurso no renovable de alto valor económico, que es necesario ahorrar. Además el uso de las fuentes renovables de energía debe incrementar su papel en el balance energético mundial. Dentro de las fuentes renovables, el bagazo de caña de azúcar tiene características que lo catalogan como un combustible natural para producir vapor y un efecto global positivo sobre el medio ambiente con respecto al uso de los combustibles fósiles [10]

Conclusiones

1. Con la gestión ambiental sustentable se logra disminuir el carácter tóxico y peligroso de estos residuos y se minimizan los impactos ambientales que pueden ocasionar las mismas, si son vertidas al medio sin tratamiento alguno.
2. La evaluación realizada al bagazo de caña de azúcar demostró que el mismo tiene potencialidades como biosorbente de hidrocarburos, por lo que se recomienda como relleno en columnas de lecho fijo para la remoción de hidrocarburos en aguas residuales.

Bibliografía.

1. SALAZAR, E. “Remoción de hidrocarburos mediante biopolímeros naturales: efecto del tamaño de partícula”. Tesis para optar por el grado de Master en Ciencias Ambientales Degree Awarded by Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. Codirectores: Dr. Paola Elizabeth Díaz Flores, Prof. Dr. Michael Sturm. Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. 2012.
2. REYES, L. “La biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental”. Centro de Estudio de Termoenergética Azucarera (CETA), UCLV. Revista Centro Azúcar 30(2): 14-20, abril-junio. 2003. ISSN: 02535777.
3. .Conessa, V; y cool. “Guía metodológica de Evaluación de impactos ambientales”. España. 2000.
4. RESOLUCIÓN 163. Reglamento para el manejo integral de desechos peligrosos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 28 de Agosto. Cuba. 2009.
5. ASTM International. ASTM F 726-99 Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents. Recuperado el 4 de Mayo de 2012, de http://ebookbrowse.com/astm-f726-2006-pdf-d220768065. 2012.
6. NC. “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones”. NC, 27. Cuba 1999.

7. NC “Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones”, NC, 521. Cuba 2007.
8. LAFUENTE, S. 2010. Método de separación física para el tratamiento de desechos de refineria. Cochabamba, Bolivia. Recuperado el 4 de Mayo de 2012. www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/boltar008.pdf
9. ELIZALDE-GONZÁLEZ, M; HERNÁNDEZ-MONTOYA. “Guava seed as an adsorbent and as a precursor of carbon for the adsorption of acid dyes”. Bioresource Thecnology. Volume 100, issue 7, April 2009. ISSN: 0960-8524. 2009.
10. GONZÁLEZ PÉREZ, F; PUESTAS FERNÁNDEZ, J; CABREARA SÁNCHEZ, J. “Método para determinar el calor específico de combustión del bagazo a partir de los principales factores agroindustriales en la industria de la caña de azúcar”. Cuba. Visitado el 18 de Junio de 2013, de.ww.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar21/.../articulo02.htm.

SOLUCIÓN A LOS EFECTOS AMBIENTALES NEGATIVOS DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUALES LÍQUIDOS DEL CENTRAL ANTONIO GUITERAS PARA PROTEGER LOS ECOSISTEMAS MARINOS DE LA BAHIA DE PUERTO PADRE, CUBA

SOLUTION TO THE EFFECTS ENVIRONMENTAL NEGATIVES OF VERTIMIENTO OF CENTRAL ANTONIO'S RESIDUAL LIQUIDS GUITERAS TO PROTECT THE MARINE ECOSYSTEMS OF THE BAY OF PORT FATHER, CUBA

Yudel Milanes García
Empresa de Ingeniería y Proyectos Azucareros IPROYAZ, OP Las Tunas.
E-mail: yudel.milanes@iproyazlt.azcuba.cu , anaiscm@ult.edu.cu
Teléfonos: (31) 385591, 34 4445 y 34 7589

RESUMEN

Los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados, se consideran unos de los mayores contaminantes del Medio Ambiente en el país; por lo que en este trabajo se propone la solución a la contaminación de la bahía de Puerto Padre mediante la utilización de la vinaza en sustitución de las mieles finales en la producción de Torula como un pre-tratamiento, disminuyendo sus costos y la carga contaminante, y se produzca un alimento animal, como segundo paso se plantea el tratamiento al Mosto de Torula mediante la digestión anaerobia con un reactor UASB y por último regar el agua residual que sale del Reactor, mediante el fertirriego a la Caña de Azúcar con la técnica de riego por Gravedad en 1706 hectáreas plantadas de caña del Central Antonio Guiteras. Con esta solución se evita la contaminación a la Bahía, se obtiene alimento animal, biogás, Bio-fertilizante y agua para el fertirriego.
Palabras clave: Medio Ambiente, fertirriego, residuales, bahía.

ABSTRACT

The residual liquids of the sugar industry and their derived, they are considered some of the biggest pollutants in the Environment in the country; for what intends the solution to the contamination of the bay of Port Father by means of the use of the residual of still in substitution of the final honeys in the production of Torula like a pre-treatment in this work, diminishing their costs and the polluting load, and take place an animal food, as second step he/she thinks about the treatment to the Must of Torula by means of the digestion anaerobia with a reactor UASB and lastly to water the residual water that leaves the Reactor, by means of the ferti-irrigation to the Cane of Sugar with the watering technique for Graveness in 1706 planted hectares of cane of Central Antonio Guiteras. With this solution the contamination is avoided to the Bay, animal food, biological gas, bio-fertilizer is obtained and it dilutes for the ferti-irrigation.
Words key: Environment, ferti-irrigation, residual, bay.

INTRODUCCIÓN

Diversas experiencias obtenidas en Cuba a lo largo de 20 años de trabajo han permitido comprobar que si las aguas residuales se aplican de forma adecuada, el suelo puede ser un buen receptor y purificador de las mismas; mejorando además sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por efecto del fertirriego con aguas residuales se obtiene un efecto acumulativo de los nutrientes o elementos en el suelo; aumenta la materia orgánica, el fósforo y el potasio; y se incrementan significativamente los rendimientos del cultivo.

Por lo que se definió como objetivo de este estudio hacer un análisis para reducir a cero la contaminación a la bahía de Puerto Padre y al Medio Ambiente ocasionada por el vertimiento de los residuales líquidos del Central Antonio Guiteras Holmes y sus derivados (Piña, 2014).

MATERIALES Y METODOS

Lo primero para realizar cualquier estudio de fertirriego con residuales de la industria azucarera es caracterizar las aguas residuales según las metodologías y normativas vigentes.
Es muy importante conocer que este Central es uno de los más grandes de Cuba, este tiene una capacidad de molida de caña de 13 800 t/día (1 200 000 @/d), y tiene en sus alrededores las plantas de Derivados (Destilería y Torula).
Las principales características de estos residuales emanados de estas fábricas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla I Características de las corrientes de residuales.

Indicadores	Residual de Crudo (RC)	Residual de Destilería (RD)	Residual de Torula (RT)
PH	6,1	4,5	4,7
Conductividad eléctrica (CE) (mm hos/cm)	1,79	1,84	1,81
Sales salubles totales SST (ppm)	963	1243	1087
Relación Abs. Sodio (RAS)	7,10	9,30	8,98
Otras características			
Temperatura (ºC)	32	100	35
DQO (Kg/m^3)	5	70	16
DBO (Kg/m^3)	-	31	7
Flujo actual (m^3/h)	313	53	92
Capacidad Prod. Perspectiva	1500 t/d	1000 HL/d	18 ton/día
Flujo Perspectiva m^3/h	201	75	111

Con estos datos se puede proceder a caracterizar el agua residual de esta industria según la norma NC 855:2011.
Tomando los valores de la Tabla I Características de las corrientes de residuales, se comparan con los Criterios de evaluación para las aguas residuales que se utilizarán en el riego, según lo normado en la norma NC 855:2011 para la evaluación de los residuales que se utilizarán para el riego.
De ello se puede concluir:

1. Que el agua de residual de crudo (RC) esta apta para regar.
2. Mientras que el agua del Residual de Destilería (RD) y el agua Residual de Fábrica de Torula (RT) es un agua Mala para regar, por lo que recibirán un tratamiento diferenciado antes de ser entregadas al medio (NC 27, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los análisis antes realizados y como parte de la política de protección de los Recursos hídricos y el Medio Ambiente en general, se han buscado alternativas para asegurar una buena estrategia económica para el tratamiento de los residuales del Central Antonio Guiteras y sus Derivados.
Se define como primer paso, que la Vinaza sea utilizada al 100% en sustitución de las mieles finales en la producción de Torula, con el objetivo de realizar un pre-tratamiento a estas aguas tan agresivas para el medio Ambiente, disminuir sus costos y la carga contaminante de dicho residual en un 23 % respecto al DQO de los residuales de la Destilería y que a su vez se produzca un alimento animal de un alto contenido de proteínas.

Como segundo paso, sería realizar el tratamiento a las aguas residuales que salen de la fábrica de Torula (Mosto de Torula) mediante la *digestión anaerobia* la cual es recomendada para el tratamiento de las vinazas, debido a que soportan cargas orgánicas altas, poseen requerimientos bajos de energía y nutrientes, existe poca producción de lodos y las bacterias anaerobias son capaces de transformar la materia orgánica en metano, que se usa como fuente de energía.

Se ha reportado que los procesos anaerobios presentan eficiencias de remoción de materia orgánica biodegradable del 70 al 91% en vinazas de diferentes orígenes, ofreciendo sistemas de tratamiento más potentes con cinéticas más rápidas y con una minimización de las etapas limitantes del proceso, como puede ser la transferencia de materia.

La digestión anaerobia es un proceso biológico en el cual la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas, se descompone en biogás y en digestato, que es una mezcla de productos minerales y compuestos de difícil degradación.

Para este tratamiento se ha desarrollado un tipo de reactor llamado *Reactor Anaerobio de flujo ascendente, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) o RAFA en Español*, sencillo en su construcción, operación y eficiencia de tratamiento de residuales y producción de biogás (Lorenzo, 2014).

Si se aplica este tipo de tratamiento a todas las Vinazas de la destilería del Central Antonio Guiteras se tratará todo el volumen del agua residual obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II Producción del Reactor UASB.

Aspectos	U/M	Cantidad
Producción de Biogás		
Flujo de residual de Torula que entra al reactor	m^3/d	2 664,00
DQO de Entrada	kg/m^3	16,00
Volumen de metano producido	m^3/d	10 603,54
Porciento del metano en el biogás	%	70,00
Tiempo que funciona la Destilería y Fabrica de Torula en el año	d	260
Volumen de biogás producido año	m^3biogás/a	3 938 457,60
Volumen de biogás producido desulfurado	m^3biogás/d	14 390,52
Volumen de biogás desulfurado	m^3biogás/a	3 741 534,72
Generación de electricidad		
Índice de generación de electricidad/ m^3de biogás	kWh/m^3biogás	1,70
Producción de electricidad por año	kWh al año	6 360 609,02
Producción de lodo		
Lodo total seco en un año	t/a	832,00
Vinaza pos tratada a utilizar en el fertirriego		
Cantidad de vinaza tratada en reactores UASB	m^3/d	2 136,29
Cantidad de vinaza tratada a utilizar en fertirriego	m^3/a	555 436,42
DQO vinaza tratada a utilizar como fertirriego	kg/m^3	4,80
Cantidad de Agua de R. de Torula tratada a re-circular	m^3/d	640,89

Se decidió no alcanzar altos niveles de depuración eliminando los nutrientes que contenga el efluente del tratamiento en el Reactor, haciendo más económico el tratamiento y aprovechando estos en el fertirriego que se realizará a 1 727,22 ha de las áreas cañeras pertenecientes a la UEB de Atención a los productores cañeros APA Antonio Guiteras.

Las Dosis de riego se calcularon por la demanda de potasio del suelo y el cultivo, por lo que se manejan como normas-dosis y son inferiores a las usadas para humedecer el terreno hasta la capacidad de campo.

El contenido de potasio asimilable resulta un indicador fundamental para determinar las dosis de aplicación de estos residuos.

Por lo que fue necesario utilizar algoritmos especializados a partir del contenido de potasio en el suelo y el agua residual de Torula.
Es importante señalar que estas áreas seleccionadas por la UEB para realizar el riego se encuentran distribuidas en tres unidades de producción cañera, la UBPC La Horqueta, La Pedrera y la CPA Asalto al Polvorín, en la zona predominan los vertisuelos oscuros plásticos en los que el riego es difícil aplicar debido a las condiciones físicas de los mismos por lo que se recomienda un análisis detallado en cada área y un drenaje eficiente.
El tercer paso, sería regar todo el residual tratada en el reactor, para esto se dispone del área antes mencionada 1 727,22 ha; de ellas solo se emplearan 1 705,89 ha las cuales se les aplicara dos riegos anuales por gravedad tradicional por medio de canales, utilizando una dosis Bruta de riego de 325 m^3/ha, para lograr este riego es imprescindible dotar toda el área destinada al fertirriego de canales de conducción, por los que se llevará el agua residual mezclada (el crudo en tiempo de zafra más el agua residual tratada de la torula que sale del reactor).
En zonas donde la topografía no permita realizar el riego por gravedad se usara un equipo de aspersión llamado moto-enrollador. Cada equipo está vinculado a aproximadamente a 25 ha.
En la Tabla III se resumen las unidades propuestas a regar.

Tabla III *Unidades propuestas a regar*.

Lugar	Técnica de Riego	Área Neta	
		ha	%
UBPC Horqueta (Unidad 21)	Gravedad	357,82	20,72
UBPC La Pedrera (Unidad 22)	Gravedad	605,17	35,04
CPA Asalto al Polvorín (Unidad 30)	Gravedad	764,23	44,25
TOTAL		**1 727,22**	**100,00**

CONCLUSIONES

1. Con el tratamiento a través del reactor UASB, las potencialidades de producción diarias son: 14390 m^3 de biogás; 24 463 kWh de electricidad; 3 t lodo seco y 1 495 m^3 de residual de Torula tratada con 4,80 kg DQO/m^3, que pueden ser utilizadas en el fertirriego.
2. Con este proyecto se soluciona la contaminación ambiental producto del vertimiento de los residuales de crudo y los derivados del Central Azucarero “Antonio Guiteras”, como práctica de la Protección Ambiental y Producciones más Limpias.
3. Se aprovechan los nutrientes que contienen estos residuales para fertilizar 1706 ha de Caña de Azúcar y se ahorran las importaciones de fertilizantes, obteniéndose rendimientos promedios de 80 t/ha.
4. La inversión costara aproximadamente 10 millones de pesos a recuperar en 7 años.

REFERENCIAS

- Piña, N. A. (2014). "Proyecto de Aplicación Vinaza Heriberto Duquesne."
- NC 27 (2012). “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado - Especificaciones”.
- Lorenzo, Y; Acosta, A. (2014). Cálculos técnicos en el diseño de una planta de biogás. Caso de estudio Tratamiento de vinazas de destilerías en reactores UASB. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. vol. 48: pp. 29-34.
- NC 855 (2011). “Utilización de las Aguas Residuales de la Industria Azucarera y Derivados en el Fertirriego de la Caña de Azúcar”

CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRAL AZUCARERO “MANUEL FAJARDO”, PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

CHARACTERIZATION AND TREATMENT OF RESIDUAL WATERS OF THE SUGAR POWER STATION "MANUEL FAJARDO", TO DIMINISH THE ENVIRONMENTAL CONTAMINATION IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF SUGAR

Autores: Ing. Yohana de la Hoz Izquierdo[1], Ing. Yaima Izquierdo González[1].

Centro: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)[1].
E-mail: yohana.delahoz@icidca.azcuba.cu, yaima.izquierdo@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
Este trabajo se realizó en la Unidad Empresarial de Base central azucarero “Manuel Fajardo”, de la provincia de Mayabeque. Para la realización del mismo se consideró necesario comenzar por un diagnóstico ambiental preliminar para lograr un primer acercamiento del problema, la caracterización de sus aguas residuales durante el período de zafra. Como resultado se obtuvo una caracterización completa de las aguas residuales a la salida de la fábrica de azúcar y en la laguna de oxidación con el objetivo de determinar soluciones concretas en el uso del agua residual de la industria Manuel Fajardo en la fabricación del azúcar. Lográndose además disminuir el consumo de agua de fuentes externas, reducir los valores de consumo de agua por debajo de 1 m³/t y Ahorros entre 13 y 15 % del vapor producido.
Palabras claves: aguas, residuales, medio ambiente.

ABSTRACT
This work was carried out in the Managerial Unit of Base sugar power station "Manuel Fajardo", of the county of Mayabeque. For the realization of the same one it was considered necessary to begin with a diagnosis environmental preliminary to achieve a first approach of the problem, the characterization of their residual waters during the period of harvest. As a result a complete characterization was obtained from the residual waters to the exit of the factory of sugar and in the lagoon of oxidation with the objective of determining concrete solutions in the use of the residual water of the industry Manuel Fajardo in the production of the sugar. Being also possible to diminish the consumption of water of external sources, to reduce the values of consumption of water below 1 m³ / t and Savings between 13 and 15% of the produced vapour.
Key words: water, residual, environment.

INTRODUCCIÓN
La industria azucarera es una de las industrias de mayor contaminación al medio, se destacan como la de mayor extracción de agua cruda y la de mayor descarga como residual líquido al medio ambiente. Si se toma en cuenta la posibilidad real de utilizar el agua contenida en la caña, es completamente irracional que dichas industrias obtenga tales cifras, logrando de esta forma el malgasto de dinero y energía, además de los tratamientos deficientes y las debidas consecuencias que trae.
El impacto que produce el alto consumo de agua en regiones donde este recurso es limitado, alienta al desarrollo de nuevas técnicas que permitan analizar la administración eficiente del agua en las industrias.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se desarrollo en la Unidad Empresarial de Base (UEB) central azucarero Manuel Fajardo, perteneciente a AZCUBA, en la zafra 2012 -2013.

Diagnóstico

Se realizo un diagnóstico para la revisión ambiental inicial en la UEB, el cual consistió en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, realizar la caracterización de los residuales, además de entrevistas a trabajadores vinculados directamente al proceso tecnológico azucarero.

Fig1 Estado técnico de tanques y tuberías.

Este diagnóstico permitió un primer acercamiento al problema, detectándose las siguientes deficiencias:

- Mal estado técnico de tuberías y de los tanques de almacenamiento, tanto de agua de alimentar calderas como de uso tecnológico, además de salideros de vapor y agua por tuberías, válvulas y trampas.
- Problemas operacionales por parte del personal involucrado en el proceso.
- Las aguas residuales que llegan a las zanjas están contaminadas con azucares no recuperados del proceso indutrial, bagacillo, grasas y cachaza.
- Inestabilidad en la molida horaria, se muele por debajo de la norma potencial y de la operacional, por lo que no entra la cantidad de caña requerida por el proceso.

Caracterización de las aguas.

La caracterización de las aguas fue realizada en los laboratorio LAGUAZUR perteneciente a el Centro Nacional de Gestión de Medio Ambiente (CENGMA) ambos fueron creados por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), para el desarrollo de estudios de tratamientos y/o disposición de los residuales de la industria azucarera y los derivados. (Obaya, 2003)

El laboratorio desarrolla procedimientos analíticos para el control de los sistemas de tratamiento de residuales de la industria azucarera y los derivados así como de otras industrias que soliciten sus servicios. Tiene implementado el SGC según la norma NC ISO/IEC 17025: 2006 y está acreditado.

DISCUCIÓN DE RESULTADOS

El grupo empresarial AZCUBA tiene como norma que el consumo de agua en la industria sea de 0.19 m^3/T caña molida, es decir, el central Manuel Fajardo con una norma potencial en ese día de 75t/h, el consumo de agua debía ser de 14.25m^3/h. Sin embargo en el momento de la evaluación el consumo de agua total del

ingenio fue de 21.6t/h. Este valor es superior al estimado por la norma. Esto se debe entre otros aspectos al bajo aprovechamiento de la norma potencial que fue del 75%.
El cálculo del agua requerida y la existente en un ingenio azucarero puede ser lo más adecuado en la medida que sean reutilizadas todas las aguas obtenidas en proceso, con el objetivo de disminuir el % de agua externa al propio proceso.
Para ello se propone añadir mejoras de ahorro como son:

- Mantener en circuito cerrado los sistemas de agua de enfriamiento
- Camello (Extracción de agua en la caldera por flasheo)
- TLT (Tecnología de limpieza de tacho), que las limpiezas de los tachos se realicen con agua caliente y no con vapor.
- Disminuir los salideros de agua y vapor de proceso.
- Aprovechar al máximo los condensados del proceso y lograr su total aprovechamiento, pues existen algunas trampas donde los condensados se vierten a la zanja.

Esto contribuye a un ahorro económico importante y a la conservación de los recursos naturales.

Además en el trabajo, se caracterizaron las aguas residuales de la UEB Central Azucarero Manuel Fajardo y se compararon con la norma cubana para vertimientos. A continuación se muestran en la tabla I los límites máximos permisibles promedios para las descargas de aguas residuales en ríos y embalses según la norma cubana de vertimientos. (Norma NC 27 2012)

Tabla I. Límites máximos permisibles promedios para las descargas de aguas residuales.

Parámetros	**UM**	**Ríos y Embalses**		
		(A)	**(B)**	**(C)**
pH	Unidades	6,5 – 8,5	6 - 9	6 - 9
Conductividad Eléctrica	(µS./cm)	1 400	2 000	3 500
Temperatura	ºC	40	40	50
Grasas y Aceite	(mg/.L)	10	10	30
Materia Flotante	-	Ausente	Ausente	-
Sólidos Sedimentables Totales	(Ml/L)	1	2	5
DBO5	(mg/L)	30	40	60
DQO (Dicromato)	(mg./L)	70	90	120
Nitrógeno Total (Kjd)	(mg./L)	5	10	20
Fósforo Total	(mg./L)	2	4	10

Las características físico-químicas del residual integral del ingenio y de las lagunas de oxidación desde el punto de contaminación ambiental fueron analizadas y sus valores promedio se muestran en la Tabla II. Donde se puede observar que la muestras presentaron DQO elevadas (fundamentalmente la muestra de laguna), tomando en cuenta que la DQO promedio de un ingenio con una política adecuada de uso y reuso del agua es de aproximadamente de 2000-5000 $mg.L^{-1}$, por lo que estas muestras deben contener fundamentalmente materia orgánica como azúcares no recuperados del proceso de obtención de azúcar, cachaza, bagacillo y grasas y aceites como componentes contaminantes del medio ambiente.

Tabla II. Caracterización de los valores promedios del residual a la salida del central y de la laguna de la UEB Central Azucarero Manuel Fajardo desde el punto de vista de contaminación ambiental.

Ensayo (unidad)	Salida fábrica	Laguna
pH	7,09	6,77
CE ($\mu S/cm^{-1}$)	338	962
Grasas y Aceites (mg/L^{-1})	0,01	0,01
DBO (mg/L^{-1})	9615	5000
DQO (mg/L^{-1})	29172	13332
RDBO/DQO; (%)	0,33; (33)	0,07; (7)
Nitrógeno (mg/L^{-1})	0	84
Fósforo (mg/L^{-1})	12.81	16.39

Donde: DQO: demanda química de oxígeno, DBO: demanda bioquímica de oxígeno; rDBO/DQO: relación DBO/DQO, CE: conductividad eléctrica, en todos los caso se procesaron muestras puntuales de cada punto.

Por otro lado, si se compara las características de la muestra de la laguna con las normas cubanas de vertimiento de residuales que se muestran en la Tabla I se observa que se superan los límites permisibles de materias orgánicas para su vertimiento a ríos y embalses (categoría B**;** DQO < 90 mg/L y DBO < 40 mg/L). También se superan los límites de concentración de nitrógeno y fósforo (concentración de N< 10 $mg.L^{-1}$ y concentración de fósforo < 4 $mg.L^{-1}$). A pesar de que estas aguas no se vierten a otro curso receptor, se debe velar porque no ocurra ningún derrame en las zonas aledañas de la UEB y verificar que no haya infiltraciones al manto freático de estos contaminantes.

CONCLUSIONES

Se inicia con este diagnóstico en la UEB Manuel Fajardo, un proceso de mejora continua sobre las bases sólidas hacia niveles superiores en sus relaciones con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

1. APHA y APWA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters, Ed 2000, p 460-465, 14th Edition, New York.
2. Obaya, M.C., Valdés, E., Eng, F. Metodologías para la caracterización de las aguas y aguas residuales para su calidad de agua para el riego. Editorial ICIDCA, 2003. Monografía. Compendio de los derivados.
3. Norma NC 27 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
4. Normas Cubanas NC-521 Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización. 2007.
5. Manual de Procedimiento Normalizados de los ensayos del laboratorio Laguazur.

PAJA DE CAÑA: MATERIAL ALTERNATIVO Y DE BAJO COSTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO (II)
SUGAR CANE STRAW: AN ALTERNATE AND LOW COST MATERIAL FOR TREATING CONTAMINATED WATER WITH LEAD (II)

Vivian León[1], Emir Cabrera[2], Aymeé de la C. Montano[2], Daisy Dopico[1], Enma Peña[1], Amalia Cámara[1]

[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). La Habana, Cuba.
Correo electrónico: vivian.leon@icidcamy.azcuba.cu
[2]Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, Cujae, Marianao, Cuba

RESUMEN

Los metales son especies químicas no degradables, por tal motivo una vez vertidos al medio ambiente se convierten en un problema que requiere la búsqueda de soluciones que contribuyan a su mitigación. En este trabajo se demuestra la capacidad de la paja de caña para remover iones Pb^{2+}, encontrándose remociones del 60 % a pH 5, dosis de adsorbente 1 g/L, velocidad de agitación 150 rpm y tiempo de contacto de 3,5 h. La adsorción del metal por el material se analizó empleando las isotermas de Freundlich, Langmuir y Dubinin-Raduskevich, obteniéndose buena correlación con esta última y una capacidad de adsorción de 33,04 mg/g. Para comprobar la sorción del metal sobre el material adsorbente se realizaron análisis a través Espectroscopia Infrarroja antes y después del proceso de remoción. Los resultados de la cinética se ajustaron al modelo de pseudo segundo orden.
Palabras clave: paja de caña, adsorción, metales pesados

ABSTRACT

Metals are not degradable chemical species, for that reason once released into the environment become a problem that requires finding solutions that contribute to its elimination. The paper shows the capacity of the sugar cane straw to remove Pb^{2+} ions. Removal of 60 % was found at pH 5, dosage of 1 g /L, stirring speed of 150 rpm and a contact time of 3.5 h. The metal adsorption by material was analyzed using Freundlich, Langmuir and Dubinin–Radushkevich isotherms, obtaining good correlation with the latter to a sorption capacity of 33.04 mg/g. Sorption of metal on the adsorbent material were test by Infrared Spectroscopy analysis before and after to the removal process was performed. The results of the kinetic were adjusted to a pseudo-second-order model.
Keywords: cane straw, adsorption, heavy metals

INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados está identificada como uno de los problemas ambientales más acuciantes por sus efectos perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana, debido a su movilidad en los sistemas acuosos, su toxicidad y su poder bioacumulativo. En este escenario la biosorción es considerada como una tecnología alternativa para la remoción de metales pesados en aguas residuales.

Actualmente los residuos lignocelulósicos encuentran su mayor aplicación en la producción de energía. Sin embargo, parte de ellos acaban siendo no utilizados o dispuestos de forma no controlada. Se impone, por tanto conseguir un aprovechamiento más eficiente de la biomasa lignocelulósica, de forma que no sólo se emplee como fuente de energía, alimento animal o para la fabricación de papel, sino también para la

obtención de compuestos de alto valor añadido y otras aplicaciones. Para lograr este objetivo es necesario desarrollar nuevos enfoques en materia de investigación, desarrollo y producción.
En los últimos años, el empleo de subproductos agrícolas como materiales adsorbentes ha devenido como una opción a considerar por numerosos investigadores en la temática, dada su alta disponibilidad, bajo costo y capacidad biodegradable (Singh y otros, 2009).
Este trabajo pretende proporcionar una alternativa al aprovechamiento de la paja de caña de azúcar, utilizándola como adsorbente de plomo (II), metal ubicuo en la naturaleza, pero no necesario para los sistemas biológicos (Ewers, 1991), proveniente de fuentes naturales y antropogénicas y que durante los últimos 60 años su uso en máquinas, baterías, aditivos para la gasolina, cubiertas de cable, explosivos y municiones, cerámicas y vidrio, así como en la elaboración de pesticidas, pinturas y reactivos analíticos, ha causado contaminación ambiental en gran medida (Johnson, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó paja de la caña de azúcar de la variedad *C 87-51* procedente del central Manuel Fajardo. El material se secó a 30 ^{o}C, se molió y tamizó, separándose la fracción 180-850 μm.
Caracterización del material
Contenido de humedad**:** El contenido de humedad se determinó por la técnica tradicional de secado en estufa a 105 ºC donde 1-2 g de muestra se secaron hasta masa constante.
Determinación de lignina: La lignina se cuantificó por análisis gravimétrico, según Sluiter (2008).
Determinación de holocelulosa*:* El contenido de holocelulosa se determinó según Wise (1946).
Sitios ácidos y básicos totales: La metodología empleada fue similar a la seguida por De-Oliveira-Brito (2010). Los resultados fueron expresados como mmol/g de biomasa.
pH de carga cero: La determinación del punto de carga cero (pH_{cc}) se realizó según el procedimiento reportado por Nezamzadeh-Ejhieh, (2013).
Espectroscopia infrarrojo de Transformada de Fourier: Se registraron los espectros antes y después de la sorción de iones Pb^{2+} en el rango 4000-400 cm^{-1} empleando un espectrofotómetro FT-IR Bruker Vector 32.
Ensayos de adsorción
Cinética e isoterma de adsorción: El estudio cinético se realizó poniendo en contacto 0,1 g del residuo vegetal con 100 mL de una disolución 15 mg/L de Pb^{2+} a pH 5 durante determinados intervalos de tiempo, manteniéndose a 30 ºC y 150 rpm. Se filtra y el contenido de iones metálico se cuantifica por espectroscopia de absorción atómica usando un espectrofotómetro de adsorción atómica WFX-1220 (RAYLEIGH). La isoterma de adsorción se obtuvo poniendo en contacto el material con diferentes concentraciones de Pb^{2+} durante 3,5 h en iguales condiciones que en la cinética. Los experimentos se realizaron por duplicado. La capacidad de adsorción (q) y el por ciento de remoción se calcularon según las ecuaciones 1y 2.

$$q = \frac{(C_o - C_e)}{m} V \qquad (1)$$

$$\%\ \text{remoción} = \frac{(C_o - C_e)}{Co}\ x\ 100 \qquad (2)$$

Con respecto al equilibrio del proceso, los resultados fueron ajustados a los modelos de Langmuir, Freundlich y Dubinin-Raduskevich. Por otra parte, para los ajustes de la cinética se valoraron los modelos de pseudo primer y pseudo segundo orden. La selección del modelo más adecuado se realizó en base a los criterios de linealización, mejor coeficiente de correlación y ajuste con los datos experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del material
En la tabla I se resumen las evaluaciones realizadas a la paja de caña objeto de estudio. Es posible apreciar que es un material rico en carbohidratos y lignina, lo cual lo convierte en candidato a considerar para la

aplicación que se pretende. La presencia mayoritaria de grupos ácidos totales también constituye un aspecto favorable para la afinidad del biosorbente por los metales, siendo este tipo de biomasa más eficiente para la remoción de especies catiónicas que de aniónicas. Asimismo, el pH_{cc} obtenido resultó ligeramente ácido debido a la superioridad de dichos grupos. A valores de pH inferiores al pHcc, la superficie del material estará protonada, adsorbiendo compuestos con carga negativa y viceversa.

Tabla I Caracterización de la paja de caña de azúcar

Humedad (%)	8.6 ± 0,2
Lignina (%)	19,7 ± 0,2
Holocelulosa (%)	61,1 ± 1,0
Grupos ácidos totales (mmol/g)	1,73 ± 0,12
Grupos básicos totales (mmol/g)	0,73 ± 0,12
pH_{cc}	6,29 ± 0,15

Ensayos de adsorción

El proceso de adsorción tiene lugar entre una fase sólida y una líquida que contiene al ion metálico disuelto. Si existe afinidad del adsorbente por el adsorbato éste es atraído hacia el sólido permaneciendo unido por diferentes mecanismos y continuando el proceso hasta alcanzar el equilibrio (Figura 1), esto es descrito por modelos que relacionan la cantidad de adsorbato retenido y la que permanece en disolución (Ho y Ofomaja, 2006). Aunque en la literatura son numerosos los modelos que se aplican, los más usados son los de Langmuir y Freundlich. En este trabajo se analizaron dichos modelos y el de Dubinin–Radushkevich (DR) que permite determinar la naturaleza del proceso. Al calcular los parámetros para cada uno se encontró que la isoterma que mejor ajusta (R^2 = 0,9637) es el DR que propone la prevalencia de un proceso de adsorción física, al obtenerse valores de E < 8 kJ/mol. De la isoterma de Freundlich, que resultó el segundo mejor ajuste (R^2 = 0.9201), se puede asumir que la energía de adsorción en la superficie no es igual en todos los puntos, existiendo una distribución heterogénea de los sitios activos con adsorción multicapas. Por otra parte, los resultados de los parámetros n = 2.49 y R_L= 0,834 sugieren que es favorable el proceso de adsorción de iones Pb^{2+} en la paja.

En cuanto a los modelos cinéticos el mejor ajuste se alcanza con el modelo de pseudo segundo orden (R^2 = 0.9913). El estudio cinético demostró que al inicio la adsorción es rápida, debido a que los sitios activos de la superficie están disponibles; además, la concentración inicial del ion metálico incrementa las colisiones entre éste y las partículas del biosorbente. En una segunda etapa, después de 3,5 h, la adsorción es lenta hasta alcanzarse la saturación del material; esto es porque sólo quedan algunos sitios libres disponibles y difícilmente ocupables por el metal.

Espectroscopia infrarroja de Transformada de Fourier (FT-IR)

El patrón de sorción de los metales sobre materiales vegetales es atribuible a la presencia de grupos funcionales activos (Krishnani, 2008), por lo que mediante FT-IR es posible realizar un análisis preliminar de los principales grupos presentes en el material nativo y del espectro del mismo como sorbente de iones metálicos.

En la figura 2(A) se puede observar una banda amplia e intensa en 3340 cm^{-1} asociada al estiramiento del grupo OH de compuestos poliméricos correspondientes a alcoholes, fenoles y ácidos carboxílicos. Aparece una doble banda en 2919 y 2850 cm^{-1} del enlace C-H en compuestos alifáticos (-CH_2 y -CH_3), análogo a lo reportado por (Durange, 2013). El pico en 1731 cm^{-1} es producto de la vibración en los grupos carboxilo no iónicos (-COOH), fundamentalmente ácidos carboxílicos. Las vibraciones asimétricas y simétricas de los grupos carboxílicos iónicos (-COO^-) aparecen en 1632 y 1462 cm^{-1} respectivamente y en 1033 cm^{-1} puede ser asignada la vibración de estiramiento de C de los grupos OH alcohólicos y ácidos carboxílico. Del análisis anterior queda claro que el material nativo es abundante en grupos carboxilo e hidroxilo. Estos grupos poseen capacidad para secuestrar metales pesados por sustitución de los iones H^+ por iones metálicos en solución o por donación de un par de electrones de manera que formen complejos metálicos.

En el espectro (Figura 2 B), las señales no se desplazan apreciablemente lo que ocurre es una disminución en intensidad de las bandas en 3340, 1632 y 1033 cm^{-1} causada por la sorción del metal. Análogamente, la variación se relaciona con la contribución de los grupos carboxilo e hidroxilo en la absorción.

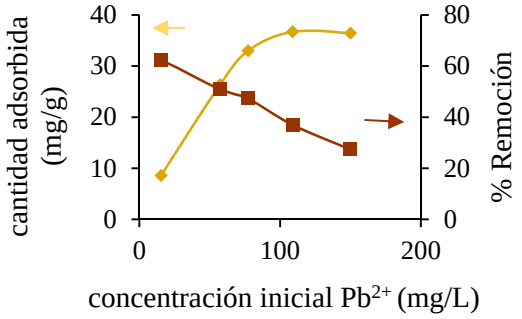


Figura 1. Isoterma de adsorción de Pb^{2+} en la paja de caña de azúcar.

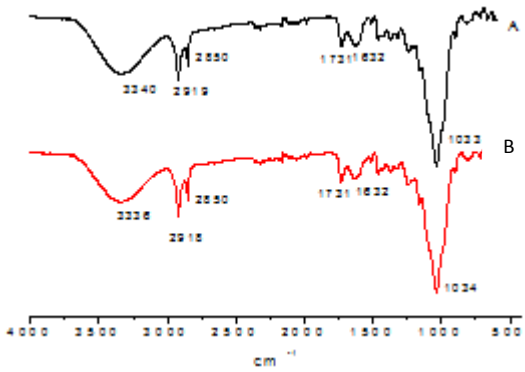


Figura 2. Espectro FT-IR de la paja de la caña (A) y del material cargado con iones Pb^{2+} (B) 15 mg/L; pH 5, tiempo de contacto 3,5 h

CONCLUSIONES

La adsorción de Pb^{2+} utilizando como adsorbente la paja de caña resultó favorable, alcanzándose una remoción del 60 % a pH 5, dosis de adsorbente 1 g/L, 150 rpm y 3,5 h. En cuanto al equilibrio, el mejor ajuste se alcanzó con la isoterma de DR que presupone el predominio de un proceso físico de sorción. La adsorción, según el modelo de Freundlich, está marcada por una superficie heterogénea con adsorción multicapas, obteniéndose una capacidad de adsorción de 33,04 mg/g a pH 5, mientras que el modelo de pseudo segundo orden permitió ajustar el comportamiento cinético. Los resultados encontrados para la remoción del metal señalan el potencial adsorbente de este residuo agrícola, no obstante se requieren posteriores estudios para evaluar el proceso en continuo, de forma que se disponga de mayor información para efectos de escalado, dadas las bondades adicionales de disponibilidad y bajo costo del material.

REFERENCIAS

1. De-Oliveira-Brito, S.M.; Andrade, H.M.C.; Soares, L.F.; De Azevedo, R.P. (2010), Journal of Hazardous Materials. 174, 84-92.
2. Durange, J.A.C; Santos, M.R.L; Pereira, M.M; Fernandes Jr., L.A.P; Souza, M.N.; Mendez, A.N; Mesa, L.M.; Sánchez, C. G.; Sanchez, E.M., Pérez, J.M.; Carvalho, N.M. (2013), Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology 4, 10-19.
3. Ewers, U; Schlipköter, H. (1991), VCH, Weinheim, pp. 971-10.
4. Ho, Y. S.; Ofomaja, A. E. (2006), Biochemical Engineering Journal. 30, 117–123
5. Johnson, F. (1998), Mutation Research. 410, 123 - 140.
6. Krishnani, K.K.; Xiaoguang, M.X.; Christodoulatos, C.; Boddu, V.M. (2008), J. Hazard. Mater. 153, 1222–1234.
7. Nezamzadeh-Ejhieh, A; Kabiri-Samani, M. (2013), Journal of Hazardous Materials. 260, 339–349.
8. Singh, K. K.; Hasan, S. H.; Talat, M.; Singh, V.; Gangwar, S. K. (2009), Chem. Eng. J. 151, 113- 121.
9. Sluiter, A.; Hames, B.; Ruiz, R.; Scarlata, C.; Sluiter, J.; Templeton, D.; Crocker. (2008), NREL/TP–510–42618.
10. Wise, L. E.; Murphy, M., D'Addieco, A. A. (1946), Paper Trade Journal. 122, 35-43.

EVALUACIÓN DEL MEOLLO DE BAGAZO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON AZUL DE METILENO.

EVALUATION OF THE BAGASSE PITH IN THE TREATMENT OF CONTAMINATED WATERS WITH METHYLENE BLUE.

Dopico, D.[1]; León, V. [1]; Díaz, C.[2]; Peña, E. [1]; Cámara, A. [1]; Céspedes, M. [1]
daisy.dopico@icidcamy.azcuba.cu
1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
2. Facultad de Química, Universidad de la Habana.

RESUMEN

El agua es un recurso natural cada vez más escaso, se pronostica que la crisis del agua será mayor que la de los combustibles fósiles, por lo que la disposición de aguas residuales es una tarea de primer orden para la humanidad.
Este trabajo presenta los resultados obtenidos en la caracterización y evaluación del meollo del bagazo para remover color en agua, utilizando como colorante modelo al azul de metileno (AM). Los experimentos realizados demuestran que el material es capaz de adsorber el 97% del AM de una solución de concentración inicial 50 mg/L en 60 min, utilizando una dosis de adsorbente de 1 g/L, 30^{o}C y pH 6-11. Los parámetros calculados en las isotermas de adsorción sugieren que el proceso es reversible y favorable, cuya capacidad máxima de adsorción es 250 mg/g.
Palabras clave: meollo, adsorción, azul de metileno

ABSTRACT

Water is an increasingly scarce natural resource, it is predicted that the water crisis will be greater than that of fossil fuels, so the waste water disposals a top priority task for humanity.
This paper presents the results obtained in the characterization and evaluation of the bagasse pith to remove water color, using as model dye methylene blue (AM). Experiments have demonstrated that this material is capable to adsorb 97% of AM from a solution of initial concentration 50 mg/L in 60 min, using an adsorbent dose of 1 g /L, at 30ºC and pH 6-11. The calculated parameters in the adsorption isotherms suggest that the process is reversible and favorable; whose maximum adsorption capacity is 250 mg/g.
Keywords: sugar cane pith, adsorption, methylene blue.

INTRODUCCIÓN

La disposición de efluentes coloreados en los cuerpos naturales de agua es uno de los problemas de contaminación más severos al que nos enfrentamos. La presencia de color en el agua disminuye la solubilidad del oxígeno disuelto, la transparencia y la penetración de los rayos de luz, lo que afecta la vida acuática y la cadena trófica. Los colorantes, en su gran mayoría, son tóxicos, carcinogénicos y mutagénicos, provocando efectos indeseables en los organismos acuáticos y el hombre (Yan, 2013).
Por otro lado, la eliminación de desechos es uno de los problemas más grandes que debe resolver la humanidad; producir más no significa usar más sino reusar de manera eficiente (Romero, 2014). Los residuos agroindustriales son una fuente renovable de biomasa lignocelulósica, generalmente desechada que debemos explotar al máximo.
Por estas razones nos proponemos caracterizar y evaluar el meollo del bagazo como biosorbente en la descontaminación de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y caracterización del adsorbente.

Se utilizó meollo obtenido durante el desmedulado en suspensión del bagazo de la caña de azúcar. El material se secó al aire y se molió, empleándose para la caracterización y evaluación de las propiedades de adsorción las partículas con tamaño inferiores a 0,5 mm. La caracterización del material se llevó a cabo mediante análisis químico siguiendo las Normas TAPPI. La determinación del pH en el punto de carga cero (pH_{PCC}) se realizó por el método de Nezamzadeh (2013) y los grupos ácidos y básicos totales según el procedimiento de Rosas (2012). Se utilizó la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) para determinar los grupos funcionales superficiales presentes en el meollo. Se registraron los espectros en el rango 600-4000 cm^{-1} con un equipo FT-IR Bruker Vector 32. Las características morfológicas del material se visualizaron mediante microscopia electrónica de barrido (SEM) utilizando un microscopio Zeiss ULTRA Plus.

Estudios de adsorción.

El adsorbato utilizado en la experimentación fue Azul de metileno (AM), que es una tinta catiónica con fórmula química $C_{16}H_{18}N_3SCl$ x $2H_2O$. Se realizaron ensayos de biosorción de azul de metileno (AM) con meollo en modo batch, empleando frascos erlenmeyer de 250 ml en una Zaranda Incubadora GFL 3033 a temperatura (30ºC) y agitación (100 rpm) constantes. Las muestras se filtraron por gravedad y la concentración de azul de metileno en solución se determinó espectrofotométricamente a 663 nm empleando un instrumento Kruss 6500. Todas las experiencias se llevaron a cabo por duplicado. Se emplearon blancos libres de colorante. Para el estudio del pH (2-11) y la concentración inicial de AM (10-400 ppm) se pusieron en contacto 0.1 g del adsorbente con 100 ml de solución de AM, que fue ajustada a los diferentes pH mediante la adición de HCl y NaOH. Seguidamente, se investigó el efecto de la dosis de biosorbente en la remoción de colorante (0.5-4 g/l) con una solución de 50 mg/L de AM a pH 8, hasta alcanzar el equilibrio.La data obtenida se ajustó a los modelos de isotermas de Langmuir y Freundlich. La selección del modelo más adecuado se realizó en base a los criterios de linealización, mejor coeficiente de correlación y ajuste con los datos experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del adsorbente.

El análisis químico arrojó que el meollo está compuesto por: celulosa 39 %, lignina 30 %, pentosas 21 %, cenizas 5 % y humedad 4 %. El pH en el punto de carga cero es una herramienta importante para el estudio de las características adsorbentes del material. Como se muestra en la figura 1 el valor del pH_{PCC} para el meollo es 6.94, esto significa que a $pH>pH_{PCC}$ predominan las cargas negativas por lo que se favorece la adsorción de especies catiónicas que es el objetivo de este trabajo. La cantidad de sitios ácidos y básicos totales presentes en el meollo fue determinada mediante titulaciones potenciométricas, observándose un mayor contenido de sitios ácidos (1.70 mmol H^+) que de básicos (0.41 mmol OH^-), lo cual sugiere que presentan una mayor eficiencia para remoción de especies catiónicas (e.g. colorantes básicos, iones metales) que de aniónicas.

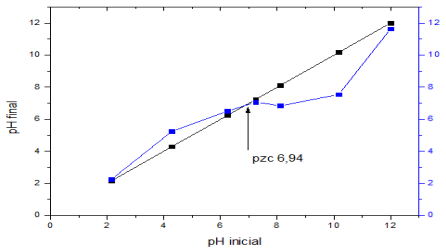


Figura 1. pH en el punto de carga cero (pHpcc) en el meollo

El espectro FTIR del meollo revela la presencia de numerosos picos asignados a las estructuras de los polímeros que la forman (celulosa, lignina y hemicelulosas), algunos son los responsables de las interacciones con los adsorbatos. Se destacan las bandas: 3334,14 cm^{-1}y 2916,90 cm^{-1}, asignadas al estiramiento de los grupos OH y C-H respectivamente; 1634 cm^{-1}- 1424 cm^{-1} asignadas a las vibraciones del esqueleto aromático; 1033,23 cm^{-1} asociadas con las vibraciones de la estructura de la celulosa.

Las imágenes obtenidas por microscopía electrónica de barrido SEM (Figura 2) corroboran la suposición inicial de que el meollo es un material poroso, ya que está constituido principalmente por tejido parenquimatoso que es el encargado de transportar y almacenar el agua y los nutrientes en la caña de azúcar.

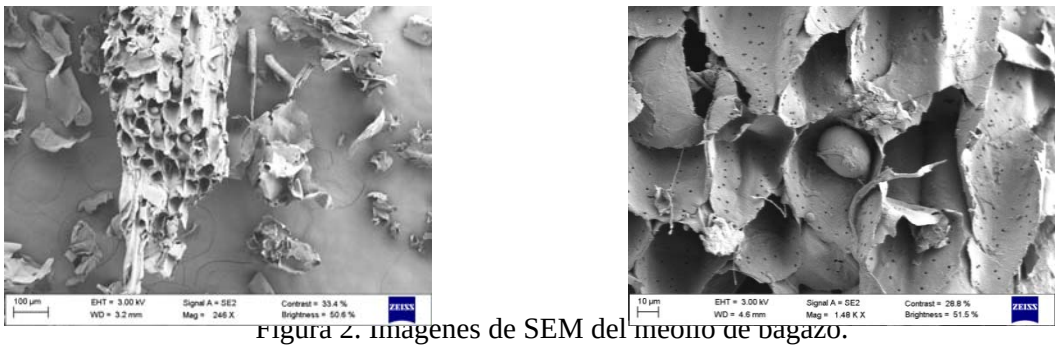


Figura 2. Imágenes de SEM del meollo de bagazo.

Evaluación de las propiedades de adsorción.

Influencia del pH del medio.
El pH es un factor importante que controla la adsorción del colorante sobre el adsorbente. La adsorción del AM sobre el meollo se estudió en el rango de 2 a 11, encontrándose que a pH > 6, este parámetro no influye sobre la adsorción, aquí se corrobora que a pH > pH_{PCC} predominan las cargas negativas que atraen al AM que es una tinta catiónica. Estos resultados son similares a los obtenidos por Patil (2011) y Rosas (2012) para materiales lignocelulósicos.

Influencia de la dosis de adsorbente.
La dosis de adsorbente se varió de 0,5 a 4 g/L, a una concentración inicial de AM 50 mg/L. Los resultados arrojan que a medida aumenta la dosis de meollo la concentración de AM en solución disminuye de 92 a 98 %, sin embargo de 2-4 g/L no varía significativamente, por lo que podemos concluir que la dosis óptima de meollo es 2 g/L.

Influencia dela concentración inicial de AM. Isotermas de adsorción.

Para investigar la dependencia de la concentración inicial en la adsorción del AM sobre el meollo se usaron concentraciones en el rango 10-400 mg/L. En la figura 3 se puede observar que a medida que aumenta la concentración inicial de AM se incrementa la capacidad de adsorción (q). La data experimental se empleó para describir el proceso de adsorción según los modelos que se mencionan a continuación.

Las isotermas de adsorción son importantes para describir como interactúa el colorante con el meollo. En este estudio se ajustaron los valores experimentales a los modelos de Langmuir y Freundlich. La selección del modelo más adecuado se realizó en base a los criterios de linealización, mejor coeficiente de correlación (R^2) y ajuste con los datos experimentales. Los resultados sugieren que la adsorción del AM sobre el meollo se ajusta al modelo de Freundlich (R^2: 0,9425), el cual asume que la interacción adsorbente-adsorbato es de tipo físico y supone que la superficie del adsorbente es heterogénea y que los sitios de adsorción tienen distintas afinidades, primero se ocupan las posiciones de mayor afinidad y posteriormente se van ocupando

el resto. Los valores de R_L (0,954) y n (1,30) obtenidos por ambos modelos indican que la adsorción del AM sobre el meollo es un proceso reversible y favorable según lo reportado por Mathivanan (2015). Se obtiene un valor de capacidad máxima de adsorción (q_{max}) de 250 mg de AM/ g de meollo.

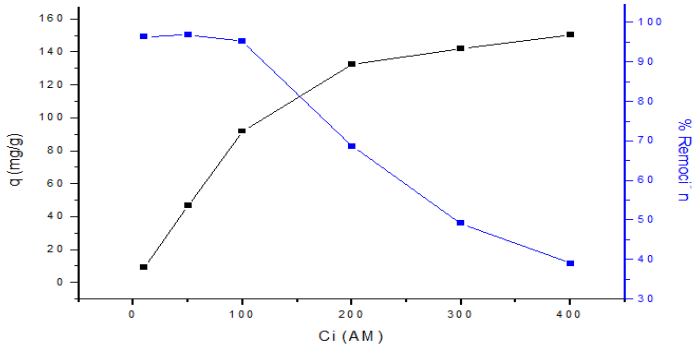


Figura 3. Influencia de la concentración inicial de AM sobre la capacidad de adsorción (q) y la remoción del colorante.

CONCLUSIONES

El meollo puede considerarse como un adsorbente de bajo costo para la remoción de azul de metileno en disoluciones acuosas, alcanzándose una remoción del 97 % a partir de una concentración inicial de AM de 50 mg/L en 60 minutos a 30ºC y pH 6-11. Los resultados indican que la adsorción del AM sobre el meollo se ajusta al modelo de Freundlich (R^2: 0,9425) y los parámetros calculados a partir de las isotermas R_L (0,954) y n (1,30) revelan que la adsorción es reversible y favorable. Se obtiene un valor de capacidad máxima de adsorción (q_{max}) de 250 mg de AM/ g de meollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Mathivanan, M.;Saranathan, E. S. (2015), Sugarcane bagasse- a low cost adsorbent for removal of methylene blue dyefrom aqueous solution. J. Chem. Pharm. Res.7(1):817-822.
- Nezamzadeh, E.A.; Kabiri, S.M. (2013), Effective removal of Ni(II) from aqueous solutions by modification of nanoparticles of clinoptilolite with dimethylglyoxime. Journal of Hazardous Materials 260, 339–349.
- Patil, S.; Renukdas, S.; Patel, N. (2011), Removal of methylene blue, a basic dye from aqueous solutions by adsorption using teak tree (Tectonagrandis) bark powder. Intern. Journal of Environm. Sciences 1(5), 711-726.
- Romero, P.; Marfisi, S.; Oliveros, P. y otros (2014), Obtención de celulosa microcristalina a partir de desechos agrícolasdel Cambur (Musa sapientum). Rev. Iber. Polímeros, 15(6), 286-300.
- Rosas, C.J.M. (2012), Aplicación de residuos agrícolas para el tratamiento de agua contaminada con colorantes. Trabajo presentado para obtener el Grado de MAESTRÍA EN CIENCIAS con orientación en Procesos Sustentables. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Julio 2012. Online: http:/ eprints.uanl.mx/3218/1/1080224622.pdf.Revisado 26-11-14.
- Yan, T.; Wang, L. (2013), Adsorptive Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Spent Mushroom Substrate: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics.BioResourses 8(3), 4722-4734.

METHANE YIELD AND SUBPRODUCTS FORMATION FROM PRESS MUD PRETREATED BY LIQUID HOT WATER

RENDIMIENTO DE METANO Y FORMACION DE SUBPRODUCTOS A PARTIR DE LA CACHAZA PRETRATADA POR AGUA CALIENTE PRESURIZADA

Authors**:** Lisbet Mailin López González[a,*], Ileana Pereda Reyes[b], Jo Dewulf[c], Osvaldo Romero, Jörn Budde[d], Monika Heiermann[d], Han Vervaeren[e].

a. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez" (UNISS).Centro de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Avenida de los Mártires 360.CP 60100, Sancti Spíritus, Cuba. (E-mail: *lisbet@uniss.edu.cu*, *osvaldo@uniss.edu.cu)*

b. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (Cujae). Centro de Estudio de Ingeniería de Procesos (CIPRO). Calle 114 No. 11901 e/ Rotonda y Ciclovía. Marianao. CP 19390, La Habana, Cuba. (E-mail: ileana@quimica.cujae.edu.cu)

c. Ghent University, Department of Sustainable Organic Chemistry and Technology, Coupure Links, 653, 9000 Ghent, Belgium. (E-mail: Jo.Dewulf@ugent.be)

d. Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany. (E-mail: jbudde@atb-potsdam.de, MHeiermann@atb-potsdam.de)

e. Laboratory of Industrial Water and Eco-technology (LIWET), Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University Campus Kortrijk, GraafKarel de Goedelaan 5, B-8500, Kortrijk, Belgium. (E-mail: Han.Vervaeren@UGent.be

Abstract

Sugarcane press mud was pretreated by liquid hot water (LHW) at different temperatures (140-210 °C) and pre-treatment times (5-20 min) in order to assess the effects on the chemical oxygen demand (COD) solubilisation, inhibitors formation and methane yield. The experimental results showed that a high degree of biomass solubilisation was possible using LHW. Higher methane yields were obtained at lower severities ($\log(R_o)$= 2.17-2.77) with (i) mild temperatures (140 to 150 °C) and long contact times (12.5 min, 20 min) or (ii) mild temperatures (175 °C) with short contact time (2 min). The highest increase in methane yield (up to 63%) compared to the untreated press mud was found at 150 °C for 20 min. At temperatures of 200 °C and 210 °C, low methane efficiency was attributed to the possible formation of refractory compounds through the Maillard reaction.

Keywords: Anaerobic digestion, LHW pre-treatment, press mud, filter cake.

Resumen

La cachaza fue pretratada con agua caliente presurizada a diferentes temperaturas (140-210 °C) y tiempo de pretratamiento (5-20 min) con el objetivo de evaluar su efecto sobre la solubilización de la demanda química de oxígeno, formación de inhibidores y rendimiento de metano. Como resultado se obtuvo un alto grado de solubilización de la biomasa con el incremento de la severidad del pretratamiento (log Ro). Sin embargo, rendimientos superiores se obtuvieron a bajas severidades ($\log(R_o)$= 2.17-2.77) con (i) temperaturas medias (140 y 150 °C) y largos tiempos (12.5 min, 20 min), o (ii) temperatura media (175 °C) con un tiempo corto (2 min). El máximo incremento en el rendimiento de metano (63%) fue a 150 °C con 20 min. A altas temperaturas (200 °C and 210 °C), bajos rendimientos obtenidos fueron atribuidos a la formación de compuestos refractarios por la reacción de Maillard.

Palabras claves: Digestión anaeróbica, pretratamiento por agua caliente presurizada, cachaza.

Introduction

Press mud is a potential source for methane production. However, the presence of a resilient biomass matrix (9.03%, 21.67% and 17.23% on dry basis for lignin, hemicelluloses and cellulose respectively) and a low COD solubilisation (around 21%) explains its low efficiency (40%) for bio-conversion processes.

Previous pre-treatment studies have focused on improving the digestibility of lignocellulosic material by many different means: mechanical, thermal, chemical, and through combined measures. Among these methods, liquid hot water (LHW) allows: no additional chemicals and no corrosion resistant materials for the hydrolysis reactors. The purpose of the present study is to evaluate the influence of the pre-treatment severity on the effectiveness of LHW pre-treatment of press mud for methane production, using a Central Composite Design (CCD) statistical experimental design.

2. Methods

The LHW press mud pre-treatment assays were conducted in a 600 ml Mini Reactor System, Model number 4568 (Parr Instruments, Moline, USA) [1]. A press mud sample of 100 g was mixed with 500 g of deionized water with a liquid to solid ratio of 5.5 and heated at varying temperatures (140-210 °C) under constant stirring (350 rpm) for different reaction times (2-23 min) (Table I).

Table I. Range of variables for the central composite design.

Variable	Axial point (-1.41)	Low level (-1)	Central level (0)	High level (+1)	Axial point (+1.41)
Temperature, *T* (°C)	140	150	175	200	210
Time, *t* (min)	2	5	12.5	20	23

VFA (acetic acid, propionic acid, butyric acid, valeric acid and iso-valeric acid) were determined by gas chromatography. Other organic compounds found in the liquid product of hydrothermally pre-treated biomass, such as gallic acid, hydroxymethylfurfural (HMF), furfural, vanillic acid, syringic acid, p-coumaric acid and ferulic acid were analysed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) -Agilent 1100 Series- equipped with a diode array detector -Agilent 1200 Series-.

Anaerobic digestion experiments with untreated and pre-treated press mud were carried out for measuring methane potentials. The temperature was set to 37.5 °C. Schott bottles (500 mL) with four port lids were used as reactors. The cumulative biogas production was measured by liquid displacement, and gas composition analysed by gas chromatography.

3. Results and discussion

3.1 Effect of LHW pre-treatment on the chemical composition of the liquid fraction.

In the experiments presented, several by-products were found in the hydrolysates from the degradation of sugars (furfural and HMF), aliphatic acids (mainly acetic acid) and phenolic acids produced by the solubilisation of the lignin.

The acetic acid concentration increases almost linearly with increasing severity factor, reaching values of 6132 and 5787 mg L^{-1} for pre-treatment severities of 4.25 (200 °C for 20 min) and 4.35 (210 °C for 12.5 min), respectively. Hot water cleaves hemiacetal linkages of hemicellulose and

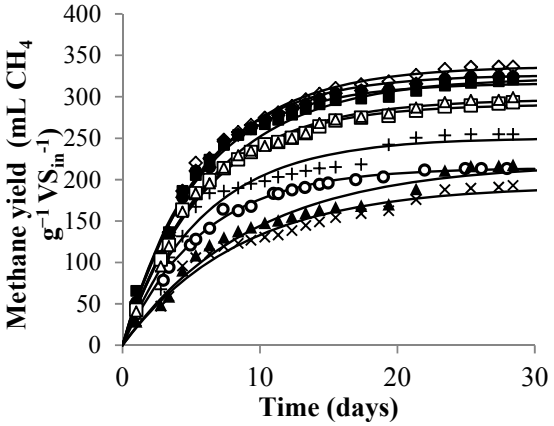
liberates O-acetyl and other acid moieties from hemicellulose so that acetic acid is formed. Related to increased formation of VFA as the temperature rises, pH of the liquid hydrolysate decreased from 6.21 to 3.96 (Table 2).

Among the aromatic acids analysed in the hydrolysate, p-coumaric acid predominated in all samples, whereas ferulic acid was detected at lower levels. Furfural and HMF were found in all the samples analysed. Higher concentrations of furfural were released at $\log(R_o)$=3.31 (175 ^oC, 12.5 min), $\log(R_o)$=3.57 (175 ^oC, 23 min) and $\log(R_o)$=3.64 (200 ^oC, 5 min), with a marked increase at 200 °C for 5 min. The maximum furfural concentration determined was 1.21 g L^{-1} (0.73 g/100 g press mud) at 200 °C for 5 min. In the case of HMF concentrations varied from 34.08 to 362 mg L^{-1}, with the maximum value at $\log(R_o)$=2.49 (175 ^oC, 2 min).

3.2. BMP tests results.

The hydrothermal pre-treatment of press mud increased the methane yield for pretreatments with severities up to $\log(R_o)$=3.64, with significant differences when compared with the untreated press mud (Fig. 1). Higher methane yields were obtained at lower severities ($\log(R_o)$=2.17-2.77), which correspond to temperatures of 140 °C for 12.5 min, 150 °C for 5 and 20 min, and 175 °C for 2 min. The methane yields ranged from 321.95 to 340.80 mL CH_4 $g^{-1}VS_{in}{}^{-1}$, when those pre-treatments were applied. The maximum yield was attained at 150 °C and 20 min, with a 63% increase over the untreated press mud. Specifically, low pre-treatment temperatures do not break significantly lignocellulosic bonds, but promote organic matter hydrolysis and breakdown during anaerobic digestion. This effect benefits organic matter degradation by anaerobic bacteria, and consequently improves methane production.

Fig. 1. Cumulative methane production (STP) for untreated and pre-treated press mud.



Untreated press mud (○), 150 °C_5 min (♦), 150 °C_20 min (◊), 200°C_5 min (+), 200 °C_20 min (x), 140 °C_12.5 (●), 210 °C_12.5 min (▲), 175°C_2 min (■), 175°C_23 min (□), 175°C_12.5 min (Δ).

Time spans higher than 2 min at 175 °C led to a reduction of methane yield up to 11%, which suggests the formation of complex recalcitrant substances and/or toxic compounds at more severe pre-treatment conditions. That behaviour was harsher at the highest pre-treatment severities (3.64, 4.25 and 4.35), which corresponds to 200 °C for 5 min, 200 °C for 20 min and 210 °C for 12.5 min, respectively.

In comparison with the untreated press mud, the methane yield increased only by 20% and 2% when 200 °C for 5 min and 210 °C for 12.5 min were applied, respectively. At 200 °C for 20 min the methane yield decreased by 9% compared to untreated press mud. Although furfural was found up to concentrations of 1.21 g L^{-1}it can be assumed that no inhibition is possible according to reported inhibitory values [2]. In the same way, HMF and phenolic acids were found at lower concentrations than that reported as inhibitory. This is 10 g L^{-1} and 3 g L^{-1}, respectively, according to Monlau et al. 2013 [2]. It is assumed that the formation of complex

recalcitrant substances in the substrate matrix called melainodines might explain these findings, as has been ascribed in the case of thermal pre-treatment at 170 °C of sunflower oil cakes [3].

Table I. Maximum methane yield, first order rate constant (k) and initial and final pH during the tests of both untreated press mud and under different pretreatment conditions.

Run	log(Ro)	y_{max} (mL CH_4 $g^{-1}VS_{in}^{-1}$)	k (d^{-1})	R^2	pH_i	pH_f
Untreated	0.00	$209.17^{b} \pm 10.46$	$0.17^{d} \pm 0.017$	0.96	7.69	7.87
1	2.17	$323.44^{e} \pm 3.06$	$0.18^{d} \pm 0.005$	0.99	7.67	7.77
2	2.77	$340.80^{f} \pm 5.31$	$0.17^{c,d} \pm 0.003$	0.99	7.66	7.75
3	3.64	$252.89^{c} \pm 4.12$	$0.17^{b} \pm 0.023$	0.97	7.27	7.84
4	4.25	$189.76^{a} \pm 5.88$	$0.12^{a} \pm 0.000$	0.97	7.20	7.87
5	2.26	$321.95^{e} \pm 8.01$	$0.15^{b,c} \pm 0.009$	0.99	7.80	7.82
6	4.35	$214.68^{b} \pm 7.53$	$0.11^{a} \pm 0.006$	0.97	7.14	7.81
7	2.49	$320.94^{e} \pm 7.95$	$0.18^{e} \pm 0.001$	0.99	7.68	7.69
8	3.57	$288.03^{d} \pm 4.12$	$0.17^{d} \pm 0.005$	0.99	7.50	7.82
9	3.31	$299.53^{d} \pm 4.67$	$0.16^{c,d} \pm 0.002$	0.99	7.72	7.81

The maximum increase found here was similar to that reported by Budde et al. (2014) [1] at a mild temperature (160 °C), but lower contact time (5 min) and faster heating time (6 °C/min). In a study on sunflower oil cake, an increase of methane yield of 20% was observed at 170 °C for 5 min [3]. More severe pre-treatment conditions (230 °C for 15 min) were effective in increasing the biochemical methane potential of oil palm empty fruit bunches by 29% [4]. Nevertheless, interstudy comparisons are almost impossible due to the variability in substrates characteristics, equipment used for the pre-treatment, as well as operational conditions (e.g., solid/liquid ratio, mass/volume ratio, heating time, pressure, temperature, pre-treatment time, stirring).

Regarding reaction kinetics, the k values ranged from 0.107 to 0.181 d^{-1}. It is expected that reaction kinetics on pretreated biomasses decreases k-values as it will take longer to obtain a complete digestion as more and complex substances are made available for digestion. For pre-treatments with higher severities k was found slightly lower.

4. Conclusions

The better pre-treatment conditions were found at lower severities ($\log(R_o)$= 2.17-2.77) when coupling(i) low temperature (140°C, 150 °C) with a long contact time (12.5 min, 20 min) and (ii) milder temperature (175°C) with a short contact time (2 min).

References

1. Budde J, Heiermann M, Suárez-Quiñones T, Plöchl M. Effects of thermobarical pretreatment of cattle waste as feedstock for anaerobic digestion. *Waste Manag* 2014; **34**: 522–9.
2. Monlau F, Trably E, Barakat A et al. Do by-products of thermochemical treatment of lignocellulosic materials inhibit anaerobic mixed cultures? Overview of recent findings. 13th World Congress on Anaerobic Digestion Recovering (bio) Resources for the World; 2013 25-28 June 2013; Santiago de Compostela, Espana; 2013.
3. Monlau F, Latrille E, Da Costa AC et al. Enhancement of methane production from sunflower oil cakes by dilute acid pretreatment. *Appl Energy* 2013; **102**: 1105-13.
4. O-Thong S, Boe K, Angelidaki I. Thermophilic anaerobic co-digestion of oil palm empty fruit bunches with palm oil mill effluent for efficient biogas production. *Appl Energy* 2012; **93**: 648-54.

INCIDENCIA DEL CONTENIDO DE SULFATO EN LAS VINAZAS Y SU RESPUESTA EN LA CALIDAD DEL BIOGÁS Y LOS SISTEMAS DE ADECUACIÓN PARA SU USO. ESTUDIO DE CASO

INCIDENCE OF SULPHATE CONTENT IN VINASSES AND RESPONSE IN BIOGAS QUALITY AND THE ADAPTATION SYSTEMS FOR ITS USE. STUDY-CASE

Yaniris Lorenzo Acosta, Fidel Domenech López, Manuel Díaz de los Ríos y Norge Garrido Carralero, Roxana Fernández Arias.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
yaniris.lorenzo@azcuba.icidca.cu

RESUMEN

En el trabajo se caracteriza la vinaza de una destilería, la que es posteriormente suplementada a dos niveles de sulfato de magnesio y sometida a ensayos de actividad metanogénica específica para evaluar el contenido de CH_4 en el biogás. Mediante simulación con PRO II se evalúa el consumo de agua en la desulfuración del biogás y sus costos de adecuación para la sustitución de fuel oil en calderas. Los valores alcanzados de AEM en cada condición de este estudio fueron de: 0,76 y 0,46 $gDQO_{CH4}$/gSSV.d al emplear vinaza de menor contenido de sulfato y vinaza de mayor contenido de sulfato, respectivamente. Se evidencia que a mayor contenido de H_2S en el biogás se necesita mayor cantidad de agua de proceso para lograr su remoción hasta concentraciones inferiores a 0,1% y que la vinaza cuyo contenido de sulfato es menor, posee menor impacto ambiental al consumir una menor cantidad de agua y lograr una mayor sustitución de fuel oil; por consiguiente las emisiones de CO_2 se reducen en un 14,11% y los costos de adecuación en un 16% con respecto al caso de mayor contenido de sulfato.

Palabras claves: vinaza de destilería, biogás, desulfuración.

ABSTRACT

In this work a vinasses distillery is characterized, which is then supplemented with two levels of magnesium sulfate and subjected to specific methanogenic activity tests to assess CH4 content in the biogas. By means of PRO II simulation water consumption is evaluated in the desulfurization of biogas and its costs of adapting to replace fuel oil in boilers. AEM values achieved in each condition of this study were 0.76 and 0.46 gDQOCH4 / gSSV.d to use less stillage content and higher sulfate stillage content, respectively. It is evident that the greater the content of H2S in the biogas is the greater amount of water is needed to achieve its removal to less than 0.1% concentrations, and vinasse whose sulfate content is less, has less environmental impact by consuming less amount of water and greater substitution of fuel oil; therefore CO2 emissions are reduced by 14.11% and the costs of adaptation by 16% comparing to the case of higher sulfate content.
Keywords: distillery vinasse treatment, biogas, desulphuration.

INTRODUCCIÓN

La producción de etanol y su uso como combustible se ha incrementado notablemente a nivel mundial, como resultado de la crisis energética de los años 70` Como consecuencia de estas producciones se generan las vinazas de destilerías, residual de mayor impacto de la industria alcoholera, por los grandes volúmenes (7-15 Lvi/Let), materia orgánica (15-65 $kgDQO/m^3$), acidez (pH alrededor de 4) y color oscuro que poseen

(Colectivo de autores, 2012). De ahí la dimensión de su impacto ambiental, si no se tratan adecuadamente (Cabrera, 2013).
Numerosos autores aseguran que la digestión anaerobia es la opción más sustentable para el tratamiento primario de efluentes de altas cargas orgánicas, como las vinazas de destilerías (Cabrera, 2013; Terry, 2012). Por otra parte amplios son los informes sobre la toxicidad de los sulfatos sobre la digestión anaerobia y su impacto, tanto en el medio ambiente, como en la digestión anaerobia en sí, al disminuir en el biogás el contenido de metano (CH_4) y aumentar el de sulfuro de hidrógeno (H_2S), compuesto, este último, corrosivo y dañino para la salud y el ambiente (Barrera, 2014; Terry, 2012).
Estudios recientes sobre las características de las vinazas de destilería cubanas en la zafra 2008-2012 evidencian que estas vinazas poseen altos contenidos de sulfatos (1,5-3,8 g SO_4^{2-}/L) y elevadas cargas orgánicas (47-65 kg DQO/m^3) (CENGMA-LAGUAZUR, 2012), que conjuntamente con los grandes volúmenes de generación (12-20 Lvi/Let) (Cabrera, 2013), constituye una de las industrias de residuales líquidos más contaminantes del país.
Teniendo en cuenta los antecedentes anteriores, **el objetivo del trabajo** es estudiar el impacto del contenido de sulfatos de las vinazas cubanas y la incidencia en la calidad del biogás y los costos de desulfuración para su uso como combustible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de estudiar la influencia de los sulfatos sobre la digestión anaerobia y la respuesta en el contenido de metano del biogás, se utiliza una misma fuente de vinaza de destilería a dos niveles de sulfato, 2,3 g/L y 4,3 g/L respectivamente, a partir de la adición de sulfato de magnesio ($MgSO_4$). La experimentación se realiza empleando el ensayo de Actividad Metanogénica Específica (AME), según metodología de Field *et al*., (1998). Se utilizó para ello biorreactores de 400 mL y 302 mL de inóculo proveniente de un reactor UASB de 2,5 L que trata vinazas de destilerías cubanas, el que fue mantenido en condiciones anóxicas hasta su utilización.
En el trabajo se estudia del impacto de la calidad del biogás y su contenido en CH_4 y H_2S en el proceso de desulfuración, desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Se emplea para ello el programa de simulación PRO II de Naciones Unidas (ONU, 2005), teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- En ambos casos de estudio se tiene en cuenta la producción de una destilería que genera 500 hL por día y 800 m^3 de vinaza diariamente las que se tratan de forma anaerobia para producir alrededor de 18500 m^3 biogás/d sin desulfurar.
- El análisis de simulación en la torre desulfuradora se realiza mediante el empleo de dos fuentes de biogás de diferentes contenido de H_2S y CH_4: *caso 1* (3% H_2S y 55,67% CH_4) y *caso 2* (0,5% H_2S y 60,17% CH_4), respectivamente.
- El proceso de desulfuración consiste en una torre de absorción de 2,6 m de altura y 1,5 m de diámetro con un tiempo de retención (TRH) de 10 min y el medio de absorción es agua de proceso.
- Todo el biogás se empleará para generar vapor en caldera en los 270 días de campaña.

El consumo de agua de proceso en cada caso de estudio se determina a partir del análisis de sensibilidad que permite realizar el programa de simulación, fijando como variable restrictiva la concentración de 0,1% de H_2S en el biogás de salida, según exige la norma de uso (NOM-137-SEMARNAT-2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vinaza utilizada para el caso de estudio posee una DQO de 72,62 g/L a dos niveles de sulfato (2,3 y 4,3 g/L, respectivamente) y el inóculo 18,8 g SSV/L.
Los valores alcanzados de AEM en cada condición de este estudio fueron de: 0,76 y 0,46 gDQO_{CH4}/gSSV.d al emplear vinaza de menor contenido de sulfato y vinaza de mayor contenido de sulfato, respectivamente. El

bajo valor de AME (0,46) en este estudio predice la presencia y proliferación de las bacterias sulfato reductoras (BSR) en el consorcio bacteriano anaerobio, y una mayor competencia de estas bacterias y las metanógenas, lo que conllevó a una menor producción de metano y paralelamente a una mayor producción de H_2S (Ferrer y Pérez, 2010). Similar comportamiento fue obtenido por Obaya y col. (2008) tratando vinazas con un contenido de sulfato 15,81 g/L; la AME alcanzada fue de 0,37 $gDQO_{CH4}$/gSSV.d, inferior a este estudio. Los resultados anteriores evidencian que el potencial de producción de metano, está influenciado por el contendido de sulfato en los efluentes a tratar.

La simulación del proceso de desulfuración a dos niveles de composición de biogás se ilustra en la Tabla I

Tabla I. Resultados del análisis de sensibilidad en la torre absorción

C	**Corridas**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
a	Agua (m^3/h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**10**
s	H_2S en BiogásD (%)	3,00	2,6	2,2	1,80	1,38	1,00	0,67	0,40	0,22	0,11	**0,05**
o	CH_4 en BiogásD %	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	**0,53**
1	Pérdida CH_4 (%)	0	0,8	1,6	2,5	3,37	4,21	5,05	5,89	6,74	7,61	**8,48**
C												
a	Agua (m^3/h)	0	1	2	3	4	5	6	**7**	8	9	10
s	H_2S en BiogásD (%)	0,50	0,43	0,36	0,30	0,23	0,16	0,11	**0,07**	0,04	0,02	0,01
o	CH_4 en BiogásD (%)	0,60	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	**0,57**	0,56	0,56	0,55
2	Pérdida CH_4 (%)	0	0,81	1,70	2,52	3,40	4,23	5,07	**5,91**	6,75	7,59	8,44

BiogásD: Corriente de biogás de salida en la torre de absorción

La tabla I evidencia que a mayor contenido de H_2S en el biogás, *caso 1* se necesita mayor cantidad de agua de proceso para lograr remover este compuesto hasta concentraciones de 0,1%. En el este caso se necesitan 10 m^3/h de agua y en el *caso 2* solo 7 m^3/h para una reducción del 30%. L tabla II también revela que cuando se logra 0,1% de H_2S en el biogás de salida, el porciento de CH_4 en el *caso 1*es menor que en el *caso 2* (0,53% y 0,59 respectivamente). Resultado obtenido no solo por contener el biogás a desulfurar, menor porciento de CH_4, sino por la solubilidad de este compuesto, que al requerir mayor volumen de agua para la absorción, las pérdidas son mayores en el *caso 1* (8,48%) comparado con el *caso 2* (5,91%).

La tabla II relaciona los resultados de los balances de materiales una vez desulfurado el biogás hasta los niveles normados (NOM-137-SEMARNAT-2003) para cada condición de estudio.

Tabla II. Composición del biogás en la corriente de entrada y salida de la torre de absorción.

Caso 1 (3% H_2S)	**Biogás**	**CH_4**	**CO_2**	**H_2S**	**H_2O**	**O_2**
Flujo entrada (m^3/h)	771	444,64	274,71	23,13	23,13	5,40
Flujo salida (m^3/h)	581,24	406,87	145,89	0,58	22,67	5,23
Caso 2 (0,5% H_2S)	**Biogás**	**CH_4**	**CO_2**	**H_2S**	**H_2O**	**O_2**
Flujo entrada m^3/h	771	463,91	274,71	3,86	23,13	5,40
Flujo salida m^3/h	669,61	440,60	196,87	0,67	26,11	5,36

La tabla II evidencia que la cantidad de biogás obtenido es mayor en el segundo caso de estudio, así como su contenido en CH_4, resultado de la solubilidad del CH_4, al requerir menor cantidad de agua en el proceso de desulfuración.

Los costos de adecuación del biogás para su uso como combustible se calculan mediante la sustitución del fuel oil a combustionar en una caldera que genera 10 t/vapor por hora. El impacto ambiental de las dos fuentes de biogás estudiadas se calcula a través de la reducción de la quema del combustible fósil en caldera y las emisiones de CO_2 generadas en cada caso (2,2 t CO_2/t fuel oil) (Ribas, 2014), así como por el consumo de agua de proceso como recurso natural. Los resultados de este análisis se reflejan en la tabla III.

Tabla III. Análisis ambiental y económico para cada caso de estudio.

Análisis ambiental	Consumo de petróleo (t/a)	Consumo de agua (m^3/a)	Liberación de CO_2 (t/a)
Caso 1	3204,28	64800	7049,42
Caso 2	2752,21	45360	6054,85
Análisis económico	Gasto anual de petróleo (MT/t.a)	Gasto anual de agua (MT/m^3.a)	Gasto Total ($/a)
Caso 1	1686566	200880	1887446
Caso 2	1448617	140616	1589233

La tabla III evidencia que el *caso 2* posee menor impacto ambiental porque consume menor cantidad de agua y fuel oil, por consiguiente las emisiones de CO_2 se reducen en un 14,11%, además de la reducción de los costos de producción en un 16% con respecto al *caso 1*.

CONCLUSIONES

1. Tratar de forma anaerobia, vinazas de destilerías con alto contenido de sulfato, traerá consigo la producción de un biogás de menor poder calórico y altamente corrosivo, que conlleva a emplear sistemas de desulfuración más costosos en la tecnología de adecuación del biogás para su uso como combustible.
2. En el trabajo se comprueba que al emplear vinazas de 2 g/L de sulfato se obtiene un potencial de metano de 0,76 $gDQO_{CH4}$/gSSV.d y para 4 g/l de 0,46 $gDQO_{CH4}$/gSSV.d, respectivamente También se corrobora que cuando se desulfura una corriente de biogás con 0,5% H_2S y 60,17% CH_4, el costo de adecuación para su uso en calderas es menor en un 16%, que cuando se desulfura un biogás de 3% H_2S y 55,67% CH_4; así como el impacto ambiental por la sustitución de combustible también es menor en un 14,11%, teniendo en cuanta las emisiones de CO_2 asociadas a esta reducción.

REFERENCIAS

1. Barrera E.L. (2014), Anaerobic digestion of a very high strength and sulfate-rich vinasse: from experiments to modeling and sustainability assessment. Thesis submitted in requirements for the degree of Doctor (PhD) in Applied Biological Sciences. Universiteit Gent, Belgium.
2. Cabrera, A. (2013), Tratamiento de vinazas en un filtro anaerobio empacado de flujo ascendente. Tesis en opción al grado de Máster en Ingeniería Ambiental. ISPJAE, La Habana, Cuba.
3. CENGMA-LAGUAZUR, (2012). Caracterización de las vinazas de destilerías cubanas. Informe interno de resultados del laboratorio LAGUAZUR del ICIDCA año 2008-2012.
4. Colectivo de autores. (2012), Biocombustìveis. 1ra Ed. Interciencia de Brasil. Vol. 2.
5. Field, J., Cierra, R., Lettingan, G., Ensayos anaeróbios"4to Seminario de Depuración Anaerobia de Aguas Residuales". [CD-ROM]. Valladolid, España: Universidad Valladolid, Secretariado de publicaciones, 1998. <pp 52-81>. [20 enero 2010].
6. NOM-137-SEMARNAT-2003, Contaminación atmosférica. Plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos- Control de emisiones de compuestos de azufre. Norma oficial mexicana, mayo 2003.
7. Obaya y col., Compendio de los Derivados de la Caña de Azúcar. [CD-ROM] versión 2008. La Habana: ICIDCA, 2008. Disponible en: <monografías/ monografía 23> [5 mayo 2014].
8. Naciones Unidas (ONU). PRO II. [key] versión 9.Triesty, Italia: 2005.
9. Ribas, M. (2014), Metodología de análisis y simulación de procesos para sistemas de fermentación alcohólica. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. ICIDCA.
10. Terry, A. I. (2012), Comportamento da Biomassa de Reator Anaeróbio Utilizado no Processamento de Vinhaça de Destilaria de Álcool. Tese Doutorado., Universidade de São Paulo, São Carlos, Brazil.

DYNAMICAL BEHAVIOR OF THE SULFATE REDUCTION PROCESS IN THE ANAEROBIC DIGESTION OF A VERY HIGH STRENGTH AND SULFATE RICH VINASSE

COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL PROCESO DE REDUCCIÓN DE SULFATOS DURANTE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE UNA VINAZA DE ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y AZUFRE

Ernesto L. Barrera[ad*], Henri Spanjers[b], Osvaldo Romero[a], Elena Rosa[c], Jo Dewulf[d]

[a] Study Center of Energy and Industrial Processes, Sancti Spiritus University. Ave de los Martires 360, 60100 Sancti Spiritus, Cuba. (E-mail: ernestol@uniss.edu.cu, osvaldo@uniss.edu.cu)
[b] Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Water Management, Section Sanitary Engineering, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands. (E-mail: H.L.F.M.Spanjers@tudelft.nl)
[c] Applied Chemistry Center, Central University of Las Villas. Road to Camajuaní Km 5.5, 54830 Santa Clara, Villa Clara, Cuba. (E-mail: erosa@uclv.edu.cu)
[d] Research Group ENVOC, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium. (E-mail: ErnestoLuis.BarreraCardoso@UGent.be, Jo.Dewulf@UGent.be)

Abstract: This article shows the dynamical behavior of the sulfate reduction process in the anaerobic digestion of a very high strength and sulfate rich vinasse. The results showed an increase in H_2S_{gas} of up to 33%, when influent COD (inf_COD) and influent SO_4^{2-} (inf_SO_4^{2-}) increased at a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.05. A decrease of inf_COD together with an increase of inf_SO_4^{2-} caused propionic acid degradation (up to 90%), suggesting strong contribution of propionate degrading sulfate reducing bacteria at SO_4^{2-}/COD ratios ≤ 0.10, in contrast to literature results. The inf_COD and inf_SO_4^{2-} fluctuations at a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.10 caused inhibition by $H_2S_{aq,}$ $[H_2S]_{free}$ and propionic acid to sulfate reducing bacteria (SRBs), methanogens or both. Based on the closed mass balances results, the data presented here are considered reliable for calibrating mathematical models.
Keywords: biogas production; dynamic behavior; inhibition; sulfate reduction; vinasse

Resumen: Este artículo muestra el comportamiento dinámico del proceso de reducción de sulfatos durante la digestión anaerobia de una vinaza de alto contenido de DQO y SO_4^{2-}. Los resultados mostraron un incremento del 33% del H_2S_{gas} cuando la DQO y los SO_4^{2-} en la vinaza se incrementaron (SO_4^{2-}/DQO = 0.05). Una reducción de la DQO y un incremento de los SO_4^{2-} en la vinaza causaron una degradación del 90% del propiónico, sugiriendo una fuerte contribución de las bacterias sulfato-reductoras (SRB), en contraste con la literatura. Las fluctuaciones de DQO y SO_4^{2-} en la vinaza causaron inhibición por $H_2S_{aq,}$ $[H_2S]_{free}$ y ácido propiónico a las SRB, las metanógenas o ambas (SO_4^{2-}/COD = 0.10). Basado en el ajuste de los balances de masas, los datos presentados fueron considerados fiables para calibrar modelos matemáticos.
Palabras claves: Producción de biogás, comportamiento dinámico, inhibición, reducción de sulfatos, vinazas

Introduction

Many industrial processes, especially in the food and fermentation industries, generate wastewaters with high levels of organic matter and sulfate. Vinasse obtained from ethanol distillation in the sugar cane industry is a typical example of a sulfate rich liquid substrate. The anaerobic digestion of vinasse promotes the activity of sulfate reducing bacteria (SRB) producing H_2S, which is distributed among H_2S_{aq} ($[H_2S]_{free}$, HS^- and S^{2-}), insoluble metallic sulfides and H_2S_{gas}. Typically, the ratio SO_4^{2-} to chemical oxygen demand (COD) in sugar cane vinasse (as g SO_4^{2-} g COD^{-1}) ranges from 0.05 to 0.10 [1]. Sulfate reduction at those SO_4^{2-}/COD ratios has been studied [2]. However, knowledge about sulfate reduction of substrates at very high COD concentration of vinasses (between 30 and 130 g COD L^{-1}, [1]) is needed. The variations in the COD and SO_4^{2-} concentrations of vinasse may cause dynamical responses in the sulfate reduction process

during the anaerobic treatment, influencing the reactor performance as well as the biogas quality and the performance of the gas treatment processes. Therefore, the research described in this article describes the dynamical behavior of the sulfate reduction process in the anaerobic digestion of a very high strength and sulfate rich vinasse.

1. Materials and methods

A 3.5 L working volume UASB reactor was used. A schematic representation of the experimental setup used during the experiments is shown in Fig. 1. The characteristics of the sludge and the vinasse used during the whole experimental period can be found in [3].

The hydrodynamic conditions were kept constant during the experiments and the analytical procedures were shown in Barrera et.al [3]. The buffering capacity of the recycled effluent was used to neutralize vinasse to a pH range of 7.0 - 7.5. A summary of the operating conditions is shown in detail in Table 1.

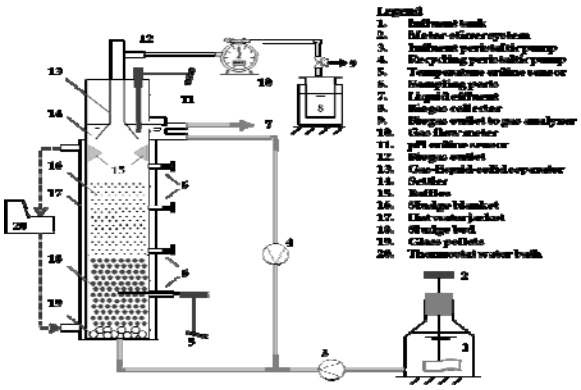


Fig. 1. Schematic representation of the experimental setup

Table 1. Summary of the operating conditions for each experiment

Experiment	Duration (d)	SO_4^{2-}/COD (g SO_4^{2-} g COD^{-1}) (approximate)	inf_COD (g COD L^{-1}) (approximate)	inf_SO_4^{2-} (g SO_4^{2-} L^{-1}) (approximate)	OLR (g COD L_R^{-1} d^{-1}) (average)	SLR (g SO_4^{2-} L_R^{-1} d^{-1}) (average)
E-1	1-7	0.05	38	1.75	7.66	0.36
E-2	8-15	0.05	48	2.20	9.83	0.45
E-3	16-26	0.05	58	2.65[a]	12.00	0.53
E-4	27-36	0.10	38	3.65	7.90	0.76
E-5	37-45	0.10	48	4.60	9.89	0.95
E-6	46-49	0.10	56	5.50	10.79	1.12

[a] concentration applied at day 19. OLR: Organic loading rate. SLR: Sulfate loading rate.

2 Results and discussion

The dynamical behavior at SO_4^{2-}/COD ratios of 0.05 and 0.10 for the experiments E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 and E-6 is shown in Fig. 2. At a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.05, the increase of inf_COD and inf_SO_4^{2-} (day 8) caused a gradual increase of biogas production and H_2S_{gas}, while H_2S_{aq} and $[H_2S]_{free}$ remained constant (Fig. 2A, 2B and 2D). The stripping effect of a higher biogas production keeps H_2S_{aq} and $[H_2S]_{free}$ constant despite inf_SO_4^{2-} was increased, as explained by Wilkie et al. [1]. At day 16th, the further increase of inf_COD provoked a gradual increase of the biogas production while sulfur species concentrations (H_2S_{aq}, $[H_2S]_{free}$ and H_2S_{gas}) remained constant. A stoichiometric amount of 1.49 g SO_4^{2-} is required to degrade 1 g COD, therefore the experiments were performed under sulfate limiting conditions (see SO_4^{2-}/COD ratios in Table 1). For that reason, the constant concentration of the sulfur compounds from day 16th to 19th was attributed to sulfate limitations (constant inf_SO_4^{2-}). In addition, the results suggested that the stripping effect due a higher biogas production is negligible when inf_SO_4^{2-} remains constant. A subsequent increase of inf_SO_4^{2-} (day 19) showed an instantaneous increase of H_2S_{gas}, keeping H_2S_{aq} constant. Therefore, an increase of H_2S_{gas} from 25 to 33% (reducing the biogas quality) is expected when both inf_COD and inf_SO_4^{2-} are increased from 21 to 26% at a constant SO_4^{2-}/COD ratio of 0.05. As the maximum concentrations of H_2S_{aq} and $[H_2S]_{free}$ were 200 and 75 mg S L^{-1} respectively (Fig. 2A and 2B), no inhibition of methanogens and SRBs was expected. H_2S_{aq} and $[H_2S]_{free}$ inhibitory limits ($7.2 < pH < 7.4$) have been reported above 564 mg S L^{-1} [4] and 150 mg S L^{-1} [5], respectively.

An increase in the concentrations of propionic (1060 mg L^{-1}) and acetic (715 mg L^{-1}) acid was observed from days 16 to 18 as a result of the increase in inf_COD. However, the increase in the propionic acid concentration together with the slight decrease in acetic acid concentration, when the inf_SO_4^{2-} increased on day 19, suggested inhibition of propionate degrading bacteria (pDB) (Fig. 2C). This inhibition might occur as a result of propionic acid concentrations above 900 mg L^{-1} [6,7], and $[H_2S]_{free}$ concentrations above 70 mg S L^{-1} [5], due to the higher sulfide sensitivity of pDB in comparison to methanogens [8].

At day 27, the SO_4^{2-}/COD ratio of 0.10 was applied (from E-3 to E-4). The double-pulse inf_COD decrease (- 34%) and inf_SO_4^{2-} increase (+ 38%) lowered the biogas production (- 25%), increased H_2S_{aq}, $[H_2S]_{free}$ and H_2S_{gas} (up to 400, 100 and 40 mg S L^{-1}, respectively), and reduced the propionic acid concentration with 90% after 3 days (Fig. 2A, 2B, 2C and 2D). However, at SO_4^{2-}/COD ratios ≤ 0.10 the predominant route for propionate degradation has been reported as syntrophic oxidation of propionic acid by pDB coupled to sulfate reduction by hydrogenotrophic SRB (hSRB) using the generated hydrogen [2]. The drastic reduction of the propionic acid concentration was attributed to increased propionate SRB (pSRB) activity. This assumption was based on several observations: (1) the inf_COD decrease could reduce the available hydrogen for hSRB increasing the available SO_4^{2-} for pSRB, (2) the increase of inf_SO_4^{2-} additionally increased the available SO_4^{2-} for pSRB, (3) propionate is consumed by pSRB (ΔG° = - 37.8 kJ mol^{-1}) rather than pDB (ΔG° = + 76.1 kJ mol^{-1}) if sulfates are available [5], and (4) in the anaerobic digestion of vinasse, a similar reduction in the OLR (- 34%) caused 70% reduction in the propionic acid concentration after 50 days when the inf_SO_4^{2-} was not increased [9].

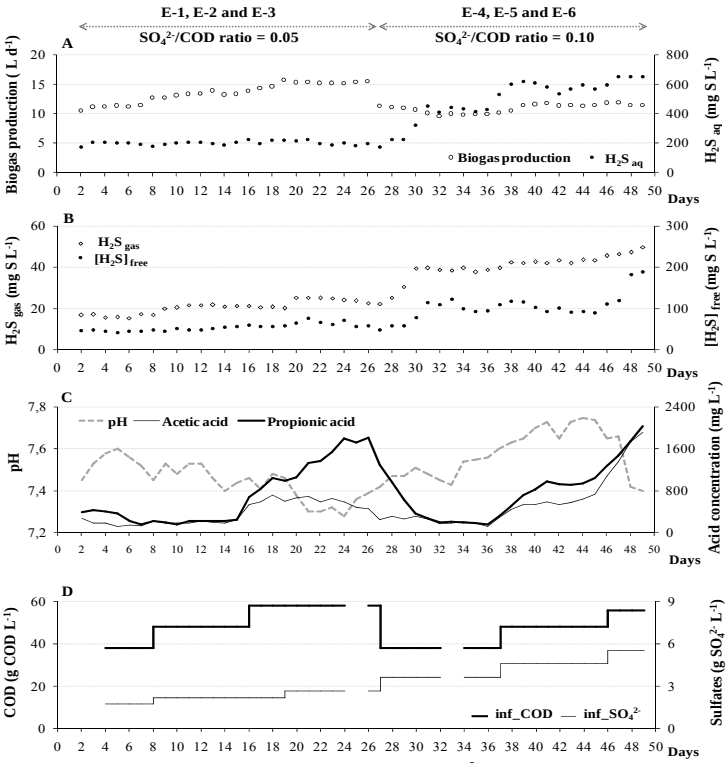


Fig. 2. Dynamical behavior at low SO_4^{2-}/COD ratios. Experiments E-1, E-2, E-3 at the SO_4^{2-}/COD ratio of 0.05 and experiments E-4, E-5, and E-6 at the SO_4^{2-}/COD ratio of 0.10. (**A**) biogas production and H_2S_{aq}, (**B**) $[H_2S]_{free}$ and H_2S_{gas}, (**C**) pH, and propionic and acetic acids, and (**D**) inf_COD and inf_SO_4^{2-} pulses

A frequently reported undesirable phenomenon encountered during the anaerobic treatment of vinasse is the volatile fatty acid accumulation, principally propionic acid. Therefore, the double-pulse 'inf_COD decrease and inf_SO_4^{2-} increase' can be considered as an operational strategy to reduce propionic acid accumulation in the anaerobic treatment of vinasse. In that case, pSRB can contribute to the degradation of propionic acid at SO_4^{2-}/COD ratios ≤ 0.10 which is in contrast to literature reports [2], that have considered only hSRB activity at these ratios. Further application of modeling tools based on the kinetic coefficients, mass transfer properties and reactor configuration may support the above findings.

At a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.10 (E-4, E-5 and E-6), the increase of inf_COD and inf_SO_4^{2-} at day 37 (Fig. 2D) doubled H_2S_{aq} (600 mg S L^{-1}) and slightly increased the biogas production (by 1.7 L d^{-1}). As the pH increased above 7.6, $[H_2S]_{free}$ remained constant below the inhibitory limits for methanogens and SRBs, while H_2S_{gas} increased by 10% only. A small deterioration of the biogas quality (increasing by 10% H_2S_{gas}) was observed when inf_COD and inf_SO_4^{2-} were increased by 26%. At the same time, a reduction of the methane yield from 336 to 306 ml CH_4 (g COD $_{removed}$)$^{-1}$ indicated inhibition of methanogens, likely because H_2S_{aq}

concentrations exceeded 564 mg S L^{-1} [4]. Carbon dioxide (data not shown) and acetic acid accumulation confirmed inhibition of both hydrogenotrophic and acetotrophic methanogenic archea (hMA and aMA) while the consistent hydrogen accumulation could cause pDB inhibition. The $[H_2S]_{free}$ remained around 100 mg S L^{-1} (> 70 mg S L^{-1}) and pDB were additionally inhibited by free sulfides leading to propionic acid accumulation (Fig. 2C).

The theoretical (maximum) sulfur production (H_2S_{aq} and H_2S_{gas}) per unit of inf_SO_4^{2-} fed to the reactor, in the following denoted as "sulfur yield", is 333 mg S (g SO_4^{2-})$^{-1}$. However, lower sulfur yields can be found as a result of reactor efficiencies (depending on the fraction of inf_SO_4^{2-} released as eff_SO_4^{2-}), being, in turn, affected by variation of the inhibitor concentration ($[H_2S]_{free}$ and H_2S_{aq}). Therefore, although H_2S_{aq} concentrations around the inhibitory limits of 615 mg S L^{-1} for SRBs [4] were found, they were not inhibited as the sulfur yield increased slightly from 262 to 273 mg S (g SO_4^{2-})$^{-1}$.

An increase of inf_COD and inf_SO_4^{2-} at day 46 caused reactor instability, as witnessed by the doubling of the propionic and acetic acid concentrations (both > 1600 mg L^{-1}), the decrease of the pH to 7.4 and the doubling of $[H_2S]_{free}$ (190 mg S L^{-1}), while H_2S_{aq} increased to 638 mg S L^{-1} (Fig. 2A, 2B, 2C and 2D). A decrease of the methane yield to 268 ml CH_4 (g COD $_{removed}$)$^{-1}$ and the sulfur yield to 252 mg S (g SO_4^{2-})$^{-1}$ suggested inhibition by H_2S_{aq}, $[H_2S]_{free}$ and propionic acid for both methanogens and SRBs. Acetic acid concentrations up to 2400 mg L^{-1} have not been inhibitory to methanogens [6]. However, because sulfate reduction studies are mostly based on the use of substrates with SO_4^{2-}/COD ratios ≥ 1.5 [2], volatile fatty acid accumulation is not reported, and for that reason little is known about inhibition of SRBs by propionic and acetic acids.

Conclusions

The highest variation of the biogas quality in terms of H_2S content is expected when inf_COD and inf_SO_4^{2-} increase at a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.05. In addition, the double-pulse 'inf_COD decrease and inf_SO_4^{2-} increase' reduced up to 90% the propionic acid accumulation. In these cases, strong contribution of pSRB at SO_4^{2-}/COD ratios ≤ 0.10 was suggested, being in contrast to literature reports. This can be considered as an operational strategy to reduce propionic acid accumulation in the anaerobic treatment of vinasse. Influent COD and sulfate fluctuations at a SO_4^{2-}/COD ratio of 0.10 caused inhibition by $H_2S_{aq,}$ $[H_2S]_{free}$ and propionic acid to SRBs, methanogens or both.

References

[1] A.C. Wilkie, K.J. Riedesel, J.M. Owens, Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks, Biomass Bioenergy 19 (2000) 63-102.

[2] A. Visser, The anaerobic treatment of sulfate containing wastewater, Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995.

[3] E.L. Barrera, H. Spanjers, O. Romero, E. Rosa, J. Dewulf, Characterization of the sulfate reduction process in the anaerobic digestion of a very high strength and sulfate rich vinasse, Chemical Engineering Journal 248 (2014) 383–393.

[4] A. Visser, L.W. Hulshoff Pol, G. Lettinga, Competition of methanogenic and sulfidogenic bacteria, Water Sci. Technol. 33 (1996) 99-110.

[5] A. Rinzema, G. Lettinga, in: D.L. Wise (Ed.) Anaerobic treatment of sulfate-containing waste water, Biotreatment Systems, vol. III, CRC Press Inc, Boca Raton, USA, 1988, pp. 65-109.

[6] Y. Wang, Y. Zhang, J. Wang, L. Meng, Effects of volatile fatty acid concentrations on methane yield and methanogenic bacteria, Biomass Bioenergy, (2009) 848 – 853.

[7] B. Demirel, O. Yenigün, The effects of change in volatile fatty acid (VFA) composition on methanogenic upflow filter reactor (UFAF) performance, Environmental Technology Oct 23 (2002) 1179-1187.

[8] P.N.L. Lens, A. Visser, A.J.H. Janssen, L.W.H. Pol, G. Lettinga, Biotechnological Treatment of Sulfate-Rich Wastewaters, Critical Reviews in Environmental Science and Technology 28 (1998) 41-88.

[9] H. Harada, S. Uemura, A.-C. Chen, J. Jayadevan, Anaerobic treatment of a recalcitrant distillery wastewater by a thermophilic UASB reactor, Bioresource Technology 55 (1996) 215-221.

MODELO CON AG PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA CACHAZA

MODELING WITH AG FOR DESIGN OF A BIOGAS PLANT FROM CACHAZA

Erdwin García Alvarez[1], José P. Monteagudo Yanes[2], Julio R. Gómez Sarduy[2]
[1]UEB Central Azucarero "Ciudad Caracas", Lajas, Cienfuegos.
telf: (43)-579513, (43)-579535 email: erdwin@caracas.azcuba.cu
[2]Centro de estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), Universidad de Cienfuegos. telf.: (43)-500137, email: jpmyanes@ucf.edu.cu, jgomez@ucf.edu.cu

RESUMEN
Como una alternativa de diversificación de la industria azucarera está la producción de biogás y biofertilizante a partir de la cachaza. Dentro de los residuos sólidos de mayor disponibilidad para la producción de biogás se encuentra la cachaza. En este trabajo se plantea el desarrollo de un modelo para el diseño de biodigestores de cúpula fija para la producción de biogás a partir de la cachaza basado en un algoritmo genético simple. La función de costo garantiza que se diseñe un número de biodigestores capaces de satisfacer las necesidades de cocción de una comunidad, a la vez que se maximiza el Valor Presente Neto (VAN) de la inversión requerida. El modelo fue desarrollado considerando como caso de estudio la UEB Central Azucarero "Ciudad Caracas". Los resultados de la simulación muestran la factibilidad económica de dicho proyecto.
Palabras clave: diversificación, biogás, cachaza, algoritmo genético, biodigestores.

ABSTRACT
The biogas and biofertilizers production from filter cake is an alternative for the sugarcane agro -industry diversification. The filter cake is one of the solid residues with the highest availability for the biogas production. This work presents the development of a model for the design of a fixed dome biodigester for the production of biogas, based on an simple genetic algorism. The cost function guaranty that it´ll be designed a number of biodigester that will ensure the satisfaction of the cooking demands of a community and at the same time the Net Present Value of the investment will be maximized . The model was developed considering as a case of study the UEB "Ciudad Caracas" Sugar Mill. The results of the simulation confirm the economic feasibility of the mentioned project.
Key words: Diversification, biogas, filter cake, genetic algorism, biodigesters.

INTRODUCCIÓN

Como una alternativa de diversificación de la industria azucarera está la producción de biogás y biofertilizante a partir de la cachaza. En la literatura consultada, la mayoría de los reportes acerca de producción de biogás se basan en el empleo de residuos orgánicos provenientes de la actividad agropecuaria (Filippín, Follario, & Vigil) y (Botero Botero & Preston, 1987).
Otra posibilidad es el empleo de residuos biodegradables procedentes de instalaciones industriales sometidos a digestión anaerobia. En Cuba se han realizado varios estudios al respecto, y se plantea que dentro de los residuos sólidos de mayor disponibilidad y que pueden utilizarse para generar biogás se encuentra la cachaza (Torres López, Villa Gómez, Montalvo, & Escobedo).
(Lugones López) también realiza un análisis de los biodigestores existentes en Cuba y las materias orgánicas utilizadas para la producción de biogás mencionando entre ellas la cachaza proveniente de la producción

azucarera, pero se limita a dar información general sin elementos que permitan elaborar una metodología para su empleo en la industria azucarera.
(Zamora González, Cisneros Reyna, Macías Socarrás, & López Varela) realizan un estudio bibliográfico sobre la situación de las energías renovables en el mundo y en Cuba haciendo énfasis en algunos aspectos relacionados con el Biogás y ofrecen una metodología para calcular una planta de biogás que puede ser utilizada en comunidades de poca densidad poblacional para la cocción de alimentos, pero no consideran el empleo de la cachaza sino residuos de cosecha y estiércol.
Un trabajo que destaca las potencialidades de la cachaza para la producción de biogás se reporta en (Hermida García & López González, 2012). Estos autores afirman haber obtenido índices de generación de gas metano con cachaza de 120 m^3/Tn. Otros investigadores refieren índices en un rango de 73.7 a 129.5 ml/g (Fonte Hernández & Tabla Morales, 1999)
A pesar de que el tema ha sido ampliamente abordado para el escenario internacional y de la industria azucarera cubana, no se reporta ninguna evaluación de alternativas para inversiones de sistemas de este tipo empleando criterios para su optimización económica. El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de un modelo para optimizar el diseño de digestores de biogás utilizando como caso de estudio la UEB central Azucarero "Ciudad Caracas" de la provincia de Cienfuegos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo se concibe para diseñar biodigestores que satisfagan las necesidades de cocción de la población, así como para el comedor obrero de la Unidad Empresarial de Base (UEB). El volumen de combustible necesario se calcula según las ecuaciones (1) y (2):

$$V1 = 7.08 + 0.073 * Ct \quad (m^3) \tag{1}$$

donde: V1es la demanda de biogás para cocción en comedores industriales, en m^3 (Hermida, F., 2006) y Ct es el total de comensales.

$$V2 = 0.25 * Ump * Nuc \quad (m^3) \tag{2}$$

donde: V2 es la demanda de biogás para uso doméstico considerando un índice de consumo por persona de 0,25 m^3/día, Numpes el número de personas promedio por núcleo y Nuc es la cantidad de núcleos
La demanda total para cocción (Vol_cocción) se determina como la suma de (1) y (2).
El volumen de construcción del digestor (Vcd) se determina según la ecuación (3) como:

$$Vcd = 1.3 * Vd \quad (m^3) \tag{3}$$

donde: Vd: es el volumen de digestión calculado como:

$$Vd = \frac{(Cachaza + 3 * Cachaza) * 1000 * 30}{\rho_{mezcla}} \quad (m^3) \tag{4}$$

siendo: Cachaza la cantidad de cachaza necesaria para generar el volumen de biogás para cocción considerando un índice de generación de biogás de 120 m^3/t de cachaza y ρ_{mezcla} la densidad de mezcla cachaza-agua en kg/m^3
Para satisfacer la demanda de cocción calculada, se diseña un número de biodigestores de cúpula fija cuyo volumen total sea igual al volumen de construcción del digestor, calculado por (3).
En el dimensionamiento de los biodigestores de cúpula fija (Figura 1) se consideran las proporciones dadas en (Guardado, 2007).
Estas proporciones fijan las dimensiones hc: Altura cúpula, hp: Altura de pared, R: Radio Básico, D: Diámetro (2xR) y ht: Altura del cono de Base

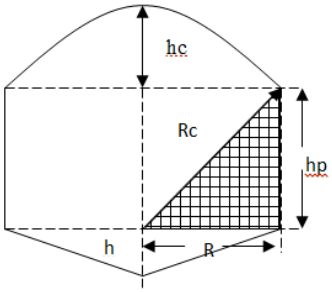


Figura 1. Dimensiones del digestor de cúpula fija.

El volumen del biodigestor es:

$$Vdigestor = R^3 * \pi * 1.121 \quad (m^3) \tag{5}$$

El volumen total (VT) es:

$$VT = N * Vdigestor \quad (m^3) \tag{6}$$

Cálculo del costo de la inversión

Para calcular el costo capital de la inversión se determinan los materiales fundamentales necesarios a partir de ecuaciones obtenidas con información publicada por Guardado (Guardado, 2007).

El costo total de la inversión es:

$$Ko = (N * Costo\ Materiales) + Compresor) * 1.15 \tag{7}$$

donde:

N: Número de biodigestores

Compresor: costo de la estación de compresores. Se estima 7000 pesos en MT.

El factor 1.15 de la ecuación (19) se utiliza para considerar los costos de construcción y montaje.

Flujos de caja anuales

Para el cálculo económico se utilizan métodos de flujo descontados para considerar el valor del dinero en el tiempo. Un indicador económico utilizado en el análisis de rentabilidad de una inversión es el valor Actual Neto (VAN). Para calcular el VAN es necesario determinar los flujos de caja anuales a partir de los ingresos y gastos que tienen lugar en la instalación.

El flujo de caja anual es:

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) * \left(1 - \frac{t}{100}\right) + Dep \tag{8}$$

Donde: t es la tasa de impuestos en %

Con los flujos de caja anuales se calcula el VAN como:

$$VAN = -Ko + \sum_{i=1}^{n} Fc_i \tag{9}$$

Aplicación del AG a la optimización del diseño de biodigestores.

El método propuesto permite determinar el número de biodigestores y el radio básico a partir del cual se calculan el resto de las dimensiones del biodigestor de cúpula fija garantizando satisfacer las necesidades de cocción de una comunidad, a la vez que se maximiza el Valor Presente Neto (VAN) de la inversión requerida.

Para el algoritmo propuesto se genera una población inicial de 1000 soluciones candidatas representadas por los pares (X(1), X(2)) donde X(1) es el número de biodigestores y X(2) es igual al radio básico (R).

Durante el proceso evolutivo, el AG genera una nueva población de tamaño 1000 a partir de la población actual y evalúa el desempeño de los nuevos individuos en cada generación.

El objetivo de la optimización con AG es minimizar el error entre los valores necesario de volumen de construcción del digestor (Vcd) y el volumen total calculado (VT), a la vez que se maximiza el VAN de la

inversión. Como el AG solo busca valores mínimos, se hace necesario entonces minimizar el inverso del VAN. Por lo tanto la función de adaptación del AG es:

$$fitness = |Vcd - VT| + \frac{1}{VAN} \quad (10)$$

El cálculo de esta función se repite para cada nuevo individuo (nuevo conjunto de número de digestores y radio básico) hasta que se cumplen los requisitos de parada del AG.
El diagrama de bloques del procedimiento propuesto se muestra en la Figura 2.

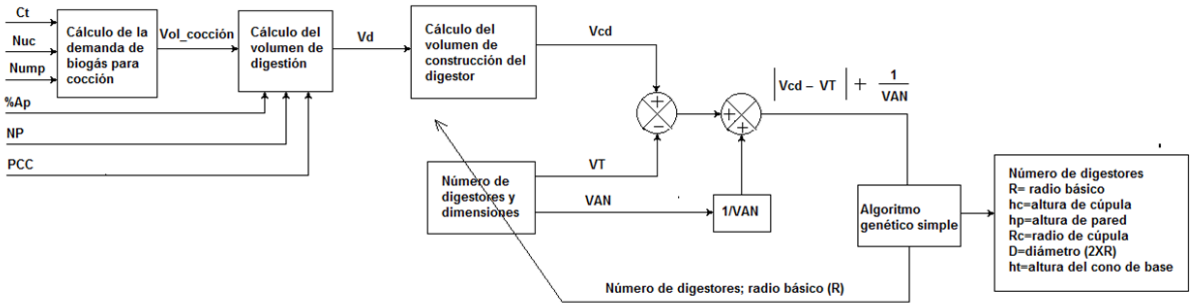


Figura 2. Diagrama de bloques del modelo de optimización propuesto para el diseño de biodigestores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como caso de estudio se muestra el diseño de una estación de biodigestores en la UEB Central Azucarero "Ciudad Caracas", ubicado en el batey de igual nombre del municipio de Lajas, provincia de Cienfuegos con una norma potencial de 4025 toneladas de caña por día.
Para el diseño se considera un número de comensales en el comedor de la industria Ct=300 y una población en el batey compuesta por 385 núcleos de 4 personas como promedio.
Las variables económicas para el diseño son: Vida útil de la inversión, 20 años; Tasa de impuestos sobre la ganancia, 30%; Tasa de interés bancario, 15%; Precio del gas para cocción, 0.50 pesos/m^3 y Precio del bioabono, 275 pesos/t. Como el AG por naturaleza no converge a una solución óptima, sino a una solución cercana al óptimo, es recomendable realizar varias corridas y obtener un conjunto de buenas soluciones para que los decisores selecciones la variante que consideren adecuada. En la tabla 1 se muestran tres variantes resultantes de cinco corridas a partir de los datos anteriormente mostrados.

Tabla1. Variantes de diseño de estación de biodigestores.

Variante	Vcd	N	hc	hp	Rc	D	ht	VT	Vdigestor	VAN*	VAN**
I	538,17	2	2,12	3,18	5,3	8,49	1,27	538,17	269,09	2 349 MP	104 MP
II	538,17	3	1,85	2,78	4,63	7,41	1,11	538,17	179,39	2 348.5 MP	103.8 MP
III	538,17	4	1,68	2,53	4,21	6,74	1,01	538,17	134,54	2 348 MP	103.5 MP

VAN*: Valor presente neto teniendo en cuenta los ingresos por venta de bioabono.
VAN**: Valor presente neto sin considerar la venta de bioabono.

El PRI cuando se considera la venta de bioabono y el gas para la cocción es inferior a 1 año. Este resultado concuerda con lo obtenido en (Barrera, 2007), que para una inversión mayor, con el objetivo de aprovechar en cocción y generación eléctrica obtiene un PRI de 2.2 años.
La mejor variante desde el punto de vista económico es la I

CONCLUSIONES

1- Se ha desarrollado un modelo para el diseño de una estación de generación de biogás a partir de la cachaza utilizando un algoritmo genético simple que permite encontrar un conjunto de buenas soluciones cercanas al óptimo.
2- Para el caso de estudio analizado, se encontraron tres soluciones con 2, 3 y 4 biodigestores respectivamente. la variante mejor desde el punto de vista económico es la I con un VAN igual a 2 349 MP.
3- Este trabajo demuestra la factibilidad económica de la generación de biogás para cocción aun sin considerar la alternativa de vender el bioabono obtenido como subproducto de la digestión anaerobia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Botero Botero, R., & Preston, T. R. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizantes a partir de excretas. *Manual para su instalación, operación y utilización*.

Filippín, C., Follario, J., & Vigil, J. (s.f.). *Diseño de un biodigestor para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de vacas lecheras en la facultad de agronomía de la Universidad nacional de La Pampa.* Recuperado el 10 de 2 de 2012

Fonte Hernández, A., & Tabla Morales, Y. (1999). generación de biogás a partir de cachazas con diferentes características. *tecnología Química, 19*(1), 10-17.

Hermida García, O., & López González, L. (s.f.). *Diseño y evaluación de un biodigestor para obtener gas metano y biofertilizante a partir de la fermentación de cachaza y residuos agropecuarios.* Recuperado el 10 de 2 de 2012, de http://www.energia.inf.cu/Sitio%20Taller%20Nacional%20GCE/tercer%20taller/3%20Energias%20renovables/Biogas/Biogas%20Taller%20Nacional/Dise%C3%B1o%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20un%20biodigestor%20para%20obtener%20gas%20metano.pdf.pdf

Lugones López, B. (s.f.). *Análisis de biodigestores en Cuba.* Recuperado el 10 de 2 de 2012, de http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo04.htmhttp://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo04.htm.

Torres López, M., Villa Gómez, P. M., Montalvo, S. J., & Escobedo, R. (s.f.). *Incidencia del pretratamiento de residuos sólidos en la flora microbiana de reactores anaerobios.* Recuperado el 10 de 2 de 2012

Zamora González, L., Cisneros Reyna, Y., Macías Socarrás, I., & López Varela, A. (s.f.). *Consideraciones sobre la utilización del biogás. Metodología para la construcción de una pequeña planta de biogás.* Recuperado el 10 de 2 de 2012, de www.monografías.com/trabajos15/utilizacion-biogas/utilizacion-biogas.shtml.

Guardado Chacón, J. A. Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas. Editorial Cubasolar, La Habana, 2007

Barrera, E.L. Propuestas tecnológicas para producir biogás con fines energéticos. Un estudio de caso en la granja Remberto Abad Alemán. Tesis de Maestría. Universidad de Cienfuegos, 2007

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN QUE PRODUCEN UNA DISMINUCIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA LEVADURA TORULA

ECONOMIC FEASIBILITY OF DIFERENT INVESMENT ALTERNATIVES FOR REDUCING FODDER YEAST' PRODUCTION COST

Autores: Alfredo Torres Fernández, Manuel Díaz de los Ríos y Gustavo Saura Laria
Afiliaciones: ICIDCA.
e-mail: alfredo.torres@icidca.azcuba.cu, manuel.diaz@icidca.azcuba.cu, gustavo.saura@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Las plantas de levadura forrajera, o levadura torula, como también se conocen, fueron construidas en la década de los 70s del pasado siglo con el propósito de disponer de fuente proteicas a partir de los derivados de la caña de azúcar que sustituyeran importaciones y devinieran en nuevas fuentes exportables. Actualmente, las serias limitaciones financieras que tiene el país, la obsolescencia del equipamiento tecnológico que presentan, el bajo nivel de automatización que tienen las plantas y los altos costos de los insumos, hacen que la producción de levadura torula sea prácticamente incosteable. Precisamente en el trabajo se selecciona la mejor alternativa de reducción de los costos de producción de la levadura torula, desde el punto de vista económico.
Palabras claves: levadura torula, costo de producción, factibilidad económica.

ABSTRACT

Fodder yeast plants, or torula yeast plants, as they are well known, were built in the seventies with the purpose to have available protein sources from sugar cane derivatives that substitute huge importations of animal protein and at the same time, become an important exportation product. Nowadays, the production of torula yeast is almost unprofitable mainly due to severe financial restrictions, the technological obsolescence of current equipment, and the low level of automation that existed as well as high costs of production inputs. Then in this paper the best alternative, from the economic point of view, for reducing the production cost of torula yeast is obtained, in order to make competitive the production of such protein source.
Keywords: torula yeast, production cost, economic feasibility.

INTRODUCCIÓN

Según (Boardman, 2006; Mishan, 2007) los factores a considerar para disminuir el costo de producción son:

- La elevación del nivel técnico de la producción mediante la modernización de la tecnología, la utilización de materias primas y materiales de mayores rendimientos y más baratas, así como la mejor utilización de los equipos tecnológicos.
- El perfeccionamiento de la organización de la producción, a través de medidas tendientes a reducir el ciclo de producción, a la utilización plena de la capacidad de producción y a la eliminación de interrupciones técnico organizativas.

Los costos actuales de producción de la levadura torula seca a partir de vinazas, envasada en sacos de papel de 25 kg, según (Gonzalez, 2014) son:

- En moneda total: 1057,80 CUP.
- En divisa: 749,36 CUC.

Tomando en cuenta los principios antes expuestos, se analizan cuatro alternativas, que plantean: cambios en los insumos de producción, cambios en los motores eléctricos, sustitución del 60 % del combustible por energía renovable, y la suma de los tres efectos anteriores. Evaluándose para cada variante; primeramente, la reducción de los costos de producción y posteriormente, los indicadores económicos de rentabilidad de la inversión, con vistas a obtener aquella variante que presente los mejores indicadores económicos de rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La medición del impacto económico sobre los costos de producción, se logra a través de la re- evaluación de la ficha de costo de producción actual de la levadura torula, a partir de los cambios propuestos para cada una de las diferentes alternativas tecnológicas, según (Pérez, 2014). De forma resumida, consisten en:
Alternativa I: Sustitución del sulfato de amonio por urea.
Alternativa II: Cambio de motores y equipos consumidores.
Alternativa III: Sustitución del 60 % del combustible por energía renovable (generación de biogás).
Alternativa IV: Sustitución del sulfato de amonio por urea, cambio de motores y equipos consumidores **y s**ustitución del 60 % del combustible por energía renovable (generación de biogás)
Los valores de los indicadores económicos de rentabilidad de la inversión para cada alternativa, se obtienen considerando un flujo de caja constante, generado a partir de la reducción de los costos de producción, y una estimación del presupuesto asociado a cada alternativa. Por otra parte, se asume un nivel de producción de 1500 t/a que representa menos del 50% del aprovechamiento de la capacidad potencial que tienen las plantas actualmente. La estimación de los presupuestos de inversión se realiza a partir de la información de (Pérez, 2014).
El método de cálculo propuesto, según (Belli, 2001; Hawranek, 1994) tiene su fundamento en el ajuste del valor del dinero en el tiempo a partir de un factor de descuento pre-establecido, en este caso del 12%. Los indicadores de rentabilidad calculados son: Valor Actualizado Neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y periodo de recuperación de la inversión. En todos los casos, los análisis se realizan en ambas monedas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El impacto económico de la alternativa I es:

Tabla I. Reducción del costo de la alternativa I

Conceptos	**CUP**	**CUC**	**CUP**	**CUC**
Costos variables unitarios ($/t)	930,85	745,16	702,51	621,26
Costos Fijos totales ($/t)	126,95	4,20	126,95	4,20
Costo total Unitario ($/t)	1057,80	749,36	829,46	625,46

Nota: Elaboración propia.

El impacto económico de la alternativa II es:

Tabla II. Reducción del costo de la alternativa II

Conceptos	**CUP**	**CUC**	**CUP**	**CUC**
Costos variables unitarios ($/t)	930,85	745,16	909,88	728,49
Costos Fijos totales ($/t)	126,95	4,20	126,95	4,20
Costo total Unitario ($/t)	1057,80	749,36	1036,83	732,70

Nota: Elaboración propia.

El impacto económico de la alternativa III es:

Tabla III. Reducción del costo de la alternativa III

Conceptos	CUP	CUC	CUP	CUC
Costos variables unitarios ($/t)	930,85	745,16	839,90	654,21
Costos Fijos totales ($/t)	126,95	4,20	126,95	4,20
Costo total Unitario ($/t)	1057,80	749,36	966,86	658,42

Nota: Elaboración propia.

El impacto económico de la alternativa IV es:

Tabla IV. Reducción del costo de la alternativa IV

Conceptos	CUP	CUC	CUP	CUC
Costos variables unitarios ($/t)	930,85	745,16	590,60	513,65
Costos Fijos totales ($/t)	126,95	4,20	126,95	4,20
Costo total Unitario ($/t)	1057,80	749,36	717,55	517,86

Nota: Elaboración propia.

Las tablas I-IV, que contienen los resultados del impacto económico que producen la aplicación de las diferentes alternativas, reflejan una reducción apreciable de los costos totales unitarios de producción de la levadura torula a partir de vinazas en ambas monedas. Este impacto es más significativo con el empleo de la alternativa I, con una reducción del costo total unitario de 17% en divisas o IV, con una reducción del costo total unitario de 31% respectivamente; estos valores se obtienen del análisis de las tablas I y IV. Luego, a partir de los resultados obtenidos que aparecen en las tablas I-IV se puede inferir que los factores que más impactan en los costos de producción son; en primer lugar, los costos de los insumos de producción (las sales de amonio que se emplean); en segundo lugar, los costos energéticos, para lo cual se propone la utilización de un fuente de energía renovable y en tercer lugar, la modernización del equipamiento que tienen las plantas actualmente.

La estimación de los presupuestos de inversión para cada alternativa, arroja los siguientes resultados:

- Alternativa I: En moneda total es 33385,81 CUP y en divisas 21570,70 CUC.
- Alternativa II: En moneda total es 715869,00 CUP y en divisas 462525,75 CUC.
- Alternativa III: En moneda total es 1959359,37 CUP y en divisas 785349,22 CUC.
- Alternativa IV: En moneda total es 2908614,17 CUP y en divisas 1339445,67 CUC.

En las tablas V y VI aparecen los indicadores de rentabilidad en ambas monedas..

Tabla V. Indicadores de Rentabilidad en CUC.

VARIANTE	ELEMENTO	CUC/t	PERIODO DE RECUPERACION (a)	TIR	VAN (MCUC)
COSTO ACTUAL		749,36			
I	COSTO PROYECTADO	625,46	0,12	861,59%	864,90
II		732,70	18,51	-12,42%	-294,08
III		658,42	5,76	10,01%	-52,25
IV		517,86	3,86	21,40%	456,06

Tabla VI. Indicadores de Rentabilidad en CUP.

VARIANTE	ELEMENTO	CUP/t	**PERIODO DE RECUPERACION (a)**	**TIR**	**VAN (MCUP)**
COSTO ACTUAL		1.057,80			
I	COSTO PROYECTADO	829,46	0,10	1025,92%	1.599,64
II		1.036,83	22,76	-15,40%	-489,53
III		966,86	14,36	-8,45%	-1.100,48
IV		717,55	5,70	10,26%	-168,94

De la tabla V se puede inferir que la variante IV es la única que es factible económicamente en divisas, para un factor de descuento del 12%. De la tabla VI se puede inferir que ninguna variante es factible económicamente en moneda total, para el factor de descuento considerado.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos son:

- Todas las alternativas tienen un impacto positivo en la reducción del costo de producción. Siendo la alternativa IV la más efectiva.
- La alternativa IV, que representa la conjugación simultanea de las alternativas I a III, es la única que es factible económicamente en divisas, mientras que ninguna alternativa, por separado, es factible económicamente en moneda total. Presumiblemente, estos resultados se pueden mejorar, por economía de escala, si se incrementa el aprovechamiento de la capacidad potencial de las plantas.

REFERENCIAS

1- Boardman, A.E. (2006), Cost-Benefit Analysis: concept and practice, 3rd edition; Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
2- Mishan, E.J., Quah, E. (2007), Cost Benefit Analysis, 5th edition, Routledge, New York.
3- Gonzalez, C. (2014), Informe sobre el estado actual de las plantas de levaduras en Cuba, Consejo Técnico Asesor, AZCUBA, La Habana.
4- Pérez, I. (2014), Informe Parcial del Proyecto 613, Dirección de Derivados, ICIDCA, La Habana.
5- Belli, P., et al (2001), Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications, WBI, World Bank, Washington D.C.
6- Hawranek, P.M., W. Behrens (1994), Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial, Edición corregida y aumentada, ONUDI, Viena.

CRECIMIENTO DE LA LEVADURA *CANDIDA UTILIS* EN REACTORES DE LECHO ESCURRIDO EMPLEANDO VINAZAS DE DESTILERÍAS COMO NUTRIENTES.

GROWTH OF THE YEAST *CANDIDA UTILIS* IN BED REACTORS DRAINED USING DISTILLERY VINASSE AS NUTRIENTS.

Fidel Domenech López*, Patricia M. Albarracin**; Sergio Hernández***, Sergio Revah Moissev***

*Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de azúcar (ICIDCA) fidel.domenech@icidca.azcuba.cu
**Universidad nacional de Tucumán, Facultad Regional de Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, de Argentina.
***Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México.

RESUMEN
En el presente trabajo se valuó un sistema de fermentación de lecho escurrido empacado con bagazo de caña, inoculado con levadura *Candida utilis,* empleando vinazas de destilería como fuente de carbono y energía. Los experimentos se desarrollaron en dos columnas cilíndricas de vidrio de 2,5 litros. La primera columna actuó como un biorreactor y la segunda como filtro reteniendo las células arrastradas por la fase líquida, sirviendo de inóculo a esa columna. Los resultados experimentales demostraron que es posible el empleo de vinazas de destilerías suplementada con fuentes de nitrógeno y fósforo para el crecimiento de la levadura alimentaria *C. utilis* empleando bagazo de caña como soporte sólido, indicando que es posible remover el 50 % de la materia orgánica de la vinaza y obtener un producto con más de 9 % de proteína, que pudiera emplearse como suplemento en dietas de ganado por su contenido balanceado en fibras y proteínas.

ABSTRACT
In this paper a system of trickle bed fermentation packed with bagasse inoculated with yeast *Candida utilis* using stillage as a source of carbon and energy was valued. The experiments carried up in two cylindrical glass columns of 2.5 liters. The first column acted as a bioreactor and the second as a filter retaining the cells entrained by the liquid phase, serving as inoculum to that column. The experimental results showed that it is possible to use stillage supplemented with sources of nitrogen and phosphorus for growth of the food yeast *C. utilis* using bagasse as a solid support, indicating that it is possible to remove 50% of the organic matter contained in the stillage and get a product with more than 9% protein, which could be used as a supplement in cattle diets for its balanced content of fiber and protein.
PALABRAS CLAVES: *Candida utilis, vinaza, biorreactor de lecho escurrido, biotricling.*

INTRODUCCION

Los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo dirigen cada día más sus fuerzas a la búsqueda de sistemas de tratamiento de residuos con los que a la vez, puedan solucionar problemas energéticos, de alimentación animal u otro tipo, a fin de hacer de éstas, tecnologías útiles, rentables y de escaso impacto ecológico. La proyección actual y futura de la industria de los derivados en Cuba, tiene entre sus metas encontrar métodos de tratamientos que den mayor aprovechamiento a los residuales con la obtención de subproductos de mayor utilidad. La vinaza, principal residuo líquido emitido por la Industria Alcoholera, no debe ser una carga económica para la destilería sino por el contrario la vía de obtener un producto con valor comercial, cuya venta le permita un ingreso extra de los que tradicionalmente obtiene.[(1)]
Las vinazas pueden ser la materia prima para otros procesos fermentativos como la producción de proteínas, dado por su contenido de vitaminas del complejo B, trazas de elementos como Co, Ni, Mn, Mg, Cu, Fe, aminoácidos libre, ácido carbónico, mono y disacáridos, D – glucosa, D – fructosa, y sacarosa, nitrógeno, ácidos orgánicos, K, Na y otros [(1 - 3)]**.** Por otra parte se ha demostrado la capacidad de la levadura alimentaria

C. utilis de crecer en diferentes sustratos [4-5]. El sistema de fermentación que se propone en este trabajo, permite realizar un tratamiento primario a la vinaza y a su vez utilizarlos como fuentes de nutrientes y energía para el crecimiento de la levadura *C. utilis*.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se empleó la cepa de levadura forrajera *Cándida utilis* L/3-75-1 perteneciente a la colección del ICIDCA. El inoculo se preparó con miel de caña de azúcar, 40.6 g/l; $(NH_4)_2SO_4$ 4.32 g/l y $(NH_4)_2HPO_4$ 0.95 g/l, El medio se esterilizó a 121 ^oC durante 20 min., una vez enfriado, fue inoculado con la levadura *C. utilis* en erlenmeyers de 500 mL, la propagación se realizó en una zaranda rotatoria durante 24 h, 30 ^oC y 200 rpm.
El soporte sólido bagazo integral de caña de azúcar fue tamizado por malla de 0.5 mm y esterilizado a 121 ^oC durante 30 min. El medio líquido vinaza suplementada con nitrógeno y fósforo según resultados de la composición de la vinaza y los requerimientos nutricionales del microorganismo.
Dispositivos y condiciones experimentales: Los experimentos se desarrollaron en un dispositivo experimental compuesto por dos columnas cilíndricas de vidrio de 2 500 mL conectadas en serie. Se controló los flujos de alimentación de aire y vinaza. Se toman muestras de la fase líquida (salida de cada reactor) cada 4 horas para determinación de DQO, DBO y conteo celular. Se toman muestras de la fase sólida al inicio y final de la fermentación, determinándole: % de humedad, conteo celular, % de proteína.
Métodos analíticos empleados en la experimentación. ***Conteo celular:*** Se realizó en cámaras de Neubauer empleando un microscopio óptico Nikon (ocular 10x/20, objetivo Plan 40/0.65). ***Determinación de Proteína:*** Se utiliza el método de Barsnstein***. Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*** [6]**.**

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la **Figura 1** se presentan los resultados obtenidos de la Eficiencia de Remoción a máxima concentración de 50 g DQO /L, Flujo de 0.6 L/h y carga de 6 g DQO/L*h.

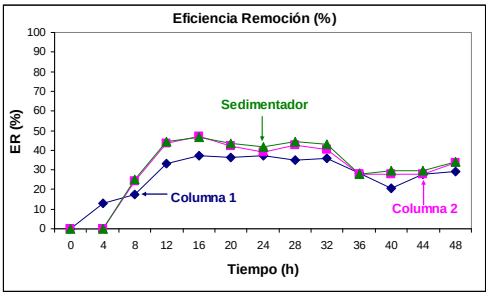


Figura 1: Comportamiento de la Eficiencia de Remoción durante 48 horas.

Analizando el comportamiento de cada columna por separado y el sedimentador, se puede observar que la columna 1 es la responsable de remover la mayor carga orgánica presente en el medio de alimentación (vinaza), se logra remover cerca del 50 % de la DQO y la estabilidad del sistema es evidente en 48 horas de trabajo. En los sistemas de fermentación de lecho escurrido parte de la biomasa desarrollada se inmoviliza en el soporte sólido, sin embargo, siempre se arrastra parte de la misma en la fase líquida. En los experimentos realizados se demostró (*Ver* **Figura 2**) que en la fase líquida, la concentración de levadura se incrementa con el tiempo.

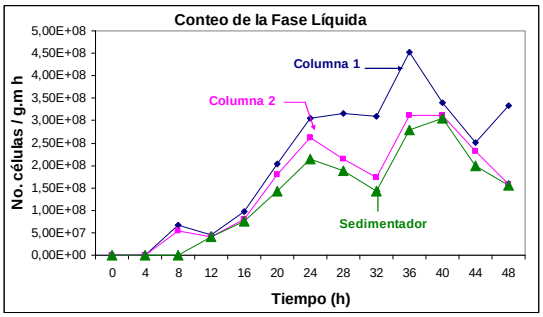


Figura 2: Resultados de las determinaciones de los conteos celulares en el transcurso de la fermentación.

Es evidente, que la en la primera columna las concentraciones de células en la fase líquida son superiores a la segunda, la cual trabajó como un filtro inmovilizando parte de las células despendidas en la primera columna y el sedimentador ejerció su función, separar parte de las células (crema) y recircularlas hacia la columna 1.
Como la primera columna es la que ofrece mayor capacidad de remoción, se analizará a continuación lo que ocurre con la influencia de la carga, a lo largo de tres experimentos que poseen cargas diferentes, Para ello es necesario recalcular las nuevas cargas, teniendo en cuenta el volumen de una sola columna, o sea 2.5 L. Para analizar la influencia de la carga es necesario referirse a la **Figura 3:**
La figura muestra como varia la ER en correspondencia con la carga suministrada. El experimento 1, se realizó a baja concentración de DQO de 25 g/L y a bajo flujo=0.3 L/h, por lo que el valor de la carga es el más pequeño igual a 3 g DQO/L*h, de ahí que la eficiencia de remoción sea la más cercana al 100 %, aunque en estas condiciones el volumen total necesario de reactores sería el más grande.

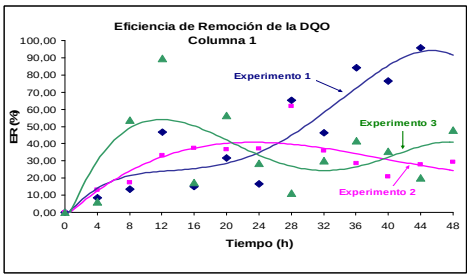


Figura 3: Eficiencia de Remoción (ER) de DQO de la columna1 a diferentes valores de carga.

El experimento 2, se realizó en condiciones intermedias, a concentración de 32.5 g DQO /L y un flujo de 0,45 L/h, el valor de la carga es de 6 g DQO/L*h, aquí la ER oscila alrededor del 40 %, se necesita un volumen total de reactores intermedio, pero aún es considerable. El experimento 3, se realizó partiendo de la mayor concentración de DQO=50 g/L y mayor flujo=0.6 L/h, teniendo el máximo valor de la carga 12 g DQO/L*h experimentado, se evidencia que la ER aumenta en las primeras horas y se mantiene estable hasta que comienza a disminuir a partir de la hora 48, en estas condiciones el volumen de los reactores sería el menor, si se trabaja a escala industrial con estas condiciones, se ahorraría el gasto de agua para diluir la vinaza, la cual viene con una concentración de DQO de 50 g/L, y se trabajaría a grandes flujos, reduciendo el tiempo de residencia.

CONCLUSIONES

Se demostró que es posible el empleo de vinazas para el crecimiento de la levadura forrajera *Candida utilis* empleando bagazo de caña como soporte sólido. Es posible la descontaminación la vinaza, llegando a remover el 40 % de la materia orgánica y es posible obtener un producto con más de 9 % de proteína, que pudiera ser empleado como alimento animal. Los resultados experimentales y los análisis estadísticos

realizado evidencian que las mejores condiciones de operación son: flujos de 0.6 L/h, concentraciones de 50 g DQO /L y carga de 12 g/L*h.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Valdés, E. (2005) Uso eficiente del agua y aprovechamiento económico de los residuales de la industria azucarera y sus derivados. Informe final de proyecto. ICIDCA.

2. Otero M. A. Martínez J. A y Saura G. (2010) "Propagación de levadura *Candida utilis* a partir de vinazas de la destilación de etanol y sus componentes individuales". Revista ICIDCA, Vol. 44, No 3.

3. Mora L. M., P. Lezcano, K. Hidalgo y B. Rodríguez (2012) "Levadura torula (*Candida utilis*) en vinaza de destilería en dietas para cerdos en crecimiento. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 46, No 1, 2012.

4. Christen P, Domenech F, Michelena G, Auria R, Revah S (2002). Biofiltration of volatile ethanol using sugar cane bagasse inoculated with *Candida utilis*. Journal of Hazardous Materials, 89(2/3):253-265.

5. Pandey A. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues: I Sugarcane bagasse. Biores. Technol DOI: 10.1016/S0960-8524(99)00142-X

6. Obaya, C.; Valdes, E.; Ramos, J.; García, L. Valor biofertilizante de los residuales de las destilerías de alcohol. Revista Sobre los derivados de la caña de azúcar XXII (2): 18-22, 1988

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR RUIDO E ILUMINACIÓN EN LA UEB CENTRAL AZUCARERO MAJIBACOA

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL CONTAMINATION FOR NOISE AND ILLUMINATION IN THE SUGAR CENTRAL UEB MAJIBACOA

Ing. Delfín Ramos Leyva
Especialista en Seguridad y Salud
ZETI Las Tunas
e-mail: delfin.ramos@zetilt.azcuba.cu

RESUMEN
Esta investigación persigue determinar el grado de la contaminación ambiental por ruido y por deficiente iluminación existentes en la UEB Central Azucarero Majibacoa de Las Tunas. Se identificaron las fuentes emisoras de ruido así como las deficiencias en el sistema de alumbrado, se cuantificaron los niveles existentes de ambos factores en las diferentes áreas de trabajo comparándolos con los requeridos por la normativa vigente; finalmente se evaluó el nivel de afectación del personal expuesto a través de un protocolo de salud. Se pudo comprobar que el ruido se encontraba por encima del nivel de seguridad de 85 dB en 34 de los 47 departamentos evaluados, además de la existencia de deficiente iluminación en el Taller Industrial. Las alteraciones de salud más significativas fueron hipertensión, lesiones del aparato auditivo y trastornos visuales. Se recomendaron una serie de medidas en función de lograr niveles óptimos de estos agentes físicos.
Palabras claves: Hipoacusia profesional, fuente emisora, equipos de protección, iluminación, luminaria, riesgo físico.

ABSTRACT
This investigation pursues to determine the grade of the environmental contamination for noise and for existent faulty illumination in the Sugar Central UEB Majibacoa of The Tunas. The sources radio stations of noise were identified as well as the deficiencies in the illumination system, the existent levels of both factors were quantified in the different workspaces comparing them with those required by the normative one effective; finally the level of the exposed personnel's affectation was evaluated through a protocol of health. It could be proven that the noise was above the level of security of 85 dB in 34 of the 47 evaluated departments, besides the existence of faulty illumination in the Industrial Shop. The most significant alterations of health were hypertension, lesions of the auditory apparatus and visual dysfunctions. They were recommended a series of measures in function of achieving these physical agents' good levels.
Key words: Hipoacusia professional, source radio station, protection teams, illumination, star, physical risk

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales en general involucran una diversa gama de condiciones que pueden ocasionar daños al personal que participa en ellos; estas condiciones se han denominado ¨factores de riesgo¨ y de acuerdo a la actividad realizada pueden estar asociados a: Agentes Físicos, Contaminantes Químicos, Agentes Biológicos, Factores Disergonómicos.

Los factores de riesgo influyen en la salud de la persona de acuerdo a la intensidad con que se presenten en el ambiente de trabajo y a la tolerancia de la persona en cuanto a determinado factor. No obstante, las leyes creadas para la protección del trabajador han establecido los valores límites y/o rangos permisibles de exposición por jornada a estas condiciones, sin comprometer el bienestar físico.

El tema de la contaminación de las áreas de trabajo en los últimos años, a nivel mundial, ha tenido mayor atención por parte de todos los sectores (social, industrial, gubernamental, etc.), ya que para lograr alcanzar un correcto desarrollo económico que sea compatible con el término de sostenibilidad se debe garantizar el

funcionamiento integral de la organización que involucre a directivos y trabajadores en general, con el fin de proyectarse hacia el futuro pero sin comprometerlo, buscando alternativas para mitigar los impactos negativos que pudieran ocasionarle al trabajador y al entorno. Los descubrimientos y estudios que han permitido evaluar el grado de afectación de los lugares de trabajo han hecho que se desarrollen distintos caminos para remediar el daño causado.
En las instalaciones de la UEB Central Azucarero Majibacoa, se realizan actividades en las que los trabajadores se exponen riesgos físicos tales como iluminación y ruido; por lo que surge la necesidad de monitorearlos para lograr un ambiente optimo y sin riesgos para su salud a causa de la incidencia en su organismo de fuertes sonidos y deficientes niveles de iluminación en sus puestos de trabajo.

MATERIAES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló como una investigación experimental, diseño de campo y documental, ya que se tomaron los datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos, considerando las posibles modificaciones a las variables estudiadas.
La metodología aplicada para la medición de los factores y los cálculos necesarios, se basó en el procedimiento establecido en las Norma Cubanas. Debido a que el área en estudio es amplia, y tomando como referencia el procedimiento que se emplea en el Departamento de Ambiente e Higiene del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, efectuándose bajo el esquema presentado en la figura 1.

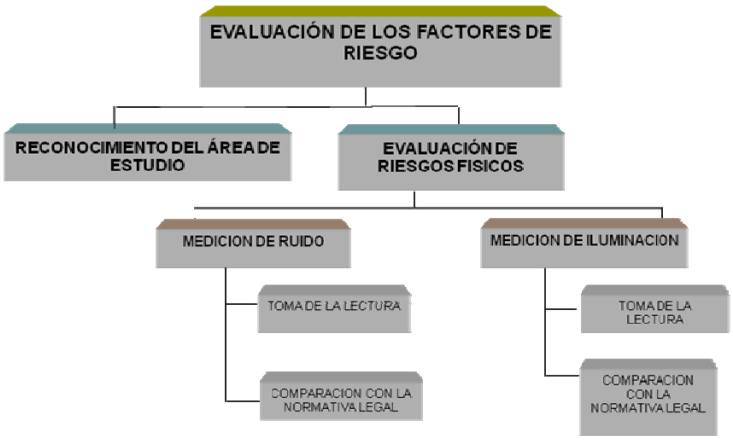


Figura 1. Procedimiento para la evaluación de factores de riesgo.

Se llevó a cabo un estudio descriptivo-retrospectivo de los 294 trabajadores que laboran en las áreas de producción de azúcar y taller industrial, lo que representa un 66,5 % del total de trabajadores de la entidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las áreas estudiadas los trabajadores tienen un promedio de edad de 39 años; con un máximo de edad de 62 años y un mínimo de 20 años. El grupo etáreo donde se encontró el mayor número de obreros fue el de 26 a 35 años, lo que representó el 35.20 % del total estudiado. Con relación al sexo el grupo masculino fue el más numeroso correspondiendo al 96,25 % del universo analizado. El tiempo de exposición promedio encontrado fue de 8 años, con un máximo de 25 años laborados y un mínimo de 8 meses. El mayor número de trabajadores (116) se encontró en los grupos entre 11 y 15 años de exposición representando el 39,5 % y 131 entre 6 y 10 años de exposición para un 24,5 %.
Se realizaron determinaciones de los niveles de ruido en cada uno de los puntos establecidos en 37 zonas de trabajo seleccionadas que intervienen directamente en el proceso de fabricación del azúcar, y los niveles de iluminación en las áreas de mantenimiento comprendidas en el Taller Industrial (tablas1.1 y 1.2).

Tabla 1.1. Resumen de las mediciones de Ruido

DEPARTAMENTOS	Nivel Sonoro Medido en dB(A)	Nivel Normado (dB(A))
BASCULADOR	80,5	85
PLANTA MOLEDORA	91,6	85
CASA DE CALDERAS	94,2	85
PLANTA DE GENERACION DE VAPOR	91,6	85
CASA DE BAGAZO	79,8	85
ALMACEN DE AZUCAR	76,0	85

Tabla 1.2. Resumen de las mediciones de Iluminación

No.	TALLER INDUSTRIAL	Nivel de iluminación (Lux)			Nivel Normado (Lux)
		General	Equipos	Mesas de trabajo	
1.	Área de Maquinarias	164-180	210-230)	286-290	300
2.	Taller Eléctrico	297-302	310-320		300
3.	Área de Pailería	154-163			500
4.	Área de Soldadura	141-152		140-156	500

En 34 de los locales estudiados el nivel de presión sonora está muy por encima del nivel sonoro permisible (85 dB) para un tiempo de exposición continua promedio de 3 a 6 horas. Tomando en cuenta que el umbral de nocividad del ruido se sitúa entre 85 y 90dB(A), estas áreas son declaradas como ruidosas y de alto nivel de exposición.

Los niveles de iluminación en las áreas evaluadas del Taller Industrial se encuentra en su mayoría por debajo del rango establecido en la NC-ISO 8995-CIE S 008 Iluminación puesto interior; donde se realizan trabajos de mantenimiento y reparación tanto mecánica como eléctrica los que requieren de niveles de precisión medios. Las áreas con niveles más bajos de iluminación fueron las de Pailería y Soldadura.

Se realizaron pesquisas médicas a los trabajadores expuestos donde se pudo apreciar que 138 trabajadores (46,9 %) tienen algún tipo de padecimiento, y de esos 63 presentan padecimientos atribuibles al ruido y 27 afectaciones en la visión, representando un 65,2 % del total de trabajadores con padecimientos. El examen otoscópico arrojo el 23,3 % con lesiones del aparato auditivo, siendo las áreas más afectadas la Casa de Calderas y Planta Moledora. En cuanto a los expuestos a baja iluminación los síntomas más sobresalientes entre la población estudiada: fueron la fatiga visual (sensación de cansancio ocular, irritación de ojos, intolerancia a la luz, dolor de cabeza), destacándose los que trabajan en el área de soldadura y de maquinarias.

Con los resultados obtenidos se propusieron una serie de medidas para lograr la optimización gradual de los niveles de estos factores físicos en las zonas de trabajo afectadas:

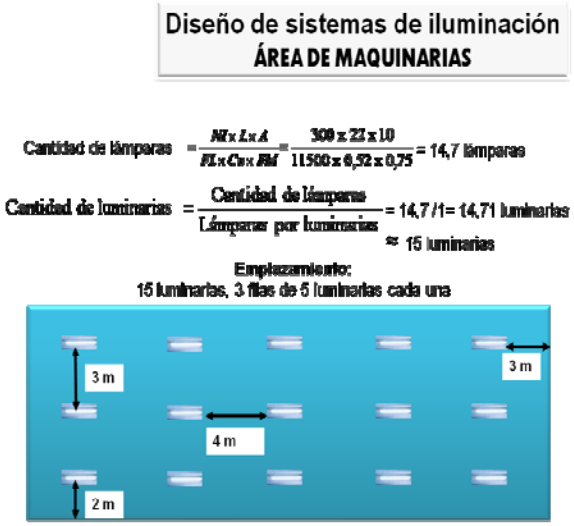
1. Realizar programa de mantenimiento a los equipos identificados como mayores generadores de ruido.
2. Sustitución de materiales ruidosos por otros menos ruidosos en cuantos equipos o sistemas sea
3. Reparar los anclajes defectuosos de máquinas y equipos (motobombas, compresores y motores). posible.
4. Diseñar sistemas de iluminación general en los locales con deficiente iluminación.
5. Pintar los equipos, las paredes, techos y columnas con tonos claros y contrastante de manera que ayuden a proporcionar mayor confort visual a los trabajadores.

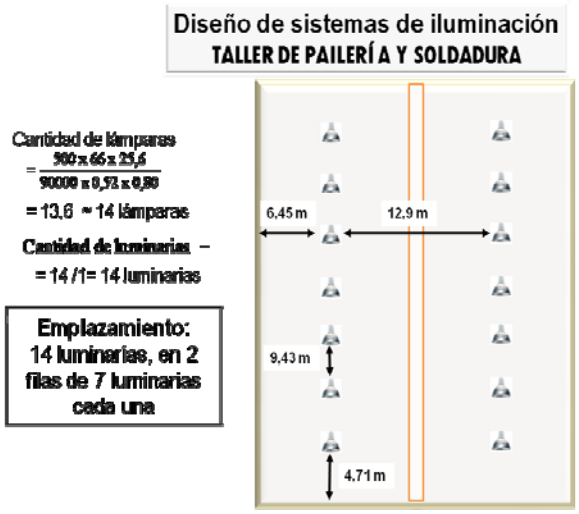
Como acción principal en el control ingenieril se procedió a Diseñar un sistema de iluminación para las áreas de Maquinarias y Taller de Pailería y Soldadura, las cuales presentaron niveles de iluminación deficientes.

Analizando las particularidades del Área de Maquinarias, podemos observar que según las características constructivas de la nave y la forma en que se encuentran emplazadas los puestos con deficiente iluminación es a lo largo de la línea de producción, sin paredes divisorias entre operaciones solo las de locales ubicados esporádicamente, donde todas se realizan de forma continua y son actividades y operaciones de precisión media con maquinas-herramientas para lo cual se necesitan niveles de 300 Lux.

En el Taller de Pailería Soldadura tampoco existen paredes divisorias entre operaciones, donde todas se realizan de forma continua y son actividades y operaciones de de trazado y de preparación y corte donde se

realizan tareas de medición y marcado del material a cortar y/o ensamblar, interpretación de planos de equipos y accesorios para lo cual se necesitan niveles de 500 Lux
El resultado del cálculo de la cantidad de luminarias y su emplazamiento se muestra a continuación:





CONCLUSIONES

1. El riesgo físico con mayor incidencia en los trabajadores es el ruido, aunado a esto se presentan deficiencias en cuanto a la iluminación en distintas zonas de trabajo.
2. La exposición a niveles fuera de los límites de ruido e iluminación ha ocasionado consecuencias a los trabajadores expuestos detectándose varios casos con síntomas de alteraciones de salud como hipertensión, lesiones del aparato auditivo, alteraciones del ritmo cardiaco y varios trastornos visuales
3. Con las acciones preventivas recomendadas y los sistemas de iluminación diseñados, se logra la optimización gradual de los niveles de estos factores físicos y atenuar los efectos nocivos de los factores físicos estudiados en los trabajadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benavides, F. et al. Salud Laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. Editorial Masson 1997. Pág. 249-256.
2. Colectivo de autores. “Seguridad Salud en el Trabajo “, Editorial Félix Varela, 2007.
3. Instituto de Estudios e Investigaciones del Trabajo (IEIT). Libro de PHT. Ciudad de La Habana, 2005.
4. ISO 8995: Principios de ergonomía visual- La iluminación de los sistemas de trabajo interiores, ftp://troya.cujae.edu.cu/facultad/clases/3ro/ergonomia/Normas/Normas%20ISO.
5. NC 19-01-11. “Iluminación. Requisitos generales higiénico-sanitario”, Cuba, 1981.
6. NC-19-01-12. Determinación de los niveles de iluminación en los locales y puestos de trabajo. Métodos de medición.

MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA

MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE SUGAR AGRO INDUSTRY

Autores: Cristina Gastón Peña, Felipe Eng Sánchez
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
cristina.gaston@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Este trabajo recoge una panorámica sobre la situación ambiental actual que presentan las UEBs de las empresas azucareras de occidente. Se presenta además, la estrategia que sigue el Centro Nacional de Gestión Ambiental (CENGMA) del ICIDCA en la búsqueda de soluciones para mitigar el impacto ambiental que están ocasionando los residuos líquidos, sólidos y las emisiones atmosféricas que se producen en nuestras industrias mediante el proceso de fabricación de azúcar y derivados ya que las mismas representan una cifra considerable de la carga contaminante[5]. Se proponen algunas de las soluciones que se están implementando como resultado de las investigaciones y los diagnósticos realizados por el (CENGMA). Ello se muestra, por ejemplo en focos contaminantes principales detectados, y el impacto que los mismos provocan al medio ambiente, en aras de dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente.
Palabras clave: Situación ambiental, UEBs de Occidente, Estrategia, impactos ambientales, agroindustria azucarera.

ABSTRACT

This work is an overview of the environmental situation presented by the sugar enterprise of the western of Cuba. It also presents the strategy that follows the CENGMA Department of ICIDCA in the finding solutions to mitigate the environmental impact that are causing wastewaters, solid waste and air emissions in this sector. In the sugar and byproducts production from sugar cane a considerable quantity of pollutants are produced. This work shows some solutions that are being implemented as a result of investigations and studies carried out by CENGMA Department and the main pollutants outbreaks in the sugar enterprises and the impact that cause to the environment, in order to comply with the environmental legislation.
Key words: Environmental situation, western sugar cane enterprise, solutions Strategy, minimization, environmental impacts, sugar agro industry.

INTRODUCCIÓN

Es conocido, que la agroindustria azucarera, es responsable de aproximadamente un tercio de la carga contaminante del país, por ello entre sus objetivos se encuentra dar solución a esta problemática. Como estrategia inicial, se realizó un levantamiento de las condiciones ambientales existentes en cada una de las UEBs del occidente del país mediante el uso de cuestionarios, búsquedas bibliográficas en internet y encuestas a los especialistas ambientales, técnicos, personal de la salud, personas de la comunidad y a la alta Dirección de las UEBs visitadas, ajustadas a las características de esta industria y de acuerdo a la metodología desarrollada por el CITMA[2] (2012). Las experiencias acumuladas en este trabajo permitirán mejorar las metodologías desarrolladas y su aplicación al resto de las UEBs del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Encuesta de la planta de tratamiento de agua, encuesta para la realización de diagnósticos elaborada por el CENGMA, entrevistas a los técnicos de la industria.

PH metro, equipo para determinación de nitrógeno, equipo para determinación de fósforo (Fotómetro de llama), equipo de determinación de DQO y DBO, Conductímetro

Los métodos utilizados se realizaron bajo las normas del CITMA aprobadas en el 2012 y la NC ISO 14001 que regula la implementación del sistema de gestión ambiental., métodos analíticos para la determinación de los parámetros relacionados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del contexto legal y ambiental

En Cuba existe un complejo sistema de leyes marco, generales y ramales, regulaciones y normas como parte importante para el uso y conservación del medio ambiente: Ley No. 81 de medio ambiente, Resolución 27/2000, Sistema Nacional de Reconocimiento Ambiental, Resolución No 77/99, referente al Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, Sistema de Normas Cubanas, dirigidos a la óptima ordenación territorial del país en consonancia con el necesario equilibrio entre el uso racional de los recursos naturales, la protección y conservación de la naturaleza y de calidad del hábitat humano (higiene comunal) que son de estricto cumplimiento[1] y además se encuentra la familia de Normas Cubanas NC ISO 14000 referida a la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en las organizaciones.

Identificación de los problemas ambientales del área productiva

El alcance de los diagnósticos ambientales[3] realizados en la mayor parte de las UEB visitadas comprende desde la entrada de la materia prima hasta la salida de los productos y las emisiones que se producen durante los procesos productivos. En primer lugar, se evidenció que la caña de azúcar entra al basculador con un alto porcentaje de materias extrañas del orden del 20-30 %, además, se apreció la llegada de camiones con caña quemada, producto de la baja eficiencia de las máquinas cortadoras y a incendios accidentales ocurridos en los cañaverales, respectivamente. Estas incidencias afectan la calidad del jugo y por tanto el rendimiento del producto final. Es evidente que aunque la caña llega al ingenio con frescura al basculador, la mesa que se utiliza para su limpieza no cumple con las exigencias requeridas para el proceso productivo.

Se lograron identificar los impactos ambientales de cada una de estas unidades, así como las incidencias que estos provocan en la salud de los trabajadores y calidad de vida en general de los pobladores de las áreas aledañas donde se encuentran ubicadas. Se identificaron numerosos problemas de mal manejo de residuos sólidos, vertimientos de residuales líquidos, emanaciones atmosféricas (bagacillo) y ruido. En general, en las UEBs, se generan vertimientos accidentales de cachaza y de bagazo en el proceso, que pasan al residual líquido[4] que no son retenidos adecuadamente en las trampas de sólidos y grasas, por lo que el residual llega a las lagunas de oxidación con un alto contenido de estos materiales. Existen vertederos de cenizas, las cuales se desechan, siendo un material que puede ser reciclado para la obtención de compost por su contenido de potasio y su aplicación en la propia caña de azúcar y como relleno en las vías férreas.

Los focos de emisión que puede provocar emisiones a la atmósfera son los escapes de los transportes ligeros y pesados que tienen gran frecuencia dentro de las áreas de almacenamiento y descarga de la caña de azúcar y de los productos. Los gases contaminantes que están presentes son los relacionados con estos focos de emisión: óxidos de nitrógeno (NO_2 y NO) y partículas suspendidas totales entre ellas las PM-5 y PM-10. No se cuenta con la medición de los gases contaminantes y estas partículas para su cuantificación, pero se evidenció una alta emisión de bagacillo al ambiente. El bagazo en la mayor parte de las UEBs se almacena a cielo abierto o en instalaciones con techos en mal estado o con limitada capacidad, por lo que se emite a los alrededores ocasionando una contaminación en la zona y la proliferación de enfermedades respiratorias agudas en los trabajadores y pobladores cercanos.

En algunos de los lugares visitados no se utilizan correctamente los medios de protección como tapabocas, orejeras, cascos, entre otros. También son frecuentes los salideros de agua, vapor, cal, jugo y miel, debido al mal estado de las bombas, las tuberías, los pisos y el equipamiento en general.

En algunas de las UEBs visitadas los techos necesitan de reparación puesto que de llover toda la maquinaria se humedece provocando averías en el equipamiento.

En general en las UEBs se necesita limpiar y ordenar las áreas exteriores porque en su mayoría están llenas de escombros, equipamiento fuera de uso, cartón y sacos de las materias primas utilizadas en los procesos productivos, entre otros.

La características físico-químicas desde el punto de vista de contaminación ambiental de una UEB tipo integrada por una destilería de alcohol y un ingenio azucarero se muestran en la **Tabla 1**. Caracterización de la salida integral de los residuales del ingenio y la destilería y la segunda laguna de oxidación de una UEB tipo de la zona occidental del país desde el punto de vista de contaminación ambiental.

Ensayo (unidad)	Laguna 1	Laguna 2
DQO ($mg.L^{-1}$)	15485	6474
DE	8071	3354
CV	52	52
DBO ($mg.L^{-1}$)	5043	3797
DE	2690	1804
CV	53	48
pH	4,49	4,54
DE	0,02	0,11
CV	0,45	2,42
CE ($mS.cm^{-1}$)	5,56	5,05
DE	1,47	0,51
CV	26	10
N ($mg.L^{-1}$)	20	29
DE	18	11
CV	92	39
P ($mg.L^{-1}$)	61	45
DE	44	25
CV	72	56

Donde: CE: conductividad eléctrica. Se colocan el promedio, desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV) de tres muestras puntuales.

Se puede observar que el residual integral o entrada de la primera laguna posee una DQO elevada del orden de los 15485 $mg.L^{-1}$, si se tiene en cuenta que la DQO promedio de un ingenio con una política adecuada de uso y rehúso del agua es de aproximadamente de 2000-5000 $mg.L^{-1}$, se evidencia que presenta altos contenidos de materia orgánica como azúcares no recuperados, cachaza, bagacillo y grasas y aceites del residual azucarero y los contaminantes orgánicos de las vinazas de la destilería.

La relación de DBO/DQO en promedio de las muestras analizadas fue de 0,33, lo que indica que aproximadamente el 33% de la materia orgánica es biodegradable, probablemente por la presencia de azúcares no recuperados durante el proceso industrial y el resto en mayor proporción debe estar compuesto fundamentalmente por material sólido poco biodegradable como cachaza y bagacillo y otros compuestos recalcitrantes de las vinazas.

Las concentraciones de nitrógeno y fósforo de las muestras analizadas son bajas características propias de tipo de residual. El pH de las muestras analizadas fueron ligeramente ácidos debido a la descomposición de la materia orgánica que produce ácidos grasos volátiles. La CE de las muestras analizadas es elevada debida posiblemente a la presencia de altos contenidos de iones inorgánicos como potasio y sulfatos provenientes de las vinazas de la destilería que en ocasiones vierten a la misma laguna. El % de remoción de la materia orgánica del sistema de tratamiento basado en las dos lagunas de oxidación en base a la DQO es solo el 58 %, y en base a la DBO es del 25 %, lo que indica que no se degradan apropiadamente toda la materia orgánica biodegradable por un mal funcionamiento de las lagunas.

Por otro lado, si se compara las características de las aguas de la salida del sistema de tratamiento (S4) con las normas cubanas de vertimiento de residuales se observa que se superan los límites permisibles de materias orgánicas para su vertimiento a ríos y embalses (categoría B**;** DQO < 90 mg/L, DBO < 40 mg/L). También se superan los límites de concentración de nitrógeno y fósforo, el pH y la conductividad eléctrica

(concentración de N< 10 $mg.L^{-1}$; concentración de fósforo < 4 $mg.L^{-1}$, 6 < pH < 9 y conductividad eléctrica < 2000 $\mu S.cm^{-1}$). Aunque estas aguas no se vierten a otro curso receptor, es necesario tomar acciones evitar que ocurran derrames o infiltración y para la reutilización de estas aguas en el fertirriego de cultivos de caña de azúcar y otros de interés agronómico de la localidad previa caracterización de estas aguas desde el punto de vista de calidad de agua para el riego.

Elaboración el plan de acción, aplicando el concepto de Producción Más Limpia:

La política que regirá las actuaciones de las UEBs se basará en los principios básicos de minimización y reutilización donde sea posible de todas las descargas residuales de sus operaciones al aire, al agua y suelo creando un plan de acción donde se designen las tareas, el ejecutor, las fechas de cumplimiento, los materiales y el financiamiento requerido en cada caso. La organización asegurará la completa concientización de los trabajadores con relación a la protección medio ambiental; designará un coordinador ambiental y creará un grupo ambiental con vistas a alcanzar la aplicación del SGA basado en la aplicación de la norma NC ISO 14001, cumpliendo los objetivos y metas propuestos que se seleccionarán de acuerdo al diagnóstico ambiental inicial.

CONCLUSIONES

El programa a desarrollar por las UEBs consistirá en un conjunto de acciones para la gestión ambiental, determinadas sobre la base del diagnóstico ambiental. Se hace necesario en las empresas azucareras establezcan la nueva estrategia ambiental que incluya los pasos necesarios para implementar un sistema de gestión ambiental en base a la norma NC ISO 14001, para mantener un equilibrio entre desarrollo sostenible y medio ambiente del sector azucarero, mediante la disminución de los costos, la eliminación de los impactos negativos del desarrollo desordenado, minimizando los residuales, reutilizando lo que sea posible dentro y fuera de la organización y cuando sea posible emplear las técnicas modernas de gestión ambiental e integración a los sistemas de gestión de calidad y salud y seguridad del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1.- CITMA (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente). 2007. Estrategia Ambiental Provincial Sancti Spíritus 2007/2010. Unidad de medio ambiente Sancti Spíritus, Cuba.

2.-CITMA-ONN. 2000. Guía para la implementación de la NC-ISO14001. La Habana.

3.- Diagnóstico ambiental de ingenios azucareros en el estado de Sinaloa, Ingenio Los Mochis. Instituto Nacional de Ecología, AZUCAR, S.A. DE C.V. Gerencia de Coordinación de

4.- Norma NC 27 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. MINAZ. 2007.

5- MINAZ 2007 Estrategia ambiental nacional para el Ministerio del Azúcar. 2007/2015.

BIOPRODUCTOS

A THERMOSTABLE BIOCATALYST FOR COMPLETE SUCROSE INVERSION

BIOCATALIZADOR TERMOESTABLE PARA LA INVERSION TOTAL DE LA SACAROSA

Carmen Menéndez[1], Duniesky Martínez[2], Ricardo Ramírez[1], Alina Sobrino[2], Bessy V. Cutiño-Ávila[3], Alberto del Monte-Martínez[3], Enrique R. Pérez[2], Lázaro Hernández[1*]
[1]Center for Genetic Engineering and Biotechnology (CIGB), POBox 6162, Havana 10600, Cuba.
[2]Center for Genetic Engineering and Biotechnology Sancti Spíritus (CIGBSS), Circunvalante Norte S/N, Olivos 3, POBox 83, Sancti Spíritus 60200, Cuba.
[3]Enzyme Technology Laboratory, Center for Protein Study, Faculty of Biology, Havana University Cuba.
*Corresponding author: Lázaro Hernández. lazaro.hernandez@cigb.edu.cu

Abstract
Biocatalysts for the industrial production of invert sugar are preferred to stably operate at high sucrose concentrations and pasteurization temperatures. *Thermotoga maritima* β-fructosidase (BfrA) is more thermostable and less susceptible to substrate inhibition than the current commercial invertase from *Saccharomyces cerevisiae*. In this research, the non-saccharolytic yeast *Pichia pastoris* was engineered for high-level production and secretion of BfrA. Fed-batch fermentation of the recombinant yeast for 72-h using cane sugar as a non-expensive energy source yielded high cell-density cultures (>100 g/L, dry biomass) with overall invertase activity exceeding 300 U/mL. BfrA was secreted to the cell periplasmic space and the culture medium as a fully active glycoprotein with unaltered thermostability. The extracellularly-released BfrA representing 85% of the total proteins in the culture supernatant was either dried into powder to generate a freely soluble enzyme biocatalyst (specific activity 15,000 U per gram of powder) or covalently attached on Glyoxyl-Sepharose CL 4B to generate an immobilized enzyme biocatalyst (specific activity 9249 U per gram of dry support). As a third approach, the biomass bearing the periplasmic BfrA was submitted to a killing heat treatment and entrapped in calcium alginate beads to generate an immobilized non-viable cell biocatalyst (specific activity 103 U per gram of dry beads). The three biocatalysts completely hydrolyzed cane sugar (70%, w/v) in batchwise or continuous operation at 60ºC, offering alternative cost-effective options for the industrial manufacture of food-grade inverted sugar syrup.
Key words: invertase, invert syrup, immobilization, *Thermotoga maritima*, *Pichia pastoris*

Resumen
En la producción industrial de sirope invertido se recomienda el empleo de biocatalizadores que operen de manera estable a altas concentraciones de sacarosa y temperaturas de pasteurización. La β-fructosidase (BfrA) de *Thermotoga maritima* es más termoestable y menos susceptible a la inhibición por sustrato que la invertasa de *Saccharomyces cerevisiae*, enzima de empleo comercial en la actualidad. En esta investigación, la levadura no sacarolítica *Pichia pastoris* se modificó genéticamente para producir y secretar altos niveles de BfrA. La fermentación por 72 h de la levadura recombinante en un cultivo incrementado con sacarosa como única fuente de carbono permitió altos rendimientos de biomasa celular (>100 g/L, peso seco) y actividad invertasa total (>300 U/mL). BfrA se secretó al espacio periplasmático de la célula y al medio de cultivo en forma de una glicoproteína totalmente activa y con su termoestabilidad inalterada. BfrA con pureza de 85% en el sobrenadante de cultivo se secó hasta polvo para generar un biocatalizador de enzima soluble (actividad específica 15.000 U/g peso seco) o unida de forma covalente al soporte Glioxil-Sepharosa CL 4B para generar un biocatalizador de enzima inmovilizada (actividad específica 9249 U/g peso seco). En un tercer enfoque, la biomasa celular fue sometida a un tratamiento térmico y encapsulada en esferas de alginato de calcio para generar un biocatalizador de células muertas inmovilizadas (actividad específica 103 U/g peso seco). Los tres biocatalizadores hidrolizaron completamente el azúcar de caña (70% p/v) en operación continua o discontinua a 60ºC, y ofrecen opciones alternativas rentables para la fabricación enzimática de jarabe de azúcar invertido a escala industrial.
Palabras claves: invertasa, sirope invertido, inmovilización, *Thermotoga maritima*, *Pichia pastoris*

Introduction

An ideal biocatalyst for the enzymatic manufacture of invert sugar should optimally operate in a highly concentrated sucrose solution (70%, w/v) to minimize the initial dilution and final concentration steps and at pasteurization temperatures (60-70°C) to improve substrate diffusion and minimize microbial contamination. *Saccharomyces cerevisiae* has been for years the source of commercial invertase. The enzyme suffers from substrate inhibition at sucrose levels above 20% (w/v) and its operational stability in soluble or immobilized biocatalysts is rather low at temperatures exceeding 50-55°C (Kotwal and Shankar, 2009). *Thermotoga maritima* β-fructosidase (BfrA) is the most thermoactive and thermostable invertase so far identified and it is less susceptible to substrate inhibition than the *S. cerevisiae* enzyme. Due to these properties, BfrA was postulated as an attractive candidate for industrial hydrolysis of sucrose and inulin (Liebl et al, 1998; Muñoz-Gutiérrez et al, 2009).

The non-saccharolytic yeast *Pichia pastoris* with the GRAS status is particularly appropriate for the recombinant production of sucrose-modifying enzymes with applications in the food and pharmaceutical industries (Trujillo et al, 2001; Menendez et al, 2004). In this study, we first engineered *P. pastoris* to secrete high levels of thermostable BfrA. The enzyme recovered from the culture medium and the cells with periplamic BfrA activity were used to develop either soluble or immobilized biocatalysts that completely hydrolyzed cane sugar (70%, w/v) in batchwise or continuous operation at 60°C. Our results have both academic and applied relevance in the field of industrial biotechnology.

Results and Discussion

Production of N-glycosylated *Thermotoga maritima* β-fructosidase (BfrA) by recombinant *Pichia pastoris* in fed-batch fermentation

A synthetic *bfrA* gene with codon usage modified for optimal translation was fused to the alpha factor signal peptide of vector pGAPZαC (Invitrogen) and expressed in *Pichia pastoris* under the control of the constitutive *GAP* promoter and the *AOX1* terminator. The gradual increase of the transgene dosage from one to four copies of the expression cassette had an additive effect on BfrA yield without causing cell toxicity. The *bfrA* expression levels in the multicopy *Pichia* clones remained stable for at least 100 generations during continuous growth in the absence of the selection antibiotic zeocin. The four-copy strain PpBfrA(4x) showed high invertase activity in the cell periplasmic space (~2000 U per gram of dry undisrupted biomass) and the culture supernatant (~150 U/mL) with a global volumetric productivity around 5700 U/L/h in fed-batch fermentation using cane sugar as the sole carbon source. The engineered yeast grew on sucrose by a respiratory route achieving average yield coefficient of 0.60 g dry biomass per gram of sucrose consumed. The average cell density after fermentation for 72 h exceeded 100 g/L (dry biomass).

BfrA purified either from the cell periplasm or the culture supernatant migrated as two bands on SDS-PAGE with estimated molecular masses of 58 and 53 kDa. A treatment with endoglycosidase H_f produced a single protein band with the expected size of 51 kDa. This result indicates that BfrA is secreted to the periplasmic space as a glycoprotein with two different glycosylation degrees and then it is released to the external medium without further modification. The presence of N-linked oligosaccharides did not alter the optimal activity, thermal stability, substrate specificity, and kinetic properties of recombinant BfrA, which hydrolyzed sucrose with a catalytic efficiency (k_{cat}/K_M) of 5.6 x 10^4 M^{-1} s^{-1} at pH 5.5 and 75ºC (Menendez et al, 2013). This value is similar to that reported for the unglycosylated enzyme produced in *Escherichia coli* (Liebl et al, 1998; Muñoz-Gutiérrez et al, 2009).

Development of a soluble BfrA biocatalyst and batch hydrolysis of cane sugar

The fully active N-glycosylated BfrA represented 85% of the total amount of proteins released to the external medium by PpBfrA(4x) at the end of the fed-batch fermentation. Free BfrA was first used to

develop a thermostable soluble biocatalyst following the steps described below. The yeast cells remaining in the culture supernatant after centrifugation were removed in two consecutive microfiltration steps using filters with pore size of 0.45 and 0.2 μm, respectively. The cell-free filtrate was concentrated with continuous dialysis against 50 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) by ultrafiltration using a 30 kDa cut-off membrane and submitted to a drying rotoevaporation process at 50-60ºC. The resulting BfrA powder with average specific invertase activity of 15,000 U/g and protein purity above 90% was fully stable at the assayed storage temperatures of 4 and 30ºC for at least 10 months.

Soluble BfrA was reacted with sucrose in the 1-70% (w/v) concentration range at pH 5.5 and 60ºC in a 1-L batch reactor with stirring at 250 rpm. Initial velocity measurements show that hydrolysis occurred gradually faster as the substrate concentration was driven from 1 to 10% (w/v). The enzyme suffered from slight inhibition at sucrose levels above 20% (w/v). Under these conditions, the velocity of sucrose hydrolysis decreased and 1-kestose [αglu(1,2)βfru(1,2)βfru)] was synthesized as a result of the transfructosylating side reaction of the enzyme. At the highest assayed substrate concentration (70%, w/v), the overall BfrA activity (hydrolase plus transferase) was 1.6-fold reduced and 1-kestose represented 19% of the total products at initial reaction rates. As the reactions proceeded, sucrose and the synthesized trisaccharide were completely hydrolyzed.

Time-course analyses of batch sucrose hydrolysis by the soluble BfrA biocatalyst were then conducted in the temperature range of 50-70ºC using an enzyme dose of 5 units per gram of cane sugar at initial concentration of 70% (w/v) at constant pH 5.5. Due to its high specific activity, the BfrA powder added negligible mass (4.2 g; 3500 U) to the reaction volume (1 L). The complete substrate inversion took 9, 11 and 14 h for the reactions at 70, 60 and 50ºC, respectively. The average productivity in the reaction at 70ºC was 15.8 g of substrate hydrolysed/ enzyme unit/ hour. The highest productivity value of 20.3 was reached at the reaction time interval between 4 and 5 h when half of the initial substrate content had been transformed. The incubation at 70ºC promoted the occurrence of Maillard browning reactions, while the products solution remained colourless in the experiments at 60 and 50ºC.

The thermostable soluble BfrA biocatalyst is supposed to maintain a prolonged reuse in batch reactions at 60ºC if operated in a membrane bioreactor. For this purpose, the tank output port is recommended to be coupled to a cartridge-type ultrafiltration membrane with 30-kDa cutoff to retain the enzyme inside the reactor after discharging the product solution.

Rational immobilization of BfrA on Glyoxyl-Sepharose CL 4B

Recombinant BfrA containing the C-terminal polyhistidine tag was purified by Ni affinity chromatography from the culture supernatant and optimally bound to Glyoxyl-Sepharose CL 4B using the Rational Design of Immobilized Derivatives (RDID) strategy. Multipoint-covalent attachment of the N-glycosylated BfrA onto the activated support at pH 10 allowed total recovery of the loaded enzyme and its activity. The immobilization process caused no variation in the catalytic properties of the enzyme and further enhanced the thermal stability. The immobilized enzyme biocatalyst showed average specific activity around 9249 U/g (dry weight). Complete inversion of cane sugar (70%, w/v) in a batch stirred tank reactor at 60°C was achieved with a productivity of 22.2 g of substrate hydrolysed/ gram of biocatalyst/ hour (Martínez et al, 2014a).

Calcium alginate entrapment of heat-killed cells with periplasmic BfrA activity

P. pastoris PpBfrA(4x) cells bearing periplasmic BfrA activity were submitted to a heat-killing treatment (30 min at 70ºC) prior to calcium alginate entrapment to prevent the occurrence of sucrose fermentation, an undesirable process which causes substrate loss and the formation of the by-products ethanol and carbon dioxide. The invertase activity of the non-viable cells (3092 U/g, dry weight) increased almost 1.2-fold in comparison to the untreated biomass (2603 U/g, dry weight) due to an improved diffusion of the substrate and products through the yeast cell wall. Maximal values of immobilization yield (99.6%) and specific invertase activity (103 U/g of dry beads) were achieved with biomass loading of 300 g/L (wet weight). The

immobilization of more concentrated biomass (400 g/L) restricted the internal diffusion of the substrate sucrose resulting in calcium-alginate beads of lower specific activity (90.7 U/g dry beads).
Batch hydrolysis of cane sugar (70%, w/v) by the entrapped cells was conducted in a laboratory-scale stirred reactor operating at 60ºC. The complete sucrose inversion took 10 h with average productivity of 4.37 g of substrate hydrolysed/ gram of dry beads/ hour. The beads retained 47% of its original invertase activity after recycling in a stirred tank reactor for 15 days. The half-life of BfrA in the entrapped cells during batchwise operation at 60^{o}C was 14 days (Martínez et al, 2014b).

Thermal stability of the immobilized biocatalysts during continuous production of invert sugar
The operational stability of BfrA immobilized on Glyoxyl-Sepharose CL 4B and the heat-killed yeast cells entrapped in Ca-alginate gel was evaluated for continuous hydrolysis of sugar cane (70%, w/v) at pH 5.5 and 60ºC (Figure 6). The conversion efficiency of the covalently immobilized enzyme dropped to 96.7% and 45.2% after operation with constant feeding flow of 5 mL/h for 1 and 6 days, respectively. The entrapped cells were fed at a higher constant flow rate (30 mL/h) and retained 48% of the initial BfrA activity after 21 days of reuse. The half-life values of the invertase activity of the immobilized enzyme and the entrapped cells with continuous reuse in the fixed-bed reactors at 60°C were estimated as 5 and 20 days, respectively (Martínez et al 2014a,b). We do not exclude the possibility that the support with the covalently bound enzyme may have partially escaped through the column filter during operation.

Conclusions

An ideal immobilized biocatalyst for the industrial-scale production of invert sugar should allow the complete hydrolysis of the substrate sucrose at high concentrations with stable operation under pasteurization conditions. In this research, we have developed three versions of a thermostable biocatalyst using a thermostable bacterial fructosidase (BfrA) produced as a fully active glycoprotein in *Pichia pastoris*. The soluble enzyme powder, the covalently immobilized enzyme, and the heat-killed yeast cells entrapped in Ca-alginate beads fully hydrolyzed cane sugar (70%, w/v) to an equimolar mixture of glucose and fructose. The highly concentrated and colorless invert syrup does not require downstream processing prior to use in the food industry. The soluble BfrA powder adds negligible volume to the stirred batch reactor and allows short-time reactions due to its high specific activity and the absence of diffusional barriers. The immobilized enzyme is most appropriate for continuous sucrose hydrolysis in a fixed-bed reactor, while the entrapped non-viable cells can be extensively reused either in batchwise or continuous operation at 60ºC. The three versions of the thermostable biocatalyst developed in this research offer alternative operational options for the cost-effective manufacture of food-grade inverted sugar syrups at industrial scale.

References

- Kotwal, S.M; Shankar, V. (2009). Biotechnol. Adv. 27, 311-22.
- Liebl, W; Brem, A; Gotschlich, A. (1998). Appl. Microbiol. Biotechnol. 50, 55-64.
- Martínez, D; Cutiño-Avila, B; Pérez, E.R; Menéndez, C; Hernández, L; del Monte-Martínez, A. (2014a). Food Chem. 14, 826-831.
- Martínez, D; Menéndez, C; Echemendia, F.M; Pérez, E.R; Trujillo, L.E; Sobrino, A; Ramírez, R; Quintero, Y; Hernández, L. (2014b). Microb Cell Factories. doi: 10.1186/1475-2859-13-87.
- Menéndez, C; Hernández, L; Banguela, A; País, J. (2004). Enzyme Microb. Technol. 34, 446-452.
- Menéndez, C; Martínez, D; Trujillo, L.E; Mazola, Y; González, E; Pérez, E; Hernández, L. (2013). Appl. Microbiol. Biotechnol. 97, 1201-1212.
- Muñoz-Gutiérrez, I; Rodríguez-Alegría, M.E; López-Mungía, A. (2009) Proc. Biochem. 44, 891-898.

- Trujillo, L.E; Arrieta, J.G; Dafhnis, F; García, J; Valdés, J; Támbara ,Y; Pérez, M; Hernández, L. (2001) Enzyme Microb. Technol. 28, 139-144.

SECRECIÓN DE LA DEXTRANASACARA DsrF DE *LEUCONOSTOC CITREUM* B/110-1-2 EN *BACILLUS MEGATERIUM* MS941
SECRETION OF DEXTRANSUCRASE DsrF FROM *LEUCONOSTOC CITREUM* B/110-1-2 IN *BACILLUS MEGATERIUM* MS941

Autores: Roberto Carlos Arísticas Ribalta, Reinaldo Fraga Vidal, Lisandra Martínez Valdés

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Subdirección: Bioproductos
roberto.aristicas@icidca.edu.cu

Resumen: La dextranasacarasa DsrF (EC 2.4.1.5) cataliza la síntesis de dextrana a partir de la sacarosa, y en presencia de moléculas aceptoras (maltosa) dirige la síntesis a la producción de glucooligosacáridos con potenciales cualidades prebióticas. Una variante truncada del gen fue clonada en un vector de alto desempeño para la expresión de proteínas heterólogas en *Bacillus megaterium.* La construcción fue primero transformada en *Escherichia coli* DH10B para su comprobación y posteriormente en *B. megaterium* MS941. A partir de un ensayo histoquímico en medios con el sustrato de la enzima se comprobó la funcionalidad de la misma. Los resultados de la zimografía de dextranasacarasas mostraron que la actividad está localizada mayormente en la fracción celular. Los valores de actividad enzimática obtenidos bajo las condiciones de inducción a 25°C durante 12 horas superan a lo informado hasta el momento para esta familia de enzimas en *B. megaterium*.
Palabras claves: dextranasacarasa, dextrana, expresión, *Bacillus megaterium*

Abstract: The dextransucrase DsrF (EC 2.4.1.5) catalyzes the dextran synthesis starting from the sucrose, and in presence of acceptor molecules (maltose) it directs the synthesis to the glucooligosaccharides production with potential prebiotics properties. A truncated variant of the gene was cloned in a vector of high performance for the expression of heterologous proteins in *Bacillus megaterium*. The construction was first transformed in *Escherichia coli* DH10B for its confirmation and later on in *B. megaterium* MS941. Starting from a histochemical test in solid medium with the substrate of the enzyme was proven the functionality of it. The results of the dextransucrase zymography showed the activity was located mostly in the cellular fraction. The values of enzymatic activity obtained under the induction conditions at 25°C during 12 hours overcome to that informed until the moment for this family of enzymes in *B. megaterium*.
Keywords: dextransucrase, dextran, expression, *Bacillus megaterium*

INTRODUCCIÓN

La dextranasacarasa DsrF (EC 2.4.1.5), la cual pertenece a la familia gluco-hidrolasa GH-70 es una enzima asociada a la célula producida por la bacteria Gram (+) *Leuconostoc citreum* B/110-1-2 (Fraga *et al*., 2011a). DsrF cataliza la síntesis de polímeros de glucano de alto peso molecular utilizando la D-glucosa de la sacarosa. Si son adicionados moléculas aceptoras como la maltosa e isomaltosa al medio de reacción, la enzima sintetiza oligosacáridos de bajo peso molecular principalmente. Todas estas características le confieren a la DsrF un interés comercial (Fraga *et al*., 2011b). La DsrF de *L. citreum* B/110-1-2 comparte características estructurales y funcionales con una alternansucrasa aunque su especificidad es básicamente de una dextranasacarasa (Fraga *et al*., 2011b). La expresión de genes *dsr* (dextranasacarasas) en hospederos heterólogos con propósitos industriales aún no ha sido lo suficientemente buena, y no compite con la vía natural (Ah-Rum *et al*., 2009). El factor clave para la aplicación industrial de un sistema de producción de proteína recombinante es la obtención de una alta productividad volumétrica con un costo efectivo del proceso, lo cual requiere de una alta densidad celular. Un sistema de cultivo de alta densidad celular fue descrito para *Bacillus megaterium* por (Malten *et al*., 2005). Hace muchos años *B. megaterium* es usada in la industria para la producción de una serie de vitaminas y proteínas. La utilización de una amplia variedad de fuentes de carbono le permite crecer en medios de bajo costo (Vary, 1994), esto hace de este especie un potencial hospedero para la producción industrial de la dextranasacarasa DsrF.

MATERIALES Y MÉTODOS

Clonaje del gen *dsr*F-ΔSP-ΔGBD (*dsrf)* en un vector de expresión para *Bacillus megaterium*

Una variante truncada del gen codificante de la dextranasacarasa (*dsr*F) fue flanqueado con los sitios de restricción *Bgl*II 5´/ *Eag*I 3´, y clonado en el vector de expresión de alto desempeño para la secreción de proteínas recombinantes en *Bacillus megaterium* [pSSBm106 (pSP_{YocH}-hp)] (Stammen *et al*. 2010).

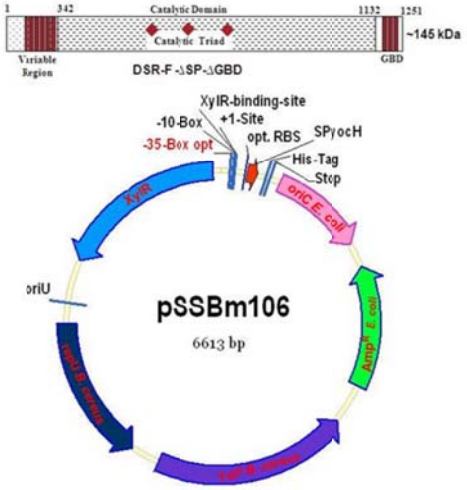


Figura 1. Estrategia de clonaje

Transformación de la construcción en *E. coli* DH10B y *Bacillus megaterium* MS941

La construcción obtenida pSSBm106 + *dsr*F-ΔSP-ΔGBD fue transformada en *E. coli* DH10B para su chequeo, los transformantes fueron plaqueados en LBT $_{(Carbenicilina\ 100\mu g/ml)}$ suplementado con sacarosa 5% e incubados a 37°C. Una vez corroborado el cassette de expresión, fue transformado protoplastos de *Bacillus megaterium*. Los clones fueron plaqueados en LB $_{(tetraciclina\ 10\mu g/ml)}$ suplementado con sacarosa 5% (w/v) y xilosa 0.5% (w/v) e incubados a 37°C.

Condiciones de producción y secreción de DsrF-ΔSP-ΔGBD (DrsF) en *B. megaterium* MS941

Un cultivo fresco del recombinante fue inoculado a razón de 1% del volumen final de LB $_{(tet\ 10\mu g/ml)}$ y crecido a 37°C, 150 rpm. Cuando el cultivo alcanzó una $D.O_{578\ nm}$ de 0.4 fue inducida la expresión con xilosa 0.5% (w/v), y se mantuvo por 12 horas a 20 y 25°C.

Detección de la actividad enzimática por Zimografía

Se realizó una electroforesis en gel de poliacrilamida al 8 % (SDS-PAGE) para geles verticales. La detección de las proteínas con actividad dextranasacarasa se realizó según la técnica descrita por Miller y Robyt (1986).

Determinación de la actividad enzimática

Las reacciones enzimáticas fueron ensayadas bajo condiciones estándar a: 40 °C, en buffer Acetato de Sodio 20 mM (pH 5.4), $CaCl_2$ 0.05 g/l, NaN_3 1 g/l y sacarosa 100 g/l.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Expresión recombinante de la DsrF-ΔSP-ΔGBD en *Bacillus megaterium*

La construcción de pSSBm106 que contiene el gen *dsrF*, bajo el promotor *XylA*, inducible por xilosa fue transformada en *E. coli* DH10B para corroborar de manera cualitativa su funcionalidad antes de transformarla al hospedero *B. megaterium* MS941. En la **Fig 2A** se observa los clones de *E. coli* DH10B (pSSBm106 + *dsrF*) crecido en LBT, expresando el fenotipo característico de dextranasacarasa positivo (aspecto gomoso encima de la colonia). El análisis de restricción del transformante positivo seleccionado para el aislamiento del plásmido recombinante, evidenció que porta la construcción planificada (**Fig 2B**).

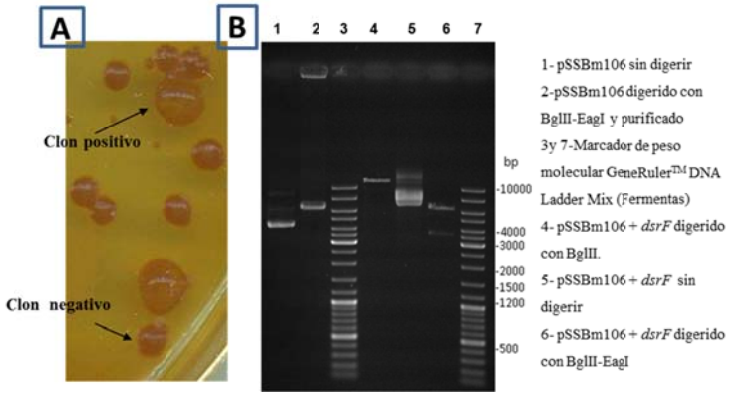


Figura 2. (**A**) Detección cualitativa del fenotipo dextranasacarasa positivo en clones de *E. coli* (pSSBm106 + *dsrF)* en medio LBT. (**B**) Análisis de restricción del clon positivo señalado

Un clon de *B. megaterium* con actividad dextranasacarasa fue seleccionado a partir del medio selectivo, los clones positivos son fácilmente diferenciables ya que muestran un fenotipo típico de producción de polímero (**Fig. 3A**). Las bandas de proteína con actividad observadas en el zimograma de dextranasacarasa **Fig. 3B** por encima de 130 kDa corresponden al tamaño teórico de 145 kDa de DsrF. Cualitativamente la mayor actividad enzimática está localizada en la fracción insoluble del extracto sonicado, y en menor medida en el sobrenadante libre de células, este resultado es similar a lo reportado por (Malten *et al.,* 2005) en trabajos expresando la dextranascarasa DsrS de *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-512F. Los niveles de actividad dextranasacarasa fueron evaluados a partir de las fracciones celulares y sobrenadante. Los valores más altos de expression a partir de la inducción con xilosa se alcanzaron a 25 ^{o}C, manteniendose una diferencia de la fracción celular (6100 UI.L^{-1}) sobre la soluble de (5665 UI.L^{-1}). Este resultado supera a lo informado por (Malten *et al.,* 2005), estos autores obtuvieron como mejor resultado 65 UI.L^{-1} en el medio mínimo mineral A5. Es válido destacar que en este estudio se utilizó un medio rico. Otros factores que pudieran incidir en las mejoras del resultado es el tamaño de proteína, y el uso de un vector de alto desempeño para la expresión en *Bacillus megaterium.*

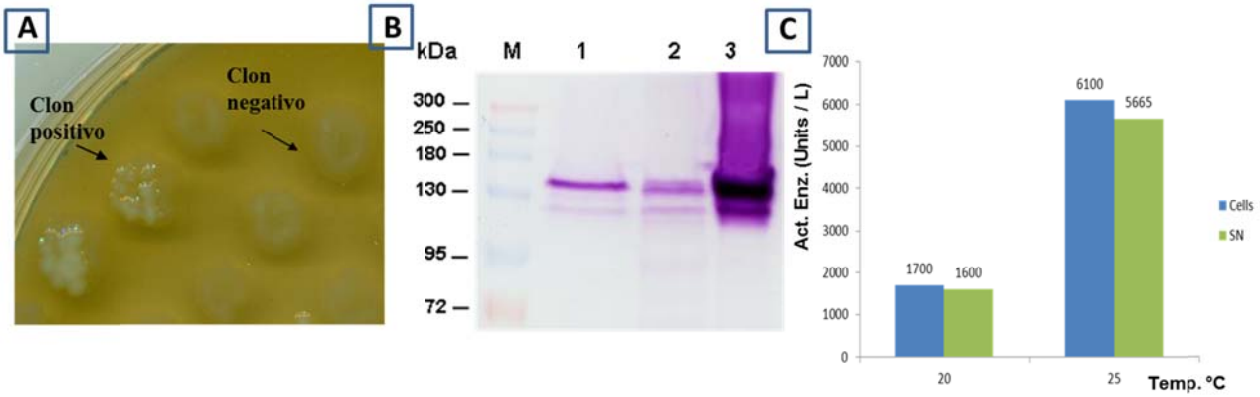


Figura 3. (A) Detección del fenotipo dextranasacarasa positivo a través de la formación de dextrana en sobre las colonias de los clones de *B. megaterium* (pSSBm106 + *dsrF*). **(B)** Detección por zimografía de las proteínas con actividad dextranasacarasa (bandas coloreadas) M- Marcador de peso molecular (Spectra™ Multicolor High Range Protein Ladder, Fermentas), 1- Sobrenadante del cultivo, 2- Fracción soluble del extracto sonicado, 3- Fracción insoluble del extracto sonicado. (**C**) Detección de la actividad.

CONCLUSIONES

- El hospedero recombinante *Bacillus megaterium* MS941 expresa la dextranasacarasa DsrF-ΔSP-ΔGBD, produciendo la actividad tanto en el sobrenadante como en la fracción celular.
- La mayor actividad fué detectada cuando el cultivo se mantuvo a 25 ^{o}C después de la inducción.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la optimización de los parámetros de producción y secreción de la enzima, y expresar una variante aún más truncada de la proteína DsrF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fraga, R., C, Moulis., P, Escalier., M, Remaud-Simeón y P, Monsan (2011a): Isolation of a Gene from *Leuconostoc citreum* B/110-1-2 Encoding a Novel Dextransucrase Enzyme. Curr Microbiol. (62): 1260–1266.
- Fraga R, Martínez A, Moulis C, Escalier P, Morel S, Remaud-Siméon M, Monsan P (2011b): A novel dextransucrase is produced by *Leuconostoc citreum* strain B/110-1-2: an isolate used for the industrial production of dextran and dextran-derivatives. J Ind Microbiol Biotechnol. (38): 1499-1503.
- Ah-Rum Y., Lee S., Jang M., Park J., Eom H., Soo Han N. and Kim T. (2009) Cloning of dextransucrase gene from *Leuconostoc citreum* HJ-P4 and its high level expression in *E. coli* by low temperature induction. J. Microbiol. Biotechnol. 19:829-835
- Malten, M., Hollmann, R., Deckwer, W.-D., Jahn, D. (2005). Production and secretion of recombinant *Leuconostoc mesenteroides* dextransucrase DsrS in *Bacillus megaterium*. *Biotechnol. Bioeng.* 89 (2): 206-218.
- Vary PS. (1994). Prime time for *Bacillus megaterium*. Microbiology 140:1001-1013.
- Stammen S., Katrin B., Korneli C., Biedendieck R., Gamer M., Franco-Lara E., and Jahn D. (2010). High-yield intra- and Extracellular protein production using *Bacillus megaterium*. Appl. Environ. Microbiol. 76:4037-4046.
- Miller, A. W., y Robyt, J. F. (1986). Detection of dextransucrase and levansucrase on polyacrylamide gels by the periodic acid-schiff stain: staining artifacts and their prevention. *Anal. Biochem*, 156: 357-363.

MODELOS TRIDIMENSIONALES DE ESTRUCTURAS DE ENZIMAS DEXTRANASACARASAS. IMPACTO EN LA DISMINUCIÓN DEL CONTENIDO DE DEXTRANA EN EL AZÚCAR

THREE-DIMENSIONAL MODELS OF STRUCTURES OF ENZYMES DEXTRANSUCRASES. IMPACT IN THE DECREASE OF THE DEXTRAN CONTENT IN THE SUGAR

Reinaldo Fraga Vidal[1], Dany Naranjo Feliciano[2], Roberto C. Aríticas[1], Tania González Díaz de Villegas[1]
[1]Depto. de Microbiología, Instituto Cubano de Inv. de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Vía Blanca # 804, CP: 11000, P. O. Box 4026, La Habana, Cuba. reynaldo.fraga@icidca.azcuba.cu
[2]Centro Nacional de Seguridad Agropecuaria (CENSA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Resumen
El polisacárido Dextrana es sintetizado por enzimas dextranasacarasas de bacterias principalmente del género *Leuconostoc* y *Lactobacillus*. Ha sido frecuentemente informado como un indicador del deterioro de la caña de azúcar. Es responsable de numerosos impactos negativos sobre el proceso fabril, principalmente asociado con el aumento de la viscosidad y problemas de la deformación del cristal de sacarosa. Además, toda la sacarosa que es convertida en dextrana no es recuperable, provocando pérdidas millonarias sólo por este concepto. El empleo de modelos tridimensionales de estructuras de enzimas dextranasacarasas para realizar el diseño racional de novedosos compuestos que tengan acción neutralizante sobre la actividad de estas enzimas, resulta una alternativa promisoria para incidir de un modo más eficiente en la disminución de los contenidos de dextranas u oligodextranas en el azúcar. Este trabajo aborda un camino de solución a la mencionada problemática mediante el uso de modernas metodologías de bioinformática y química computacional.
Palabras claves: dextranasacarasas, modelación de estructura, *Leuconostoc*, dextrana

Abstract
The polysaccharide Dextran is synthesized by dextransucrase enzymes of bacteria, mainly of the genus *Leuconostoc* and *Lactobacillus*. It has been frequently informed as an indicator of the deterioration of the sugarcane. It is responsible for numerous negative impacts on the industrial process, mainly associated with the increase of the viscosity and problems of the deformation of the sucrose crystal. Also, the whole sucrose that is transformed into dextrana is not recoverable, causing millionaire losses only for this concept. The employment of three-dimensional models of dextransucrase enzyme structures to carry out the rational design of novel compounds that have a neutralizing action on the activity of these enzymes it is a promissory alternative to impact in a more efficient way in the decrease of the dextran or oligodextran contents in the sugar. This work approaches one way of solution of the mentioned problematic by means of the use of modern bioinformatic and chemical computational methodologies.
Key words: dextransucrases, structure modelling, *Leuconostoc*, dextran

Introducción

El deterioro de la caña de azúcar en el campo, en la pila de almacenamiento de la fábrica, o durante el proceso de molida en fábrica, se ha vuelto un tema de preocupación mayor en los recientes años. Los tecnólogos azucareros (Lionnet, 1996; Morel du Boil, 1995; Eggleston *et al*., 2001a; Eggleston *et al*., 2001b) han informado una variedad de productos de deterioración de la caña de azúcar para confirmar el deterioro de la misma y el retraso (tiempo del corte a la extracción), los cuales se han usado para predecir y controlar los problemas del proceso en la fábrica. El polisacárido Dextrana (formado principalmente por las bacterias del género *Leuconostoc* y *Lactobacillus*) ha sido frecuentemente informado como un indicador del deterioro de la caña de azúcar, y responsable de muchos de los impactos negativos que el deterioro de la caña tiene sobre el proceso fabril, principalmente asociado con el aumento de la viscosidad de este polisacárido. Los oligosacáridos también son productos del deterioro de la caña de azúcar (Eggleston *et al*., 2001a; Morel du

Boil, 1995; Ravelo, Ramos, & Torres, 1995) y son responsables de los problemas de la deformación del cristal (Morel du Boil, 1991). Ravelo, Ramos, y Mejiras (1991) informaron que la formación de oligosacáridos totales era mayor que la formación de dextrana y etanol en caña de azúcar sujeta a retrasos y es, por consiguiente, un indicador más sensible de deterioración de la caña de azúcar. Muy pocos trabajos han sido acometidos para elucidar con precisión las contribuciones relativas de las reacciones químicas, microbianas, o enzimáticas, sobre las pérdidas de sacarosa en el deterioro de la caña de azúcar en fábrica a temperatura ambiente. Esto en parte se debe a las medidas de pureza inexactas que usan la rotación óptica (referido como "pol" en la industria azucarera) que han sido frecuentemente usadas para evaluar las pérdidas de sacarosa (Kulkarni, 2001). Teniendo en cuenta lo hasta aquí mencionado, este trabajo va encaminado a la obtención de modelos estructurales de enzimas dextranasacarasas que faciliten el diseño racional de inhibidores de las mencionadas enzimas que son las responsables principales de la síntesis de los tan indeseados polímeros de dextrana, y de los oligosacáridos que ocasionan pérdidas a la industria azucarera del orden de millones de dólares.

Materiales y Métodos

Obtención del modelo tridimensional de la dextranasacarasa DsrF-ΔSP-ΔGBD

Con el empleo de programas de predicción de estructura tridimensional (3D) y el uso de la información disponible hasta Junio del 2014 en la base de datos PDB (del inglés *Protein Data Bank*), se realizó la predicción de la estructura 3D de la dextranasacarasa DsrF-ΔSP-ΔGBD de *Leuconostoc citreum* B/110-1-2. En particular se utilizó el método EsyPred3D (Lambert *et al*., 2002). Para evaluar cualitativa y cuantitativamente el modelo, se emplearon las herramientas ENDscript version 2.0 (Robert y Gouet, 2014), accesible vía http://endscript.ibcp.fr y PROCHECK (Laskowski *et al*., 1993), respectivamente, esta última contenida en el programa PDBSum accesible desde el sitio web www.ebi.ac.uk/pdbsum/.

Resultados y Discusión

Predicción de la estructura tridimensional de la DsrF-ΔSP-ΔGBD

Como resultado del análisis del programa EsyPred3D se obtuvo que la proteína molde con estructura 3D conocida y con secuencia aminoacídica más similar a la DsrF-ΔSP-ΔGBD corresponde a la dextranasacarasa de *Lactobacillus reuteri* 180 (GTF-180) informada por Vujičić-Žagar y colaboradores (2010). La identidad en secuencia aminoacídica entre las diferentes estructuras 3D resueltas de GTF-180 (3HZ3_A; 3KLK_A; 3KLL_A; 4AYG_A; 4AYG_B) y la DsrF-ΔSP-ΔGBD es de 48 % según el análisis del BLASTP. Este porcentaje se encuentra en la frontera de la llamada "zona de incertidumbre" (30-50 %) y "zona segura" (> 50 %) para la generación de modelos estructurales confiables (Lambert *et al*., 2002).

Evaluación cualitativa del modelo de la estructura 3D de la DsrF-ΔSP-ΔGBD

A partir del resultado del análisis del programa ENDscipt 2.0 se obtuvo una representación del modelo de la estructura 3D de la DsrF-ΔSP-ΔGBD (Fig. 1_I) coloreado en función del índice de identidad de secuencia aminoacídica con la de la estructura molde (GTF-180, 3HZ3_A). Aparecen señalados los tres residuos catalíticos del dominio catalítico. En la región del dominio catalítico es donde se aprecia una mayor presencia de las tonalidades en rojo; lo que sugiere una mayor identidad de residuos con los de la estructura molde, a diferencia de lo que se aprecia en la zona de los dominios V y IV donde prevalecen el rojo pálido y el blanco que sugiere que esa región tiene una menor identidad con la estructura molde.

Por otro lado, es mostrada una representación tubular variable del esqueleto carbonado a partir de los Cα de los residuos del modelo (Fig. 1_II). Para esta representación todas las estructuras de proteínas homólogas son superpuestas sobre la estructura del modelo y el radio del tubo es inversamente proporcional a la desviación media cuadrática por residuo entre parejas Cα, o a la

similitud de estructura (Robert y Gouet 2014). La misma tonalidad del rojo al blanco es empleada para destacar posibles sustituciones en la secuencia de interés, por lo que en este caso se puede observar que las zonas de menor radio y más rojas se corresponden al igual que en el caso anterior con la región del dominio catalítico o dominio A, también las zonas más blancas y más gruesas se encuentran en los dominios V y IV, o sea que después analizar ambas representaciones, el dominio catalítico (A) del modelo 3D predicho tiene una fuerte correlación estructural con el molde (GTF-180; 3HZ3_A) y además hay una buena correlación entre las zonas de mayor identidad a nivel de secuencia aminoacídica con las zonas de mayor conservación estructural del modelo con el molde.

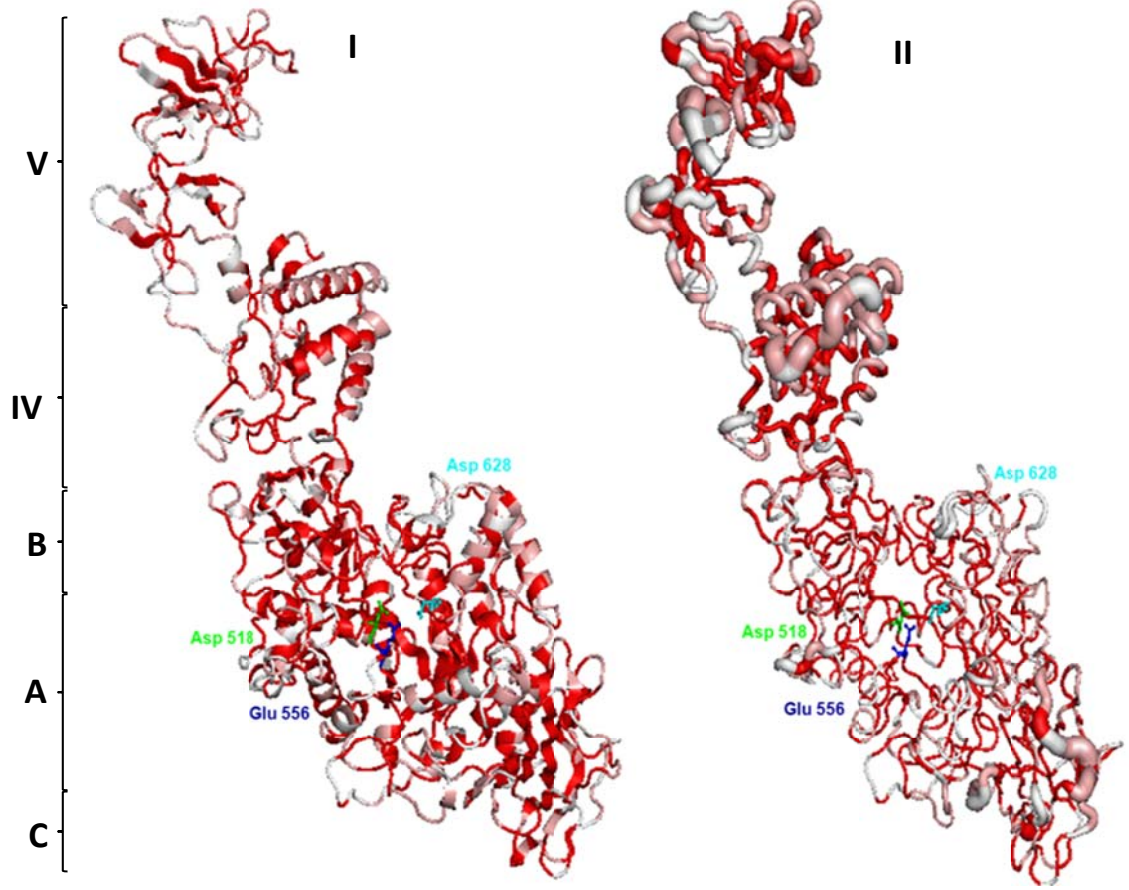


Figura 1. Representaciones de dos métodos de evaluación del modelo de estructura tridimensional de la enzima DsrF-ΔSP-ΔGBD de *Leuconostoc citreum* B/110-1-2.

Ambas representaciones fueron obtenidas por medio del servidor Web ENDscript 2 (http://endscript.ibcp.fr). Vista lateral general **(I)**, modelo de la estructura 3D de la DsrF-ΔSP-ΔGBD coloreado (del rojo al blanco) en función del índice de similitud de secuencias con la estructura molde (GTF-180, 3HZ3_A). Las zonas más rojas indican una mayor identidad con la estructura molde. Vista lateral general **(II)**, representación tubular variable del esqueleto carbonado a partir de los Cα de los residuos del modelo. Para esta representación todas las estructuras de proteínas homólogas son superpuestas sobre la estructura del modelo y el radio del tubo es inversamente proporcional a la desviación media cuadrática por residuo entre parejas Cα, o a la similaridad de estructura. La misma tonalidad del rojo al blanco es empleada para destacar posibles zonas de fuerte conservación estructural (rojas) del modelo con la estructura molde.

Evaluación cuantitativa del modelo de la estructura 3D de la DsrF-ΔSP-ΔGBD

El análisis del ploteo de Ramachandran localizó sobre un 98,8 % los residuos del modelo obtenido en las regiones "más favorecidas" y "adicionales permitidas" y en un 0,5 % los residuos en regiones no permisibles. Estos últimos se encuentran bien alejados del sitio catálitico (Treonina 1127-Dominio V, Asparagina 1109-Dominio IV, Asparagina 1020-Dominio B, Aspartato 706-Lazo externo del Dominio A) por lo que no deben interferir con el uso que se le dará al modelo. Los valores parecen razonables teniendo en cuenta que la resolución de la structura molde fue de 2,2 Å y que el porcentaje de identidad en secuencia aminoacídica entre DsrF-ΔSP-ΔGBD y el molde GTF-180 fue de un 48 %. El modelo obtenido es el primero informado para la enzima DsrF-ΔSP-ΔGBD, además de evidenciar las interacciones moleculares que justifican la actividad de la enzima, permitirá realizar futuros estudios de mutagénesis sobre residuos cuya interacción con el sitio catalítico no era evidente a partir de los conocimientos anteriores. También posibilitará realizar la búsqueda *in silico* de posibles moléculas inhibidoras de la actividad de la enzima con una potencial aplicación práctica en el futuro.

Conclusiones

Se obtuvo un modelo de alta resolución de la estructura tridimensional de la enzima dextranasacarasa DsrF-ΔSP-ΔGBD de *Leuconostoc citreum* B/110-1-2.

Referencias Bibliográficas

- Eggleston, G; Legendre, BL; Richard, C. (2001a), Int. Sugar Journal, 103, 331–338.
- Eggleston, G; Legendre, BL; Richard, C. (2001b), Int. Sugar Journal, 103, 495–504.
- Kulkarni, M. (2001), In Proceedings of the 2001 Taiwan Sugar Industry Technologists Meeting, p. 216–226.
- Lambert, C; Léonard, N; De Bolle, X; Depiereux, E. (2002), Bioinformatics 18(9), 1250-1256.
- Laskowski, R. A; Moss, D. S; Thornton, J. M. (1993), J. Mol. Biol. 231, 1049-1067.
- Lionnet, E. (1996), In Proceedings of the XXII Congress of the ISSCT, p. 103–113.
- Morel du Boil, G. (1991), In Proceedings of the 1991 South African Sugar Technologists Meeting, p. 171–178.
- Morel du Boil, G. (1995), In Proceedings of the 1995 South African Sugar Technologists Meeting, p. 146–154.
- Ravelo, B; Ramos, E; Mejiras, R. (1991), Int. Sugar Journal, 93, 82–86.
- Ravelo, B; Ramos, E; Torres, B. (1995), In Proceedings of the 1995 ISSCT Congress, p. 894–905.
- Robert, X; Gouet, P. (2014), Nucl. Acids Res. 42(W1), W320-W324.
- Vujičić-Žagar, A; Pijning, T; Kralj, S; Lopez, C. A; Eeuwema, W; Dijkhuizen, L; Dijkstra, B. W. (2010), Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 107, 21406-21411.

PRODUCCIÓN DE LAS ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE *TRAMETES MAXIMA* MUCL 44155 Y *GANODERMA WEBERIANUM* B-18 EN MEDIOS CON MELAZA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, SU CAPACIDAD DECOLORATIVA

PRODUCTION OF LIGNINOLYTIC ENZYMES BY *TRAMETES MAXIMA* MUCL 44155 Y *GANODERMA WEBERIANUM* B-18 IN MEDIUM WITH MOLASSES AND SUGARCANE BAGASSE, ITS DECOLORIZATION CAPACITY.

María Isabel Sánchez-López, Daymara Sánchez, Alejandro García, Giselle Torres Farradá, Ana Margarita Manzano León, Miguel Ramos Leal y Gilda Guerra Rivera
Departamento Microbiología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. isabel@fbio.uh.cu

Resumen
Los hongos basidiomicetos de la podredumbre blanca (HPB) poseen un potente sistema multienzimático capaz de biodegradar estos compuestos xenobióticos. Las cepas *Trametes maxima* MUCL44155 y *Ganoderma weberianum* B-18 han sido seleccionadas, en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, por su alta capacidad degradativa. El objetivo del presente trabajo fue: Analizar la producción de las enzimas ligninolíticas de *Trametes maxima* MUCL 44155 y *Ganoderma weberianum* B-18 en medios con melaza y bagazo de caña de azúcar y su capacidad decolorativa sobre tres colorantes modelo. En los extractos enzimáticos de las dos cepas, obtenidos en medios con melaza o con bagazo de caña de azúcar, se detectó la presencia de lacasa y peroxidasas totales. Además, mostraron capacidad decolorativa sobre los colorantes remazol azul brillante y azul ácido 62, en cambio no transformaron el colorante reactivo negro 5.
Palabras claves: hongos basidiomicetos de la podredumbre blanca, enzimas ligninolíticas, inductores

Introducción
El creciente desarrollo de las industrias y el poco control que se ha ejercido sobre sus desechos ha provocado la contaminación de numerosos ecosistemas. Estos residuos industriales son la fuente principal de contaminantes tóxicos, con limitada posibilidad de degradación, que se liberan al medio ambiente (1). Los hongos basidiomicetos de la podredumbre blanca (HPB) producen enzimas ligninolíticas extracelulares e inespecíficas, que tienen la capacidad de degradar la lignina y varios compuestos xenobióticos de estructura análoga. El sistema multienzimático de los HPB está compuesto fundamentalmente por las enzimas lacasa, manganeso-peroxidasa y lignina-peroxidasa, aunque también participan otras oxidasas inespecíficas (2). La utilización de los HPB y/o sus enzimas propicia nuevas perspectivas para el desarrollo de procesos biotecnológicos atractivos que complementen o reemplacen las tecnologías de tratamiento existentes. El tratamiento biológico de los colorantes sintéticos utilizando enzimas es una opción atractiva para el tratamiento de efluentes por su bio-compatibilidad, facilidad y simplicidad en el control del proceso (1, 3). En la producción de enzimas ligninolíticas influyen de manera determinante la fuente de nitrógeno y de carbono, sus concentraciones, la proporción entre ellos así como la naturaleza y concentración de los inductores (3). La inclusión de residuos agroindustriales en el medio de producción de enzimas ligninolíticas tales como la cáscara de café, melaza y bagazo de caña de azúcar, paja de trigo, poda de árboles, entre otros, son muy beneficiosos porque incrementan la producción enzimática, disminuyen los costos del proceso y es posible la reutilización del residuo disminuyendo el impacto que causa su acumulación (4). En el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana existe experiencia de trabajo en la degradación de lignina y efluentes textiles coloreados, y se cuenta con dos cepas nativas de alta capacidad decolorativa: *Trametes maxima* MUCL44155 y *Ganoderma weberianum* B-18. Además, se han diseñado medios de cultivo para la producción de enzimas ligninolíticas utilizando como inductores los residuos agroindustriales melaza y bagazo de caña de azúcar (5, 6).Teniendo en cuenta estos antecedentes el objetivo del presente trabajo fue: Analizar la producción de las enzimas ligninolíticas de *Trametes maxima* MUCL

44155 y *Ganoderma weberianum* B-18 en medios con melaza y bagazo de caña de azúcar y su capacidad decolorativa sobre tres colorantes modelo.

Materiales y Métodos

Microorganismos y su conservación: Se emplearon los hongos basidiomicetos *Trametes maxima* MUCL44155 y *Ganoderma weberianum* B-18. Las cepas fueron conservadas en medio extracto de malta agar al 2% a 4°C. Porciones cilíndricas de 4 mm de diámetro tomadas de la periferia de la colonia fúngica se utilizaron como inoculo.

Medios de cultivo: Medio B: 3,34 $g.L^{-1}$ de glucosa, 1,66 $g.L^{-1}$ de extracto de levadura y 16,31 $g.L^{-1}$ de bagazo de caña de azúcar (5). **Medio M:** 3,9$ml.L^{-1}$ de melaza de caña de azúcar, 1,35 $g.L^{-1}$ de urea, 1 $g.L^{-1}$ de KH_2PO_4 y 0,5 $g.L^{-1}$ de $MgSO_4$ (6).

Obtención de enzimas ligninolíticas en cultivo sumergido

Los extractos crudos enzimáticos de *T. maxima* MUCL44155 y *G. weberianum* B-18 fueron obtenidos en cultivos agitados en medios M y B. Se emplearon erlenmeyers de 250 mL de capacidad con 100 mL de medio. Los cultivos se incubaron en zaranda orbital a 100 $r.min^{-1}$ y 30ºC durante 6 días. Se determinaron las actividades lacasa y peroxidasas totales. Se realizaron tres repeticiones por variable a ensayar.

Capacidad decolorativa de los extractos enzimáticos

Se determinó la capacidad del extracto crudo enzimático para decolorar los colorantes textiles remazol azul brillante R (RBBR), azul ácido 62 (AB-62) y reactivo negro-5 (RB-5). Las mezclas contenían 0,1 $mmol.L^{-1}$ de tampón acetato pH 4,5, 0,05 mL de extracto crudo enzimático y una alícuota de colorante, en un volumen total de 1 ml. La concentración de los colorantes se ajustó a la misma absorbancia inicial (una unidad de absorbancia a la máxima longitud de onda en la región visible de cada colorante). Las mezclas se incubaron a 30 ºC y 100 $r.min^{-1}$ de agitación durante 4 horas, determinando los porcentajes por la fórmula: % dec= 100 $(DO_i - DO_f) / DO_i$ donde DO, es la densidad óptica al inicio (i) o final (f) de la reacción. Se realizaron tres repeticiones por variable a ensayar.

Resultados y Discusión

Obtención de enzimas ligninolíticas en cultivo sumergido

Los hongos basidiomicetos producen niveles basales de enzimas ligninolíticas de forma constitutiva, pero se pueden inducir altas actividades enzimáticas con la incorporación al medio de cultivo de inductores específicos de la síntesis de estas enzimas. Muchos compuestos químicos puros se han utilizado como inductores y también suplementos que contienen lignina u otros compuestos fenólicos, como la melaza (MCA) y el bagazo de caña de azúcar (BCA) (3). Los hongos de la podredumbre blanca *Trametes maxima* MUCL44155 y *Ganoderma weberianum* B-18 crecieron adecuadamente en los cultivos agitados, tanto en el medio con MCA como en el medio con BCA. Como se muestra en la figura 1 en ambas condiciones de cultivo se detectó la presencia de las enzimas ligninolíticas lacasa y peroxidasas totales. A los 6 días la actividad lacasa en los cultivos con *T. maxima* MUCL44155 es significativamente superior a la obtenida en los cultivos con *G. weberianum* B-18 en presencia de los dos inductores. Para las dos cepas en los dos medios de cultivo se obtuvieron mayores valores de actividad lacasa que peroxidasas totales.

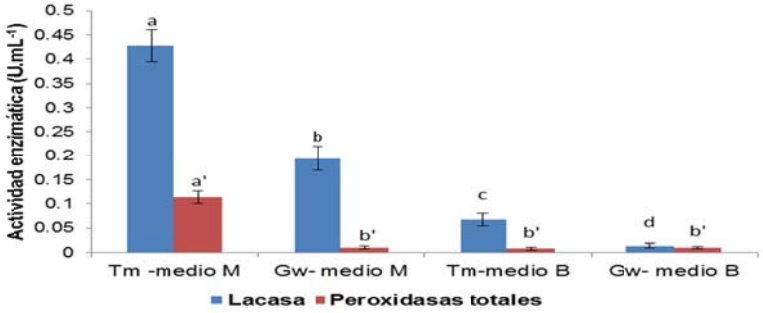


Figura 1: Actividad lacasa y peroxidasas totales a los 6 días de cultivo de *T. maxima* MUCL44155 y *G. weberianum* B-18 en medios con melaza o bagazo de caña de azúcar. La fermentación se llevó a cabo a 30°C con una agitación de 100 $r.min^{-1}$. Los valores representan la media y la desviación estándar (n=3), letras diferentes indican significación estadística según prueba Tukey para $p \leq 0,05$.

Capacidad decolorativa de los extractos enzimáticos

La capacidad decolorativa de los extractos enzimáticos obtenido a los 6 días de cultivo en presencia de los dos inductores se comprobó frente a dos colorantes antraquinónicos; azul ácido 62 (AB-62) y remazol azul brillante R (RBBR) y un colorante azoico: reactivo negro 5 (RB-5). Para el colorante AB-62 se pudo constatar una disminución en la absorbancia a la máxima longitud de onda del colorante desde que se adicionó el extracto enzimático (Fig. 2A). A los 90 minutos se obtuvieron valores de decoloración superiores al 60% para las variantes con los extractos enzimáticos provenientes del cultivo de *T. maxima* MUCL44155 con MCA o BCA y *G. weberianum* B-18 con MCA, para los cultivos de *G. weberianum* B-18 con BCA solo se alcanzó un 12%. La degradación de los colorantes también se monitoreó mediante los espectros de absorción en la región visible (380-740nm) los cuales mostraron una disminución en los valores de absorbancia a la máxima longitud de onda de los colorantes, AB-62 (Fig.2C) y también ocurre a través de todo el espectro indicando la degradación del colorante. Se observa un máximo a 500nm aproximadamente, que coincide con un cambio de coloración de azul a rojo por la aparición de un producto intermediario. Para el colorante RBBR se pudo constatar una disminución en la absorbancia a la máxima longitud de onda del colorante desde que se adicionó el extracto enzimático (Fig. 3A). A los 90 minutos se obtuvieron valores de decoloración superiores al 10% para todas las variantes ensayadas. Los espectros de absorción en la región visible (380-740nm) mostraron una disminución no solo en los valores de absorbancia a la máxima longitud de onda del colorante si no que esta ocurre a través de todo el espectro indicando la degradación del colorante (Fig. 3C). El colorante RB-5 no fue decolorado por ninguno de los extractos probados. Los espectros de absorción en la región visible (380-740nm) mostraron que no existe diferencias entre el espectro del colorante sin tratamiento con respecto al colorante tratado con los extractos enzimáticos, indicando que no existió una transformación de este colorante en las condiciones ensayadas. Los extractos enzimáticos de *T. maxima* MUCL44155 provenientes de los cultivos tanto en medio M como B obtuvieron los mayores porcentajes de decoloración sobre los colorantes antraquinónicos. Los bajos porcentajes de decoloración alcanzados por el extracto de *G. weberianum* B-18 con BCA concuerdan con los bajos valores de actividad enzimática lacasa.

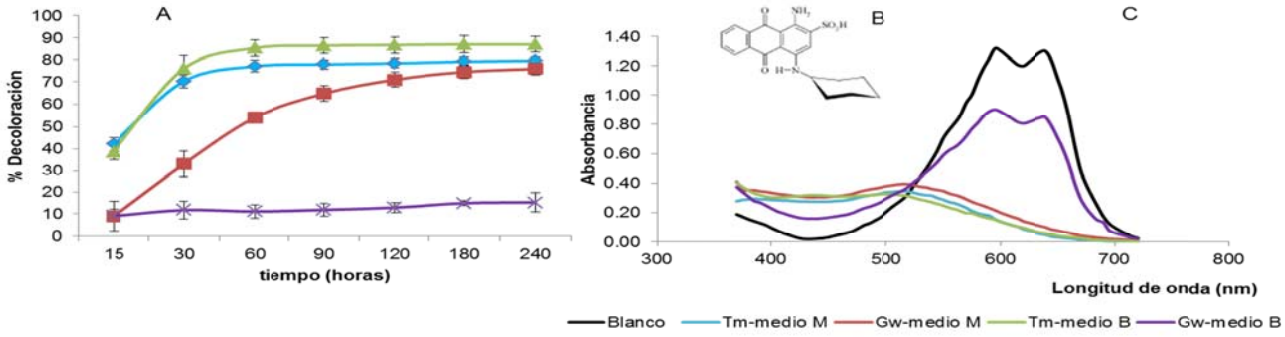


Figura 2: Decoloración del colorante AB62 por el extracto enzimático obtenido a los 6 días de cultivo de las cepas en los medio M y B. A- Porcentajes de decoloración en el tiempo, B- Estructura química del colorante, C- Espectro de absorbancia en la región visible.

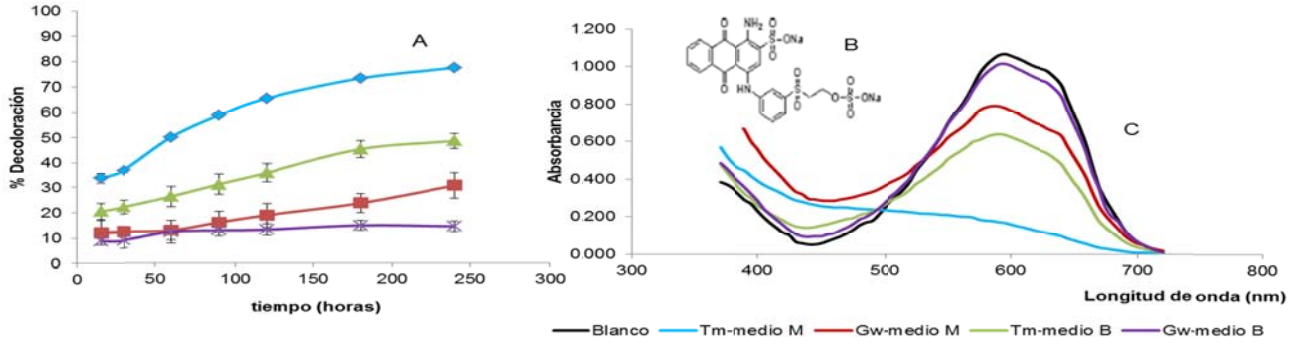


Figura 3: Decoloración del colorante RBBR por el extracto enzimático obtenido a los 6 días de cultivo de las cepas en los medio M y B. A- Porcentajes de decoloración en el tiempo, B- Estructura química del colorante, C- Espectro de absorbancia en la región visible.

Las diferencias en los porcentajes de decoloración de AB-62 y RBBR puede deberse a las diferencias estructurales de los tintes (Fig. 2B y 3B). A pesar de que ambos son colorantes antraquinónicos, el primero presenta una estructura mucho más sencilla, lo que hace más fácil su degradación. El colorante RB-5 es un colorante azoico reactivo, la estructura química de este colorante es más compleja que los dos anteriores.
Se ha informado una mayor resistencia a la degradación fúngica o enzimática de los colorantes azoicos en relación a los antraquinónicos (7). El colorante AB-62 es un colorante modelo utilizado ampliamente en la literatura especializada (7,8), fundamentalmente porque es fácilmente degradado por las enzimas ligninolíticas y en el proceso de degradación ocurre un cambio de color de azul a rojo que facilita su detección. Se han informado altos porcentajes de decoloración de este tinte con la lacasa purificada de *Pycnoporus sanguineus (*80% de decoloración) según Trovaslet *et al.* (8) y la lacasa de *Cerrena unicolor* con más de un 90 % de decoloración (7). El colorante RBBR también ha sido ampliamente utilizado como modelo para la detección de la actividad degradativa, pero aunque la mayoría de los crudos enzimáticos o lacasas purificadas biotransforman este colorante, los porcentajes de decoloración son muy variados. Por ejemplo: La enzima lacasa purificada de *Coriolopsis gallica* decolora en un 65% el tinte luego de 90 min de tratamiento (9), en cambio con la lacasa pura de *Polyporus brumalis*se se obtiene un 35 % de decoloración a los 60 min (10). El colorante RB-5 es también un colorante modelo de tipo reactivo ácido. Este colorante posee una estructura química muy compleja y no es fácilmente degradado por las enzimas ligninolíticas. Por ejemplo: el extracto enzimático de *Trametes Trogii* no lo decolora (11) y la lacasa pura de *Coriolopsis gallica* lo decolora solamente en un 10% (9). Varios autores han descrito que los colorantes antraquinónicos son más fáciles y rápidamente decolorados por los hongos de la podredumbre blanca que los de tipo azoicos. Esto puede deberse a que este último grupo no existe en la naturaleza, lo que hace que estos compuestos sean muy resistentes a la biodegradación (7).

Conclusiones:

En los extractos enzimáticos de *T. maxima* MUCL44155 y *G. weberianum* B-18, obtenidos en cultivos sumergidos en medios con melaza o bagazo de caña de azúcar, se detectaron las enzimas lacasa y peroxidasas totales, con capacidad de biotransformar los colorantes modelos: azul ácido 62 y remazol azul brillante R.

Referencias:

1-Shin, S., Kang, S., Mulchandani, A. & Wilfred Chen. Bioremediation: environmental clean-up through pathway engineering. Current Opinion in Biotechnology, 2012, 19:437–444.
2- Asgher, M., Azim, N. & Bhatti, H. Decolorization of practical textile industry effluents by white rot fungus *Coriolus versicolor* IBL-04. *Biochem. Eng. J.*, 2009, 47: 61–65.

3-Majeau, J. A., Brar, S. K. & Tyagi, R. Laccases for removal of recalcitrant and emerging pollutants. Bioresource Technol., 2010, 101: 2331-2350.
4- Gassara, F., Satinder, K., Brar, R., Tyagi, D., Verma, M. & Surampalli, R. Screening of agro-industrial wastes to produce ligninolytic enzymes by *Phanerochaete chrysosporium*. Biochemical Eng. J., 2010, 49(3):388-394.
5- Sánchez López M. I. Biodegradación de colorantes textiles industriales por las enzimas ligninolíticas de *Trametes maxima* MUCL44155 obtenidas en medios con bagazo de caña de azúcar. Tesis Doctorado. Facultad de Biología, Universidad de La Habana, 2011.
6- Manzano A.M. Biodegradación de colorantes presentes en efluentes textiles por la cepa nativa *Ganoderma weberianum* (B-18) y sus enzimas lacasas. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología, Universidad de La Habana, 2012.
7- Michniewicz, A., Ledakowicz, S., Ullrich, Rene. & Hofrichter, M. Kinetics of the enzymatic decolorization of textile dyes by laccase from *Cerrena unicolor*. Dyes and Pigments, 2008, 77: 295-302.
8- Trovaslet, M., Enaud, E., Guiavarch, Y., Corbisier, A.M. & Vanhulle, S. Potential of a *Pycnoporus sanguineus* laccase in bioremediation of wastewater and kinetic activation in the presence of an anthraquinonic acid dye. Enzyme and Microb. Tech., 2007, 41: 368-376.
9- Daâssi, D., Rodríguez-Couto, S., Nasri, M. & Mechichi, T. Biodegradation of textile dyes by immobilized laccase from *Coriolopsis gallica* into Ca-alginate beads. International Biodeterioration & Biodegradation, 2014, 90:71-78.
10- Kim, H., Lee, S., Ryu, S. & Choi, H. Decolorization of Remazol Brilliant Blue R by a Purified Laccase of Polyporus brumalis. Appl Biochem Biotechnol, 2012, 166:159–164.
11- Zeng, X., Cai, Y., Liao, X., Luo, S. & Zhang, D. Anthraquinone dye assisted the decolorization of azo dyes by a novel *Trametes trogii* laccase. Process Biochemistry, 2012,47:160–163.

APLICACIÓN DE CRUDOS ENZIMÁTICOS DE ORIGEN FÚNGICO EN LA HIDRÓLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

APPLICATION OF ENZYMATIC CRUDES FROM FUNGAL ORIGIN IN THE HYDROLYSIS OF THE SUGARCANE BAGASSE

Zurima Menéndez Ramírez, Julio Dustet Mendoza, Iliana Sevilla Fernández, Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas, Mariam Martí Tamayo

Grupo de Análisis de Procesos, Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE), MES. Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.Teléf.: 266-3396, 266-3350,266-3358
Email: zmenendez@quimica.cujae.edu.cu

RESUMEN
Se evaluó la influencia de crudos de enzimas celulasas y sus mezclas sobre la producción de glucosa en la hidrólisis del bagazo de caña de azúcar (BCA), pretratado con hidróxido de sodio (NaOH) al 3% p/v. Para esto se empleó un diseño simple centroide. Las condiciones de hidrólisis enzimática corresponden con una temperatura de 50ºC, una velocidad de agitación de 100 min^{-1}, pH = 4,8 y concentración de enzimas y crudos de 10 UPF/g de celulosa en un volumen total de mezcla de 50 mL. Como resultado la mezcla H1 formada por dos crudos enzimáticos (provenientes de las cepas J1 y C6) produjo cantidades de glucosa similares a las obtenidas con enzimas comerciales como patrón. Seleccionando la misma como la mejor dentro de las diferentes combinaciones que se probaron.
Palabras claves: bioetanol, celulasas, hidrólisis enzimática

ABSTRACT
The influence of the crude cellulases enzymes and its mixtures on the production of glucose in the hydrolysis of the sugarcane bagasse (BCA), pre-treated with sodium hydroxide (NaOH) (3 % w/v) was evaluated. A simple centroid design was used. The conditions of enzymatic hydrolysis were: temperature (50ºC), agitation speed (100 min^{-1}), pH= 4.8, and enzymes and crude concentration of 10 FPU/g of cellulose in a total volume of mixture of 50 mL. As a result the mixture H1 of two enzymatic crudes (from the strains J1 and C6) produce similar quantities of glucose to the obtained with commercial enzymes like standard. Selecting the same one like the best amount the different combinations evaluated.
Keywords: bioethanol, cellulases, enzymatic hydrolysis

INTRODUCCIÓN

La producción de bioetanol por vía fermentativa es una alternativa para paliar la disminución de reservas de combustibles fósiles y la formación de un ambiente con niveles altos de contaminación **[1]**. Esta vía supone fermentar monómeros obtenidos en la hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa. La hidrólisis enzimática es preferida por la alta especificidad de las enzimas, entre otras ventajas. Aunque es necesario reducir el costo actual de las enzimas por 4,55 L de etanol para que el proceso sea económico **[2]**.
Se propone determinar la influencia de crudos de enzimas celulasas y sus mezclas sobre el rendimiento de glucosa en la hidrólisis del bagazo de caña de azúcar (BCA), pretratado con hidróxido de sodio (NaOH).

METODOLOGÍA

El BCA cubano se pretrató con NaOH al 3% p/v a una relación sólido: líquido de 1:10, temperatura de 121ºC durante 1 h en autoclave. Luego se lavó cinco veces con agua destilada, a la que se añadieron unas gotas de ácido sulfúrico diluido para disminuir el pH hasta valores entre 5 y 6. Los bagazos sin tratar y tratado se caracterizaron mediante técnicas del *NREL* **[3]; [4]**. En la hidrólisis enzimática se utilizaron crudos de las cepas de hongos 6 y 13 aisladas por **[5]**, la cepa 27 (*Trichoderma viride*) aislada por **[6]** y la cepa J1 (*Aspergillus niger*) aislada por **[7]**. Como control se emplearon las enzimas NS50013 y NS50010 de la NOVOZYMES (www.biomass.novozymes.com). La reacción se realizó a 50ºC, 100 min^{-1}, pH = 4,8, con solución tampón de citrato de sodio 0,05 mol/L. Se fijó una concentración de enzimas y crudos de 10 UPF/g de celulosa y un volumen total de mezcla de 50 mL. La concentración de glucosa se determinó por cromatografía líquida de alta resolución. El diseño de experimento utilizado fue simple centroide empleando el programa computacional *Design-Expert 8.0.7.1*. Se realizaron 15 corridas de hidrólisis enzimática. La variable respuesta fue la concentración de glucosa a las 24 h donde se alcanza el mayor incremento de concentración en el tiempo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del análisis de los valores mostrados en la tabla 1, utilizando la función deseabilidad del *Design-Expert 8.0.7.1*, se determinó que la mezcla H1 es la de mejor resultado. Otra de sus ventajas es que necesita solamente dos tipos de crudos para su conformación.

Tabla 1. Resultados de concentración de glucosa obtenidos a las 24 horas de hidrólisis enzimática

Mezcla de crudos y enzimas	Media de la concentración de glucosa (g/L)
H1(J1+C6)	2,31±0,14
H2(J1+C6+C13)	1,98±0,29
H3(J1+C6+C13+C27)	2,36±0,48
H4(C6)	1,55±0,09
H5(C13)	1,11±0,31
H6(C13+C27)	2,61±0,39
H7(C27)	1,92±0,17
H8(C6+C27)	1,99±0,55
H9(J1+C6+C27)	1,13±0,10
H10(J1+C13)	0,641,69±
H11(J1)	1,68±0,04
H12(J1+C13+C27)	2,48±1,78
H13(C6+C13+C27)	2,64±1,07
H14(C6+C13)	1,43±0,46
H15 (J1+C27)	0,65±0,70
Control (NS50013 + NS50010)	3,5±0,27

La comparación de medias de los resultados obtenidos en la hidrólisis enzimática utilizando la mezcla H1 y el control mostró que no existen diferencias significativas entre ellos. Este resultado es positivo teniendo en cuenta que la mezcla de enzimas de las cepas C6 y J1 está formada por crudos de enzimas de cepas de origen cubano.

CONCLUSIONES

De las mezclas de crudos enzimáticos para la producción de glucosa, se seleccionó como resultado más adecuado el de la mezcla H1 que garantiza rendimientos similares al obtenido con enzimas comerciales y favorece la economía del proceso reduciendo el número de crudos a utilizar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Goshima T, Tsuji, M, Inoue, H, Yano S, Hoshino T, Matsushika A. (2013). Bosci Biotechnol Biochem, 77(7), 1505-1510.
2. Sarkar N, Kumar S, Bannerjee S, Aikat K. (2012). Renewable Energy 37 19-27.
3. Sluiter A; Ruiz R; Scarlata C; Sluiter J; Templeton D. (2008). Technical Report NREL/TP-510-42619.
4. Sluiter A; Hames B; Ruiz R; Scarlata C; Sluiter J; Templeton D; Crocker D. (2008). Technical Report NREL/TP-510-42618.
5. Ferrer Y. (2010). Comunicación Personal.
6. Valiño E. (1999). Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
7. Dustet J. (1999). Tesis de Doctorado. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Ciudad de La Habana.

DISEÑO DE UN MEDIO DE CULTIVO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE *Gluconacetobacter diazotrophicus*

DESIGN OF A CULTURE MEDIA FOR INDUSTRIAL PRODUCTION *Gluconacetobacter diazotrophicus*

Autores: Borges, D; San Juan, A. N., Miró, N., Serrano, J.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. UEB Bioprocesos CUBA-10. Pablo Noriega, Quivicán. Mayabeque. E-mail: **ana.nelis@icidcamy.azcuba.cu**

RESUMEN

Existe un gran número de bacterias que poseen la capacidad de transformar el Nitrógeno atmosférico en fuente asimilable para las plantas entre las que se encuentran el *Gluconacetobacter diazotrophicus*, principal candidata a convertirse en un biofertilizante para la caña de azúcar. La producción de esta bacteria requiere de un medio de cultivo que permita su multiplicación con bajos costos. En el presente trabajo se propone un medio industrial compuesto por miel final de caña, levadura hidrolizada y fosfato de amonio. Los estudios en fermentador de 42 litros arrojaron resultados superiores en crecimiento del microorganismo con respecto a los reportados por la literatura obteniéndose una concentración de 1,55 x 10^{12} UFC.mL^{-1} a la hora 48 del proceso. El medio de cultivo industrial diseñado proporciona un ahorro económico significativo al ser comparado con el medio LGI-P.
Palabras clave: Biofertilizantes, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, medio de cultivo.

ABSTRACT

There are a number of bacteria that are able to transform atmospheric nitrogen into assimilable source for plants among which are the *Gluconacetobacter diazotrophicus*, leading candidate to become a biofertilizer for sugarcane. The production of this bacterium requires a culture media allowing their multiplication with low costs. In this paper, an industrial culture media comprising cane molasses, hydrolyzed yeast and ammonium phosphate is proposed. Studies in 42 L bioreactor yielded superior results with respect to those reported in literature, a cellular concentration of 1x55x10^{12} CFU.mL^{-1} is obtained in the 48^{th} hour of the process. Preliminary agronomic evaluation demonstrated effectiveness of this biofertilizer on the lettuce plants vegetative development. The designed industrial culture media provides a significant cost saving in comparison with synthetic LGI-P medium.
Keywords: Biofertilizer, *Gluconacetobacter diazotrophicu,* culture media.

INTRODUCCIÓN

Existe un gran número de bacterias que poseen la capacidad de transformar el Nitrógeno atmosférico en una fuente asimilable para las plantas, estos son los llamados microorganismos fijadores de Nitrógeno. Entre las especies que más se destacan y que permiten su uso como

biofertilizante se encuentran *Azospirillum brasilense, Azospirillum lipoferum, Azospirillum amazonense, Herbaspirillum seropedicae, Herbaspirillum rubrisubalbicans*, y *Gluconacetobacter diazotrophicus.*

Gluconacetobacter diazotrophicus fue aislada por vez primera por Cavalcante y Döbereiner en 1988 a partir de raíces y tallos de diferentes variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cultivadas en diversas regiones de Brasil (1), ha sido aislada además de diferentes variedades de ese cultivo en otros países, como Australia, México, India y Canadá (2). Este microorganismo tiene grandes atractivos desde el punto de vista agronómico, pues libera hasta el 50 % del nitrógeno transformado mediante la fijación biológica y produce sustancias promotoras del crecimiento vegetal, fundamentalmente ácido indol acético (3). Su carácter de endófito lo hace aún más interesante pues este grupo de microorganismos tiene ventajas sobre los rizosféricos al recibir protección ante condiciones ambientales adversas en el interior del vegetal y ser más directos los efectos beneficiosos que provocan. (4) (5).

La sacarosa constituye la fundamental fuente de Carbono que *Gluconacetobacter diazotrophicus* tiene disponible en su principal hábitat natural, por lo que esta bacteria es capaz de crecer en concentraciones de hasta 30 % de este azúcar (1). El crecimiento óptimo se presenta a 30^{o}C en medios de cultivo que contienen 10 % de sacarosa y pH 5,5, puede usar además glucosa o fructosa, produciendo ácidos a partir de estos sustratos (6) (7). No crece en disacáridos como lactosa, melobiosa, celobiosa y maltosa (8) (9).

El objetivo del presente trabajo ha sido diseñar un medio de cultivo para la multiplicación del microorganismo *Gluconacetobacter diazotrophicus* económicamente viable para la producción de un biofertilizante comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la cepa de *Gluconacetobacter diazotrophicus* 166 INICA, aislada de caña de azúcar, variedad Ja60-5, mantenida mediante pases consecutivos cada 30-45 días en cuñas de medio LGI-M sólido (1), incubadas a 30°C por 5 días y almacenadas en incubadora refrigerada de 4-2°C.

Para la preparación de los inoculos se realizó la propagación en erlenmeyers de 500 mL de volumen total conteniendo 100 mL de medio de cultivo LGI-P líquido. Los mismos fueron incubados en zaranda rotatoria termostatada INFORS HT Multitron, a 180 rev.min^{-1} y temperatura de 30ºC por un período de 48 a 72 horas.

Los experimentos se realizaron en el fermentador de 42 L de volumen total, marca INFORST Techfors-s, con un volumen efectivo de 30 L. La agitación se fijó a 290 rev.min^{-1} y la aireación de 12,5 L.min^{-1}. La temperatura de trabajo fue de 30°C. El pH se ajustó inicialmente de 5,5-6,0 y se dejó libre durante todo el proceso. La relación de inoculación fue del 10%.

Para el diseño del medio de cultivo industrial para la multiplicación de *Gluconacetobacter diazotrophicus,* primeramente se evaluó la influencia de la utilización de miel final de caña como fuente de carbono sobre el crecimiento del *Gluconacetobacter diazotrophicu,* utilizando este

sustrato y los demás componentes del medio sintético LGI-P (1). El medio de cultivo simplificado tuvo como base la composición del medio LGI-P, proponiéndose la sustitución de las principales fuentes de nutrientes del medio, por sustratos más económicos, quedando con la siguiente composición en $Kg.L^{-1}$: Miel final de caña de 0,1- 0,2, Fosfato de Amonio dibásico 0,01- 0,02 y levadura torula hidrolizada entre $1,3\text{-}1,5x10^{-2}$. Los experimentos se realizaron por triplicado.

Se evaluó la cinética de crecimiento del microorganismo utilizando las siguientes técnicas de control del proceso: Conteo de viables, realizando siembras por diseminación en placas de petri, a partir de diluciones seriadas, Determinación del contenido de Nitrógeno por el método Kjeldahl, Azúcares Reductores Totales (ART), empleando el método de Eynon-Lane modificado por el ICIDCA. (Manual de técnicas analíticas del ICIDCA) y determinación del pH en un pH Metro modelo HANNA.

Todos los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el programa Statgraphics Centurion XV. Utilizando la prueba "t" de Student.

Se realizó un análisis económico del medio diseñado, centrado fundamentalmente en el análisis del costo de las materias primas utilizadas comparado con el medio LGI. Para este fin se utilizaron los precios de referencia de la base de datos AZUMAT-Habana (AZCUBA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras 1 y 2 muestran el comportamiento cinético del crecimiento de *Gluconacetobacter diazotrophicus,* utilizando el medio sintético LGI-P suplementado con miel final de caña como fuente de carbono y el medio simplificado diseñado, expresado a través del logaritmo de la concentración de células viables.

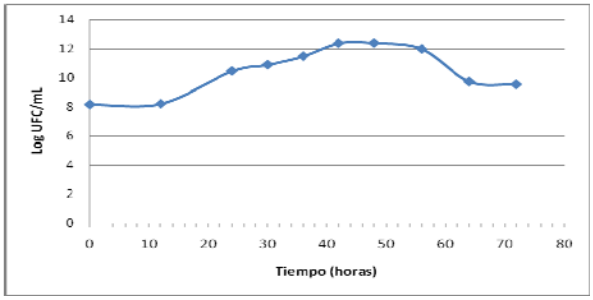


Figura 1. Cinética de crecimiento de *Gluconacetobacter diazotrophicus* con medio LGI, suplementado con miel final de caña, en fermentador de 42 L a 290 $rev.min^{-1}$, aireación 12,5 $L.min^{-1}$, y temperatura de 30ºC.

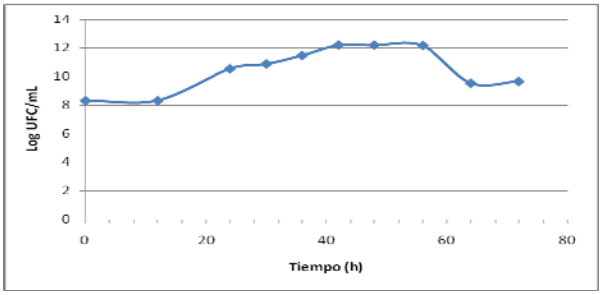


Figura 2. Cinética de crecimiento de *Gluconacetobacter diazotrophicus* en medio simplificado (miel final de caña, fosfato de amonio y levadura torula), en fermentador de 42 L a 290 $rev.min^{-1}$, aireación 12,5 $L.min^{-1}$ y temperatura de 30ºC

Las figuras demuestran un comportamiento similar de la cinética de crecimiento del *Gluconacetobacter diazotrophicus***,** obtenidas en fermentador de 42 litros utilizado para ambos

experimentos. Las velocidades específicas de crecimiento (μ) calculadas en la fase logarítmica entre las horas 12 y 24, son muy similares, siendo de 0,186 h^{-1} para el medio completo y 0,184 h^{-1} para el simplificado, estos valores, aunque son bajos, se asemejan a los reportados para este microorganismo por Luna, (10), este resultado pudiera estar asociado a limitaciones de oxígeno en el medio, considerándose necesario estudios posteriores de optimización de los parámetros del proceso fermentativo (aireación- agitación).

Es de especial interés el comportamiento del crecimiento celular en ambos experimentos, pero en mayor medida el observado con el medio simplificado objeto de estudio del trabajo, los valores máximos alcanzados de viabilidad se encuentran por encima de $1x10^{12}$ $UFC.mL^{-1}$, este comportamiento es superior a los reportados por Tejera y col.(11) donde se alcanzan titulaciones del orden de 10^{11} a la hora 48 del proceso utilizando medio LGI suplementado con 10 % de sacarosa y Sulfato de amonio 10mM.

Los resultados obtenidos están en correspondencia con lo esperado al utilizar miel final de caña como fuente de carbono. Este subproducto de la industria azucarera aporta al medio un elevado contenido de minerales y otros nutrientes que facilitaron la multiplicación celular, alcanzando titulaciones no reportadas anteriormente en la literatura.

Al realizar un análisis económico comparativo entre el medio LGI y el medio simplificado diseñado, se observó una notable diferencia en el costo por litro de estos medios de cultivo (datos no mostrados). El costo total del medio LGI-P es de $9,555/litro en moneda total mientras que el medio estudiado es de $0,228/litro, lo cual favorece económicamente al medio estudiado, proporcionando un ahorro de $9,327/litro en moneda total y de $5,057/L en moneda libremente convertible (CUC).

CONCLUSIONES

Se diseñó un medio de cultivo industrial simplificado para la multiplicación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* compuesto por miel final de caña, fosfato de amonio dibásico y levadura torula hidrolizada, obteniéndose un crecimiento de $1,55x10^{12}$ UFC mL^{-1} a la hora 48 del proceso superando lo reportado en la literatura con los medios sintéticos conocidos. El medio de cultivo industrial diseñado proporciona un ahorro de $9,327/litro en moneda total y de $5,057/L en moneda libremente convertible (CUC) al ser comparado con el medio LGI-P sintético.

REFERENCIAS

1. Cavalcante, V. A., and J. Döbereiner. “A new acid-tolerant nitrogen fixing bacterium associated with sugarcane”. 1988. Plant Soil 108:23-31.
2. Rojas M., Manzano J., Heydrich M. Aislamiento e identificación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* a partir de variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba.2012. Revista cubana de ciencias biológicas. VOL. 1No.1, pp. 29-33.
3. Saharan, B.S., and Nehra, V. Plant growth promoting Rhizobacteria. 2011. Life Sci. Med. Res. 21: 1-30

4. Muñoz Rojas, J. “La interacción *Gluconacetobacter diazotrophicus* – caña de azúcar como modelo para el estudio de la transmisión de bacterias benéficas”. 2005. Elementos, 57, p 57 – 62.
5. Luna M.F., Galar M.L., Aprea J., Molinari M.L., and Boiardi J.L. (2010). Colonization of sorghum and wheat by seed inoculation with *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Biotechnol. Lett. **32**: 1071-1076
6. Fuentes-Ramírez.; L. E., R. Bustillos-Cristales.; A. Tapia-Hernández, T. Jiménez-Salgado.; E. T. Wang, E. Martínez-Romero.; and J. Caballero-Mellado. “Novel nitrogen-fixing acetic acid bacteria, *Gluconacetobacter johannae* sp. nov., and G*luconacetobacter azotocaptans* sp. nov., associated with coffe plants”. 2001. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. (En prensa).
7. Torres, T., Yepes, M. “Evaluación de medios de cultivos líquidos y dos sistemas de separación físicos para dos bacterias del género *Azotobacter* sp. a nivel laboratorio”. 2007. Tesis de Grado. Fundación Universidad de América. Ingeniería Química.
8. Ureta A, Alvarez B, Ramón A, Vera M A and Martínez-Drets G. “Identification of *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae* and *Herbaspirillum rubrisubalbicans* using biochemical and genetic criteria”. 1995. Plant Soil 172: 271-277.
9. Urzúa, LS et al. (2013) Identification and characterization of an iron ABC transporter operon in *Gluconacetobacter diazotrophicus* Pal 5. Arch. Microbiol. 195 431-8
10. Luna, M. F.; Bernardelli, C. Galar, M. y Boiardi, J.L. “Glucose Metabolism in Batch and Continuous Cultures of *Gluconacetobacter diazotrophicus*” 2006. PAL 3. Current Microbiology Vol. 52, pp. 163–168.
11. Tejera, N., A. Ortega, E., Rodés, R., and Carmen Lluch. “Influence of carbon and nitrogen sources on growth, nitrogenase activity, and carbon metabolism of *Gluconacetobacter diazotrophicus”*. 2004. Can. J. Microbiol. 50: 745–750.

EVALUACIÓN DEL POLVO DE HOJAS DE MORINGA Y GUANÁBANA COMO ALTERNATIVAS NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE *Azotobacter chrooccocum*

EVALUATION OF MORINGA AND SOURSOP LEAF POWER AS A NATURAL ALTERNATIVE FOR THE PRODUCTION OF *Azotobacter chrooccocum*

[1]Melisa Méndez, [1]**Bertha Carreras**, [1]Gerardo Rodríguez, [2]Mercedes Rodríguez, [2]Arcadio Sotolongo [1]Yohandra Román, [2]Gueldys M. Vernier, [2]José Alejandro Díaz, [3]Joania Rios, [3]Janet Rodríguez, [1]Maité Ravélo

[1.] Grupo Empresarial LABIOFAM. La Habana, [2.] Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (IPSJAE), [3.] Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT)

RESUMEN

Se analizó el efecto de la sustitución de las sales del medio DIMARGON por polvo de hojas de moringa o guanábana, para ello, se estudió en zaranda el efecto de la fuente de sales y la concentración sobre los parámetros de la fermentación y se realizaron pruebas de actividad estimuladora en semillas de lechuga ((*Lactuca sativa* L.) al producto final de cada fermentación. Ambos polvos presentaron efecto estimulador significativo sobre los indicadores fisiológicos del crecimiento en las plántulas de lechuga, cuando se compararon con el medio tradicional DIMARGON. Se escogió el medio a base de polvo de hojas de moringa por su mejor disponibilidad. Se realizaron dos corridas en un fermentador de cinco litros para comparar los resultados obtenidos de la fermentación de *A. chroococcum* en medio DIMARGON y el medio seleccionado, y todos los parámetros cinéticos obtenidos fueron del mismo orden, por lo que se arribó a la conclusión de que es posible la sustitución de las sales del medio DIMARGON, por el polvo de hojas de moringa. La alternativa propuesta reportó un ahorro económico de 65,45%.

Palabras clave: biofertilizante, actividad estimuladora, moringa, guanábana

ABSTRACT

The effect of replacing DIMARGON medium salts by powder moringa or soursop leaves was analyzed, to this, was studied the effect in shaker source of salts and concentration on the fermentation parameters and tests were performed stimulatory activity on lettuce seeds ((Lactuca sativa L.) at the end of each fermentation product. Both powders had significant stimulatory effect on physiological indicators of growth in lettuce seedlings, when compared with traditional medium DIMARGON. It was chose the based medium moringa leaf powder for their better availability. Two fermentations were performed in a five-liter fermenter to compare the results obtained from the fermentation of A. chroococcum in medium DIMARGON and the selected medium, and all kinetic parameters obtained were of the same order, so he came to the conclusion that it is possible to replace DIMARGON medium salts, by powder moringa leaves. The alternative proposal reported a cost savings of 65.45%.

Key words: biofertilizer, stimulating activity, moringa, soursop

INTRODUCCIÓN

La producción industrial de fertilizantes químicos no puede satisfacer la demanda de productos agrícolas para una población mundial en creciente aumento, debido a los efectos negativos que provoca su excesiva aplicación. Con el objetivo de mitigar estos efectos, en la agricultura mundial se está promoviendo el empleo de tecnologías limpias, destacándose la producción de biofertilizantes microbianos [1].

Los biofertilizantes están basados en microorganismos que promueven y benefician la nutrición y el crecimiento de las plantas. La importancia de estos bioproductos radica en su capacidad para suplementar o

movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables [2]. La utilización de estos biopreparados constituye una de las alternativas más aceptadas dentro del contexto agrícola mundial y desempeña un papel importante no solo en los modelos de agricultura sostenible, donde su aplicación es imprescindible, sino también, dentro de los sistemas agrícolas de alta productividad, debido a su bajo costo de producción y la posibilidad de su fabricación a partir de recursos locales renovables [3]. Entre las principales funciones que realizan los biofertilizantes está la fijación de nitrógeno atmosférico [4], la solubilización de minerales [5], la producción de sustancias reguladoras del crecimiento [6], el incremento en el volumen de la raíz [7], la inducción de resistencia sistémica a patógenos y la inhibición del crecimiento de organismo patógenos [8].
LABIOFAM actualmente cuenta con seis biofertilizantes dentro de sus líneas de producción, incluido el Dimargón®, a partir de *Azotobacter chroococcum*. Para la elaboración de este producto se requiere de un número significativo de sales, que al ser la mayoría importadas, encarece y dificulta la producción, debido a las conocidas trabas que tiene Cuba para la importación de reactivos. El Grupo Empresarial dispone de plantaciones de moringa y guanábana, cultivos que contienen un elevado porcentaje de vitaminas, sales y minerales en sus hojas por lo que surge la idea de sustituir las sales de los medio de producción de ambos bioproductos por polvo de hojas de guanábana o moringa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico: Se utilizó la cepa de *Azotobacter chroococcum* (INIFAT -12), procedente del INIFAT, la cual se encontraba liofilizada en el banco de cepas de LABIOFAM y fue restituida de acuerdo a protocolo descrito [9].
Medios de cultivos: Para la producción de *Azotobacter chroococcum* se utilizaron, como medio de referencia, el conocido como "DIMARGON" [10] y cuatro medios alternativos a base de polvo de hojas de guanábana y moringa a dos concentraciones escogidas aleatoriamente (tabla I); los polvos sustituyeron las sales del medio "DIMARGON".

Tabla I. Medios alternativos para la producción de *Azotobacter chroococcum*

Medios alternativos	Azúcar refino (g/L)	Extracto de levadura (g/L)	Polvo de moringa (g/L)	Polvo de guanábana (g/L)
M-2	30	0,5	2	-
M-5	30	0,5	5	-
G-2	30	0,5	-	2
G-5	30	0,5	-	5

Se realizó fermentación discontinua en fermentador de 5L (INFORS), se determinaron las concentraciones en UFC/mL en cada variante de medio alternativo y en el medio de referencia; se determinaron las cinéticas de crecimiento, además se realizó un análisis de la fuente de sales y la concentración sobre los parámetros cinéticos de la fermentación [µmáx, Fase ¨lag¨, productividad máxima]. Para el estudio de los medios de cultivo propuestos se realizó un diseño de experimento 2^2 sin réplicas ni punto central, analizando las variables fuente de sales (hojas de moringa y guanábana) y la concentración. Este estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de las variables en cuestión sobre los parámetros cinéticos de la fermentación. Los resultados fueron analizados con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.
Determinación de la actividad estimuladora: Para evaluar la estimulación del crecimiento se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de la variedad BSS.
En las formulaciones a base de *Azotobacter chroococcum* seleccionadas, se determinó la actividad estimuladora en maíz (*Zea mays* L.) cultivar "Criollo Amarillo" y trigo (*Triticum aestivum*) "RM-204". El efecto estimulador del microorganismo fue evaluado mediante la prueba en bandeja [11], con el empleo de suelo ferralítico rojo.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las curvas de cinética de crecimiento de *Azotobacter chroococcum* en los medios de referencia y alternativos. Los resultados del análisis estadístico mostraron que el efecto de la fuente de sales y la concentración, para los niveles estudiados, no tienen efecto significativo para un 95% de probabilidad, sobre el tiempo de la fase "lag", la velocidad específica máxima de crecimiento y la productividad máxima. Con respecto a la concentración celular máxima no se observó cambio del orden de la variable (10^{10} UFC/mL). Como conclusión parcial se puede decir que es posible la utilización de cualquiera de los medios propuestos, ya que no se observan diferencias significativas sobre las variables estudiadas.

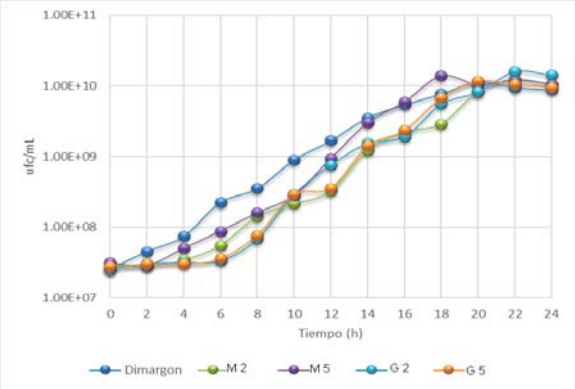
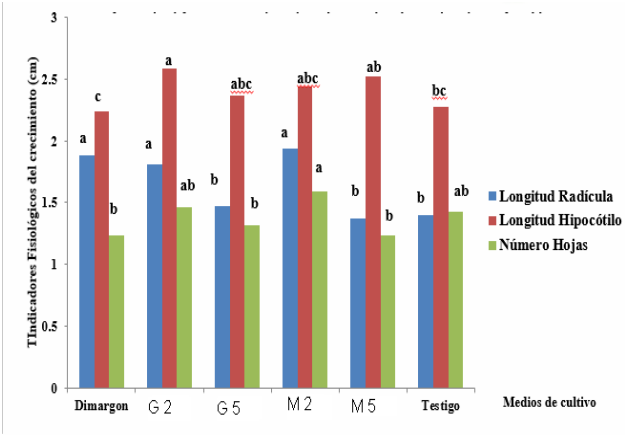


Figura1. Cinética de crecimiento de *Azotobacter chroococcum* en medio de producción DIMARGON y en cada uno de las alternativas de medio de cultivo.



En la figura 2 se observa el resultado del análisis estadístico del efecto del producto obtenido tras las fermentaciones de *A. chroococcum* en los diferentes medios de cultivo, sobre los indicadores fisiológicos del crecimiento en plántulas de lechuga. En los medios propuestos G2 y M2 se mostraron los mejores resultados, incluso por encima del medio DIMARGON en cuanto a la longitud del hipocótilo y el número de hojas. En cuanto a la longitud de la radícula entre los medios DIMARGON, G2 y M2 no existe diferencia significativa; este es uno de los parámetros más importantes del crecimiento en plantas, ya que al aumentar la longitud de la radícula, también lo hace la capacidad de absorber nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta.

Figura 2. Efecto de los diferentes medios de cultivo sobre los indicadores fisiológicos del crecimiento sobre plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Como no existen diferencias significativas en cuanto a los indicadores estudiados para los medios G-2 y M-2, es posible la selección de cualquiera de ellos para el crecimiento de *A. chroococcum*. Se decidió escoger el medio M2 atendiendo a la facilidad y rapidez de obtención de cultivos de moringa en Cuba, respecto a cultivos de guanábana.

La figura 3 muestra las curvas de cinética de *Azotobacter chroococcum* en medio de cultivo que contiene 2g/L de polvo de hojas de moringa y en el medio DIMARGON, en fermentador de 5L. Como el microorganismo es la base del producto, la fermentación puede ser convenientemente detenida al concluir la

etapa exponencial (10 horas), donde se alcanza la mayor concentración celular en cada caso, coincidiendo con la requerida para un biofertilizante.

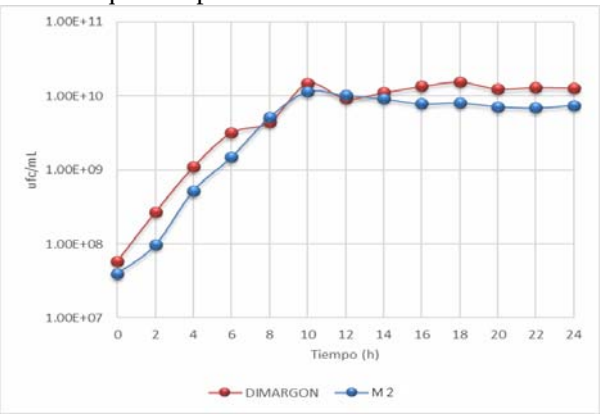


Figura 3. Curva cinética de *Azotobacter chroococcum* en medio de cultivo M 2 y medio DIMARGON en fermentador de 5L.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, quedó demostrado que la utilización de los polvos de hojas de moringa y guanábana no afectó el metabolismo bacteriano en cuanto a la producción de sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos y vitaminas) las cuales actúan sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga. El efecto aquí encontrado se corresponde con otros similares obtenidos en este mismo cultivo al ser tratado con la bacteria [12, 13].

El análisis económico de los medios de cultivó mostró que el costo para la preparación de un litro de medio DIMARGON era de 4,66 CUP y que el costo de producción de un litro de medio de cultivo a base de polvo de moringa, de 1,61 CUP/L, lo que equivale a un ahorro de un 65,45 %.

CONCLUSIONES

1. Los ensayos de efectividad *in vitro* con los sustratos naturales ensayados demuestran una mayor promoción del crecimiento vegetal, lo que sugiere el desarrollo de un producto mejorado

2. Resulta económicamente factible la sustitución de las sales del medio DIMARGON por polvo de las hojas de moringa a una concentración de 2 g/L, ya que se obtuvo un 65,45% de disminución de los costos por concepto de medio de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dibut Álvarez, Bernardo y Martínez Viera, Rafael. Obtención y manejo de Biofertilizantes como insumos indispensables de la agricultura sostenible. Memoria Agricultura Orgánica, Fundación Produce Sinaloa. 2006, 1-3.
2. Dibut Álvarez, Bernardo. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Editorial Universitaria, 2009, p. 113.
3. Altieri, M. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial CLADES, 1997, p. 249.
4. Dobereiner, J., S. Urquiaga, and R. Boddey, Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. Nitrogen economy in tropical soil. Fertilizar Research, 1995, 42: 339-346.
5. Crowley, D., et al., Mechanisms of iron aquisitio from siderophores by microorganisms and plants. 1991. Plant and soil 130: 179-198.

6. Arshad, M. y W. Frankerberger, Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. Advances in Agonomy, 1991, 62: 45-151.
7. Bowen, G. and D. Rovira, The Rhizosphere and its management to improve plant growth. Advances in agronomy, 1999, 66: 1-102, 55
8. Peer, R.V., G. Niemann, and B. Schippers, Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of a camation by Pseudomonas sp. Strain WCS417r. 1991. Phytopathology 81: 728-734
9. Bueno Rosell, Lourdes y Martínez Sánchez, Aidín Catálago de cepas microbianas. Colección de cultivos ICIDCA. 2003, p 1-86, en: Anexos, Restitución de los cultivos liofilizados.
10.
11. Dibut Álvarez, Bernardo. Martínez Viera, Rafael. González, R. Delgado, E y Martín, B. Evaluación de cepas de *Azotobacter chroococcum* aisladas de suelos de Cuba. Actividad estimuladora del crecimiento en plántulas de tomate. Ciencias Agrícolas, 1990, 40:11-16
12. Dibut Álvarez, Bernardo. Breve reseña de la actividad investigativa y desarrollo de biofertilizantes y bioestimuladores DIMARGON en los últimos años. Agricultura Orgánica 1, 2004, p. 25-29
13. Gómez García, Rosa., Rodríguez Sánchez, Janet., Tejeda González, Grisel., Fernández Melendi, Rubén., Martínez Alberto., Lamela Carlos., Martínez Viera, Rafael., Simanca Morales, Maria Elena., Soca Estrada, Ulises. Contribución al desarrollo territorial de boyeros mediante la aplicación de biofertilizantes obtenidos en el INIFAT, 1990, Revista Agrotecnia de Cuba, 11 pag

OPTIMIZACIÓN DE UN MEDIO DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS ANTIFÚNGICOS POR *BACILLUS* SP. CEPA VC3 AISLADA DE UNA PLANTA ACUMULADORA DE NÍQUEL

OPTIMIZATION OF CULTURE MEDIUM FOR ANTIFUNGAL METABOLITES PRODUCTION BY VC3 *BACILLUS* SP. STRAIN ISOLATED FROM NI-ACCUMULATING PLANT

Autores: Isis Amores[1], Antonio Bell[1], Nayra Ochoa[1], Orquídea Coto[2]
Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA). Vía Blanca 804 Carretera Central. La Habana. Cuba
Laboratorio Biotecnología de los metales. Facultad Biología Universidad de La Habana

RESUMEN

La bacteria *Bacillus sp.* cepa VC3, aislada de la rizosfera de una planta acumuladora de níquel es capaz de producir metabolitos antifúngicos, con un elevado porcentaje de inhibición *in vitro* contra hongos fitopatógenos. El presente trabajo tiene como objetivo optimizar la producción de compuestos con actividad antifúngica por este microorganismo. Este estudio se realizó en base a una secuencia de cuatro diseños estadísticos donde se evaluó la influencia en la actividad de los metabolitos excretados a partir de dos fuentes de carbono y nitrógeno, el efecto de la concentración de las mismas, así como la influencia de las interacciones entre algunos componentes del medio en la actividad antifúngica. Se demostró que el almidón, el hidrolizado de levadura y el $(NH4)_2HPO_4$ no ejercieron ninguna influencia en la producción y actividad antagonista de los metabolitos excretados, por lo que fueron eliminados de la composición del medio. Sin embargo la caseína y la miel final de caña resultaron esenciales en los altos porcentajes de inhibición de la colonia fúngica (>70%).
Palabras clave*: Bacillus, metabolitos antifúngicos, diseño factorial, medio de cultivo*

ABSTRACT

Bacillus sp. VC3 strain isolated from the rhizophere of the Ni hyperaccumulating plants has the capacity *in vitro* to produce antifungal metabolites with percentage higher than 50% against phytopatogen fungi, which could be very useful in biopesticide production. The present study carried out an optimization of antifungal compounds production by the VC3 strain. By the use of four sequential statistical designs, the influence on antifungal activity of two carbon and nitrogen sources, their different concentrations, as well as the interactions between some compounds of culture medium were evaluated. Starch, yeast extract and $(NH4)_2HPO_4$ did not exert any effects on antifungal activity of metabolites excreted and consequently were eliminated from culture medium composition. However, casein and molasses cause supported the highest percentage of fungal colony inhibition (>70%).
Key words*: Bacillus, antifungal metabolites, factorial design, culture medium*

INTRODUCCIÓN

Las especies incluidas dentro del género *Bacillus* son capaces de producir una gran variedad de metabolitos con actividad antimicrobiana como enzimas líticas (proteasas, glucanasas, quitinasas) y antibióticos, dentro de los cuales se encuentran como muy estudiados los miembros de la familia sulfactinas, iturinas y fengicinas. Estos compuestos son lipopéptidos cíclicos muy utilizados en el campo de la biotecnología por sus propiedades sulfactantes (Saharan et al.2011). La producción de metabolitos antifúngicos por parte de bacterias y hongos ha devenido en una alternativa muy promisoria al uso de plaguicidas químicos tan nocivos para el medio ambiente y para la salud del hombre (Plaza et al. 2013).

Los bioplaguicidas tienen como base los microorganismos o metabolitos de estos directamente, y tienen las ventajas, en contraposición con muchos químicos, de una mayor seguridad al hombre, vertebrados e

invertebrados y mayor especificidad por lo que su impacto es menor sobre la biodiversidad (Moazami 2015). Sin embargo en el proceso de elaboración y escalado de los bioplaguicidas se pueden elevar los costos debido a la composición de los medios de cultivo empleados. Es de gran importancia el diseño y formulación de medios de cultivos económicos que disminuyan los costos de la producción del bioplaguicida y faciliten su implementación a gran escala. Los métodos estadísticos por su parte constituyen una herramienta muy valiosa en este sentido, debido a que nos permiten obtener una mayor proximidad hacia las condiciones que favorezcan un mayor rendimiento de los microorganismos (Ren *et al.* 2008).
El siguiente estudio tuvo como objetivo comenzar a estandarizar un medio de cultivo utilizando subproductos de la agroindustria azucarera, para la obtención de un producto con un amplio porcentaje de inhibición contra hongos fitopatógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismos
En este estudio se utilizó la cepa *Bacillus sp.* VC3 aislada de la rizosfera de *Mosiera bullata* por su alta actividad antagonista contra hongos fitopatógenos. Para la evaluación de la actividad antifúngica de los metabolitos producidos por la cepa en estudio (Prapagdee *et al., 2*008) se utilizó el hongo fitopatógeno *Alternaria alternata.*

Diseño Experimental 1 Factorial 2^3.
Se emplearon como fuentes nutricionales en los medios, miel final de caña de azúcar, almidón de maíz y caseínas a 0 y 5 g/L como nivel bajo y alto y 2,5 g/L como punto central para aumentar la precisión del diseño. En el caso de la miel final de caña se tomó en cuenta la concentración de azúcares reductores totales (ART). La concentración del resto de los componentes fue la siguiente: Hidrolizado de levadura 1g (Nitrógenos totales Nt), $(NH4)_2HPO_4$ 1.2g, K_2HPO_4 2g, KH_2PO_4 1.5g, $MgSO_4.7H_2O$ 0.2g, $CaCl_2.H_2O$ 0.05g, $MnSO_4.2H_2O$ 0.009g, $ZnCL_2$ 0.001g L^{-1}.

Diseño Experimental 2 Factorial 3^2
Se evaluaron diferentes concentraciones de caseína 0, 5 y 10 g/L como nivel bajo, medio y alto. En el caso de la miel final de caña se emplearon 5, 10 y 15 g/L. El resto de los componentes se mantuvo constante según se muestra en el primer diseño.

Diseños Factoriales 2^2 para evaluar influencia de las fuentes de nitrógeno.
Diseño 1: Se evaluó la influencia de dos concentraciones de hidrolizado de Levadura 0 y 1 (g/L) de Nt y $(NH_4)_2HPO_4$ 1.2 y 2 (g/L) para los niveles alto y bajo. Se determinó en este bloque de medios utilizar las concentraciones medias de caseína (5g/L) y miel final de caña (10g/L), el resto de los componentes se mantuvo constante.

Diseño 2: Se evaluó la influencia de dos concentraciones de caseína 2.5 y 5 (g/L) y de $(NH_4)_2HPO_4$ 0 y 1.2 (g/L) en los niveles alto y bajo. Se determinó en este bloque de medios utilizar la concentración media de miel final de caña (10g/L), el resto de los componentes se mantuvo constante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del diseño factorial 2^3 se muestran en la Tabla 1, los mayores valores de actividad se consiguieron con el medio 7 y 8 sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos $p < 0.05$. El medio 7 no contiene Almidón por lo que no ejerció influencia significativa en la actividad antifúngica de los

sobrenadantes y la interacción con los otros dos componentes fue negativa por lo que se decidió eliminarlo de la composición del medio.

Tabla 1. Valores del diseño factorial 2^3 para cada uno de los medios y los porcentajes de inhibición.

Medio	Almidón (g/L)	Caseína (g/L)	Miel final(g/L) (ART)*	% Inhibición *A.alternata*
1	0	0	0	6±4,7
2	5	0	0	19±3,8
3	0	0	5	26±2,3
4	5	0	5	38±2,0
5	0	5	0	14±2,3
6	5	5	0	34±2,7
7	**0**	**5**	**5**	**52**±9,3
8	**5**	**5**	**5**	**51**±1,9
9	2.5	2.5	2.5	46±4,5

El experimento 2 evaluó principalmente el efecto de las concentraciones de caseína y miel final de caña en un diseño factorial 3^2 para valorar la disminución de sus concentraciones en el medio. La caseína resultó el compuesto con mayor influencia en la actividad a niveles altos Figura 1. Oyedede y Ogunbango 2014 obtuvieron óptimos resultados en la actividad antifúngica de *Bacillus subtilis* cepa DB4 con la utilización de caseína a esta misma concentración.

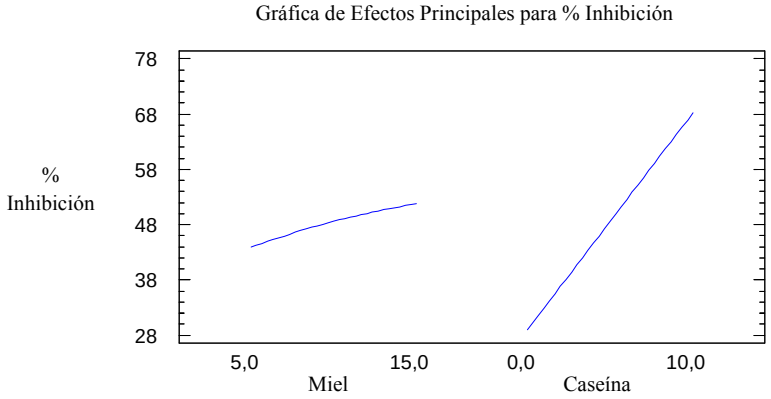


Figura 1. Influencia de los compuestos caseína y miel final de caña a niveles alto y bajo sobre la actividad antifúngica.

En el caso de los diseños factoriales 2^2 ambos probaron diferentes concentraciones de las fuentes de nitrógeno utilizadas. En el diseño 1 no hubo diferencias estadísticamente significativas en relación a los porcentajes de inhibición de la colonia fúngica entre los cuatro medios evaluados $p>0.05$. El hidrolizado de levadura mostró una influencia negativa en la respuesta por lo que se decidió su exclusión del medio de cultivo.

En el diseño 2 el medio 1 (caseína 5g/L y $(NH4)_2HPO_4$ 1,2g/L) y 3 (caseína 5g/L y $(NH4)_2HPO_4$ 0 g/L) no presentaron diferencias significativas $p>0.05$ en relación a la actividad antifúngica. La caseína y en menor medida el $(NH4)_2HPO_4$ ejercieron una influencia positiva en la respuesta, sin embargo a niveles altos de

caseína 5(g/L) sin la presencia de $(NH4)_2HPO_4$ se logra un porcentaje de inhibición del 75% superior a los alcanzados en todas las variantes ensayadas Figura 2.

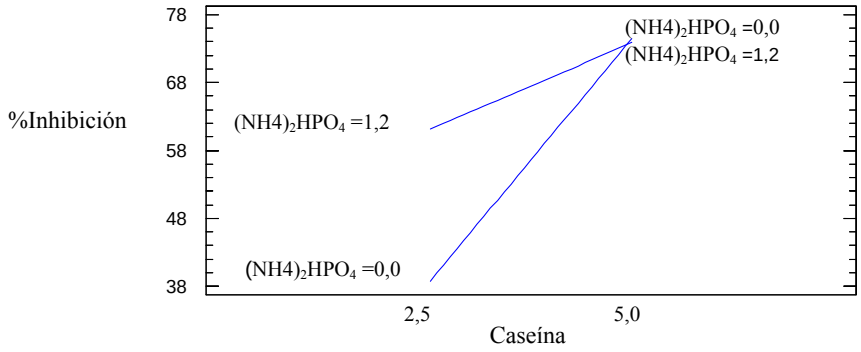


Figura 2. Influencia la caseína y el $(NH4)_2HPO_4$ a niveles alto y bajo sobre la actividad antifúngica en el diseño 2.

CONCLUSIONES

La Caseína como fuente orgánica de nitrógeno fue el componente que mayor influencia ejerció sobre la actividad antifúngica de los metabolitos producidos por *Bacillus sp.* cepa VC3. Con respecto a la fuente de carbono la miel final de caña fue el componente con mayor efecto sobre la actividad antifúngica. Se logró diseñar un medio más sencillo con respecto al medio original con resultados superiores en cuanto a la actividad antifúngica.

REFERENCIAS

1. BS Saharan, RK Sahu, D Sharma, A Review on Biosurfactants: Fermentation, Current Developments and Perspectives, Genetic Engineering and Biotechnology Journal, 2011, GEBJ-29.
2. GA Płaza, A Turek, E Król, R Szczygłowska, Antifungal and antibacterial properties of surfactin isolated from *Bacillus subtilis* growing on molasses, African Journal of Microbiology Research, 2013, Vol. 7(25), pp. 3165-3170, ISSN 1996-0808 ©2013 Academic Journals.
3. Nasrine Moazami, BIOTECHNILOGY ENCYCLOPEDIA OF LIFE SUPPORT SYSTEMS, Biopesticide production, 2015, ISBN: 978-1-84826-258-6.
4. B Prapagdee, C Kuekuluong, S Mongkolsuk, Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against Phytopathogeinc Fungi, Short Research Communication, Int J. Biol Sci, 2008, 4: 330-337.
5. J Ren, W Lin, YJ Shen, JF Wang, XC Luo, MQ Xie, Optimization of fermentation media for nitrite oxidizing bacteria using sequential statistical design, Bioresource Technology, 2008, 99(17, 7923–7927.
6. Adedayo Omowumi Oyedele, Temitope Samuel Ogunbanwo, Antifungal activities of *Bacillus subtilis* isolated from some condiments and soil. African Journal of Microbiology Research, 2014, 8(18) pp, 1841-1849, ISSN 1996-0808.

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL INOCULANTE NITROFIX® CON EL EMPLEO DE DIFERENTES SOPORTES

STABILITY STUDY OF THE INOCULANT NITROFIX® WITH THE USE OF DIFFERENT SUPPORTS

Autores: Eulalia Gómez[1], Dayamí Borges[1], Ana N. San Juan[1], Marlyn Pérez[1], Yusmila Guevara[1], Juvencio Serrano[1], Noris Fiallo[1], Yanelis Díaz[1], Oscar Valdés[2].

UEB BioProcesos CUBA-10 del Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA). Pablo Noriega. Quivicán, Mayabeque.Cuba. E-mail: eulalia.gomez@icidca.azcuba.cu
Centro de Biomateriales. Facultad de Química. Universidad de la Habana.

Resumen

El éxito del uso de biofertilizantes en los cultivos se basa en lograr el establecimiento de una buena asociación microorganismo-raíz, para este fin es imprescindible elaborar una formulación con soportes que garanticen la supervivencia del microorganismo durante el tiempo. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la estabilidad del inoculante NITROFIX® obtenido a diferentes escalas piloto, formulado con distintos soportes. Se realizaron dos diseños estadísticos para evaluar la viabilidad del inoculante con alginato de sodio, miel y sulfato de amonio en el tiempo a temperatura ambiente. Se demostró una respuesta significativa a la mayor concentración de alginato y el aditivo con la menor tasa de extinción celular a los 60 días en las bolsas. Se corroboró que el soporte, la escala y el tiempo tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la viabilidad, obteniéndose los mejores resultados con el empleo del alginato y miel a escala de 1L, con viabilidad entre 10^6 -10^8 UFC mL^{-1} durante 90 y 180 días con incremento de pH.
***Palabras claves**: Azospirillum*, formulación, soporte.

Abstract

The success of the biofertilizers use in the cultivation is based on achieving the establishment of a good association microorganism-root, with this end it is indispensable to elaborate a formulation with supports that they guarantee the survival of the microorganism during the time, until the application in the field. The present work had as objective to evaluate the stability of the inoculant NITROFIX® obtained at different pilot scales, formulated with different supports. They were carried out two statistical designs to evaluate the viability of the one formulated with sodium alginate, molasses and ammonium sulfate in the time to room temperature. A significant answer was demonstrated to the highest alginate concentration and the additive with the smallest rate of cellular extinction to the 60 days, using plastic bags. It was corroborated that the support, the scale and the time have an effect statistically significant on the viability, being obtained the best results with the employment of the alginate and molasses to scale of 1L, with viability among 10^6 -10^8 UFC. mL^{-1} during 90 and 180 days with pH increment.
***Key Words**: Azospirillum*, formulation, sopport

Introducción

Actualmente, existe escasa información en cuanto a soportes aptos para mantener la sobrevivencia de *Azospirillum* por un periodo prolongado, principalmente tomando en cuenta que a pesar de pertenecer al mismo género de bacterias utilizadas en estudios internacionales, cada una se ha adaptado a las condiciones

de vida del lugar a partir del cual fue aislada, por lo tanto resulta importante la evaluación de soportes sólidos y líquidos, para la producción de esta bacteria como biofertilizante para los cultivos. (1)
El éxito de su uso, desde el punto de vista agrícola se basa en lograr el establecimiento de una buena asociación bacteria-raíz. Con este fin es imprescindible elaborar una formulación con soportes que garanticen la supervivencia de *Azospirillum* sp. durante el tiempo que transcurre desde que la población bacteriana es producida hasta que se aplica en el campo. (2, 3, 4)
Las experiencias obtenidas en el proceso productivo del inoculante NITROFIX® con una titulación del orden de10^9 esporas g^{-1}, muestran estabilidad durante 15 días a 25 ^{0}C y 30 días refrigerados, período de tiempo cortos para el almacenamiento del producto, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la estabilidad de este inoculante formulado con diferentes soportes en el tiempo a temperatura ambiente.

Materiales y Métodos

Microorganismos
En este estudio se utilizó la cepa 8I de *Azospirillum* sp. de la colección del INICA, aislada de la rizosfera de la caña de azúcar, variedad Jaronú 60-5 (Ciego de Avila, 1990) y seleccionada por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico. El NITROFIX® fue obtenido por fermentación sumergida con los medios de producción de miel y fructosa de acuerdo a lo informado por San Juan A. N. y otros. (2013).

Diseño Experimental 1 Factorial 2^3.
Se utilizó el NITROFIX® obtenido a partir de la producción de la bacteria en fermentador Marubischi de 500 L en medio miel, con una titulación entre 10^9-10^{10}. Para la formulación se empleó el alginato de sodio a 0.5%, sin cloruro de calcio como aditivo, en bolsas como nivel bajo y alto 1%, con aditivo en potes.

Diseño Multifactorial.
Se trabajó a tres escalas de fermentación (1, 13 y 300L) y medio de producción con fructosa, con una titulación entre 10^7-10^8. Para el diseño multifactorial se evaluaron los soportes (alginato 3g/L, miel 2%, y sulfato 2g/L con y sin dilución del cultivo) como variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes concentración de la bacteria y pH de los soportes. El material formulado se envasó en bolsas de polipropileno de 10x10 cm y se almacenó a temperatura ambiente 30°C.

Análisis microbiológico
Se realizó el conteo de células viables de forma regular por un período de 120 días. Las siembras fueron realizadas por diseminación en placas a partir de diluciones seriadas de la muestra original en el medio semi-selectivo Agar Rojo Congo, el cual permite el reconocimiento de las colonias de *Azosp.* a partir de la aparición de colonias típicas con un color rojo oscuro o escarlata al cabo de las 72h a 35°C.
Con los datos obtenidos se determinó la tasa de cambio de extinción (-) o multiplicación (+) a partir de la fórmula [$T= X_2-X_1/t_2-t_1$], donde X es el número medio de células mL^{-1} en tres repeticiones de la muestra en el tiempo (t).
Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA con el empleo del test LSD de Fisher para determinar la diferencia entre medias, utilizando el programa STATGRAPHICS Centurión XV.

Resultados y Discusión

Los resultados del diseño factorial 2^3 se muestran en el Figura 1, Tabla I, con una respuesta significativa al utilizar las bolsas plásticas, con nivel alto de concentración de alginato y el uso de aditivo, con la menor tasa de extinción celular a los 60 días. Pallo 2011 obtuvo resultados similares al evaluar los soportes alginato y miel con la cepa C2-Bolívar de *Azospirillum* sp, con titulación entre 10^7 y 10^8 a los 180 días.

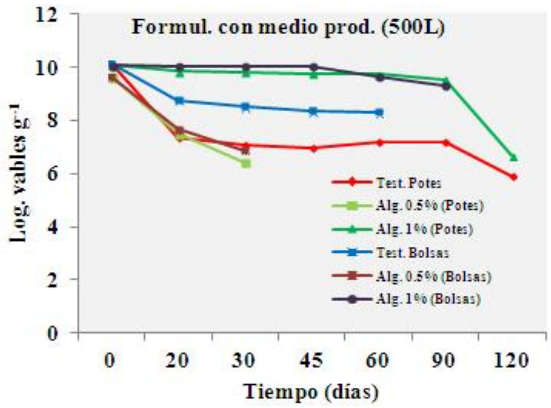
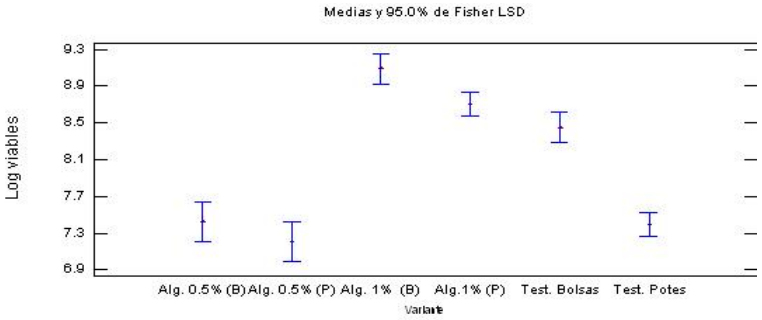


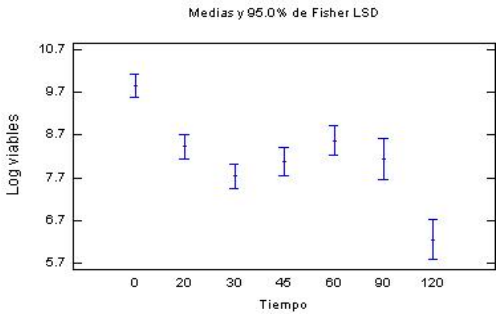
Figura 1. Comportamiento de la viabilidad del inoculante NITROFIX® formulado con alginato de sodio en potes

Tabla I. Comportamiento de la Tasa de Extinción del inoculante NITROFIX® formulado con alginato de sodio en potes y bolsas de plástico.

Variante	Tasa de Extinción (cel/ml/día)				
	Tiempo (días)				
	20	30	40	60	90
Test. Bolsas	$-5.11.10^8$	$-3.49.10^8$	$-2.35.10^8$	$-1.76.10^8$	-
Test. Potes	$-5.38.10^8$	$-3.59.10^8$	$-2.39.10^8$	$-1.79.10^8$	$-8.90.10^7$
Alg. 1% B.	$-1.25.10^8$	$-2.10.10^8$	$-1.39.10^8$	$\mathbf{-3.83.10^7}$	-
Alg. 1% P.	$-2.25.10^8$	$-2.70.10^8$	$-1.86.10^8$	$-1.21.10^8$	$\mathbf{-8.10.10^7}$
Alg. 0.5% B.	$-2.09.10^8$	$-1.39.10^8$	-	-	-
Alg. 0.5% P.	$-2.08.10^8$	$-2.50.10^6$	-	-	-

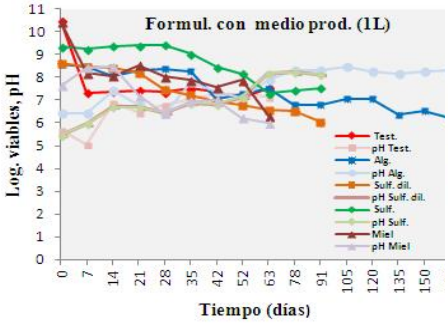
El análisis estadístico mediante ANOVA y Prueba de Múltiples rangos reflejó diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$, para los factores variante y tiempo sobre la viabilidad. Este análisis evidenció diferencias significativas entre la mayoría de los pares de medias de las variables estudiadas. Observándose gráficamente la mayor diferencia para alginto 1% (bolsas) con la mayor titulación de la bacteria, respecto al tiempo, el log viables a partir de los 20 días hasta los tres meses tienen una ligera variabilidad (Figs. 2-3).

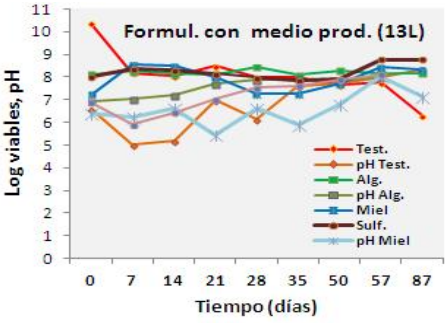


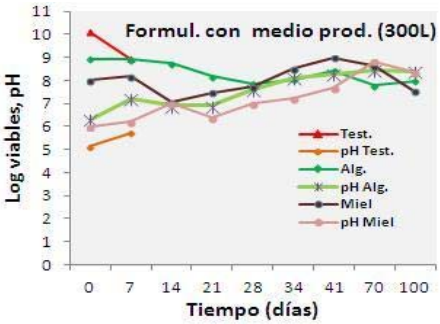


Figuras (2-3). Prueba de rangos múltiples (LSD) de Fisher para los valores medios de Log viables de las diferentes variantes y el tiempo

Los resultados obtenidos en la evaluación de los diferentes soportes a las tres escalas de fermentación se muestran en las Figuras (4-6).

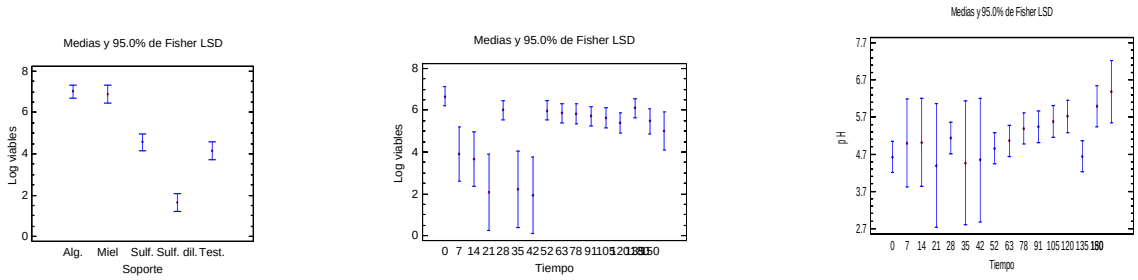






Figuras (4-6). Comportamiento de la viabilidad del inoculante NITROFIX® a tres escalas de fermentación, formulado con los diferentes soportes.

Como se ilustra en las figuras (4-6), los soportes, la escala y el tiempo tienen una marcada influencia sobre la viabilidad de la bacteria, los mayores valores se alcanzaron para el alginato y la miel a escala de 1L con viabilidad entre 10^6 -10^8 UFC mL^{-1} durante 90 y 180 días, con incremento de pH. Trujillo y cols, 2013 al evaluar dos cepas de *Azosp*. brasilense en fermentación sumergida a escala de 0.5,10 y 1000L obtuvieron un formulado viable a temperatura entre 22 -26^oC por dos años, con titulación de10^8 UFC mL^{-1} y pH alto.
El análisis estadístico mediante ANOVA y Prueba de Múltiples rangos reflejó diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$, para los factores soporte, escala y tiempo sobre Log viables y el pH. Este análisis evidenció diferencias significativas entre la mayoría de los pares de medias de las variables estudiadas. Observándose gráficamente la mayor diferencia para alginto y miel con la mayor titulación de la bacteria, respecto al tiempo, el log viables a partir de los 52 hasta los150 días tienen una ligera variabilidad en tanto el pH se incremento significativamente en el tiempo a partir de los 52 días. (Figs. 7-9).



Figuras (7-9). Prueba de rangos múltiples (LSD) de Fisher para los valores medios de Log viables y pH de los diferentes soportes en el tiempo.

Conclusiones

Todos los soportes empleados en la formulación mantuvieron la viabilidad del inoculante NITROFIX® al menos durante 90 días a temperatura ambiente. El alginato de sodio y la miel resultaron los soportes más adecuados para la conservación de la bacteria con viabilidad entre 10^6 -10^8 UFC mL^{-1} por un período de 60 a 180 días con incremento de pH.

Referencias

1. Pallo YE, Evaluación de soportes sólidos y líquidos, para la producción de un biofertilizante a base de *Azospirillum* sp. aplicable al cultivo de maíz (*zea mays* L.).Tesis de Grado para optar por el título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato- Ecuador. 2011
2. Bashan Y. Inoculants of plants growth-promoting bacteria for use in agriculture. Biotechnology advances. 1998, 116: p. 729-770.
3. Bashan Y, Hernández JP, Leyva LA, Bacilio M. Alginate microbeabs as inoculante carriers for plants growth-promoting bacteria. Biology and ferlility of soils. 2002, 35: p. 359-368.
4. Noceti J. Biofertilizantes - Un nuevo desafío en nuestro país y en la región; Uruguay. 2000, pp. 2-5
5. San Juan NA, Pérez JA, Borges D, Gómez E, Pérez M, Guevara Y, Serrano J, Pérez J, Oliva L , Casa M, Martínez J, Saura J, Pérez J, Lorenzo M. Escalado de la producción del biofertilizante NITROFIX en la planta de bioproductos CUBA-10. 2013. MEMORIAS DE DIVERSIFICACIÓN 2013. ISBN 978– 959-7165-39-2
6. Trujillo A, Valdez N, González C, Acevedo E, Martínez C, García R, Gamboa R, Marín LD,Villegas J, Blancas A. Scale-up from shake flasks to pilot-scale production of the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* brasilense for preparing a liquid inoculant formulation. Applied Microbiology and Biotechnology. 2013, Vol 97 (18), pp.1-12.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOPRODUCTO (LEBAME) EN EL TRATAMIENTO DE LA GALLINAZA DE AVES DE JAULA

EVALUATION THE EFFECT OF BYPRODUCT (LEBAME) IN THE TREATMENT OF HEN MANURE OF CAGE POULTRY

Carmen A Guevara Rodríguez [(1)], Caridad Suárez [(1)], Emilia Carrera [(1)], María Elena Díaz de Villegas [(1)], José Ramón Villa [(2)], Madelyn Cardoso González.
1. Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
2. Instituto de investigaciones Avícolas (IIA).
Email: amarilys Guevara@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
Se evaluaron diferentes frecuencias de aplicación del LEBAME en el tratamiento de la gallinaza de aves de jaula. El bioproducto se aplicó 3 veces por semana en el tratamiento 2, diariamente en el 3, y el tratamiento control fue tratado todos los días con Cal viva. Durante 15 semanas se tomaron muestras de la gallinaza, analizando pH, MSG, NT y PB. Existieron diferencias significativas entre los tratamientos y las semanas estudiadas para todas las variables, con excepción del pH. Los tratamientos 2 y 3 difieren del control en NT y PB ($P \leq 0001$) y no difieren entre sí. La estabilización del pH en 8.5 se logró más rápidamente en los tratamientos donde se aplicó LEBAME, alcanzándose en ellos, los niveles más altos de PB y NT. Las condiciones ambientales en el interior de la nave fueron mejoradas, con la aplicación del bioproducto.
Palabras claves: LEBAME, bioproducto, gallinaza. Aves de jaula

ABSTRACT
Different frequencies of application of the LEBAME were evaluated in the treatment of hen manure of cage poultry. The byproduct was applied 3 times per week in the treatment 2, daily in the 3, and the treatment control was treated every day with Quicklime. During 15 weeks they took samples of the moats, analyzing pH, MSG, NT and PB. Significant differences existed among the treatments and the weeks studied for all the variables, except for the pH. The treatments 2 and 3 differ of the control in NT and PB ($P \leq 0{,}001$) and don't they differ to each other. The stabilization of the pH in 8.5 was achieved more quickly in the treatments where LEBAME was applied, being reached in them, the highest levels in PB and NT. The environmental conditions inside the ship were improved, with the application of the byproduct.
Key words: LEBAME, byproduct, hen manure, cage poultry

INTRODUCCIÓN
Los microorganismos eficientes son conocidos como microorganismos benéficos que bien utilizados pueden reducir no sólo la contaminación del microambiente, sino también mejorar la calidad de la gallinaza, y disminuir el impacto ambiental causado por éste tipo de explotaciones (**García y col 2008).**
LEBAME, es un Bioproducto en desarrollo del ICIDCA, constituido por microorganismos de la colección de cultivos del ICIDCA *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 y *Saccharomyces cereviciae* L-25-7-12. Se produce a partir de un inoculo de los microorganismos antes mencionados, con Miel final de caña y agua a través de un proceso fermentativo. Este trabajo está dirigido a evaluar el efecto del LEBAME en el tratamiento de la gallinaza de reproductores ligeros alojadas en jaula.

MATERIALES Y MÉTODOS
El estudio se realizó en la nave 9 de la granja experimental Tejeda del Instituto de Investigaciones Avícolas, ubicada en el Km 23 ½. Carretera La Ceiba, Bejucal.
La gallinaza, estuvo compuesta por las deyecciones, desperdicio de alimentos, plumas, cascaras y otros residuos de huevos, derivadas del alojamiento de Reproductores ligeros de las líneas Ñ; X1; NH y CO.

El LEBAME fue asperjado, con una mochila, Modelo SH -12/16/20 El tratamiento 1, fue el control, en el que se aplicó diariamente cal viva y la dosis de los tratamientos 2 y 3 fue de 250 ml/m^2 , pero con diferentes frecuencias de aplicación, 3 veces por semana en el tratamiento 2 y diario, para el tratamiento 3.
Semanalmente, se tomaron muestras en cinco puntos de cada foso, conformando una muestra para cada tratamiento, analizando pH, MSG, PB y NT. Los datos se procesaron en el STATGRAPHIC CENTURION XV. (1982-2007), realizando Anova Multifactorial, donde los principales factores fueron las semanas y tratamientos (frecuencia de aplicación del LEBAME y aplicación de cal viva). El método de comparación de rangos múltiples utilizado fue por el método LSD Las aves fueron criadas de acuerdo al instructivo técnico de UECAN y con el plan de medicina preventiva vigente para esta categoría de aves.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

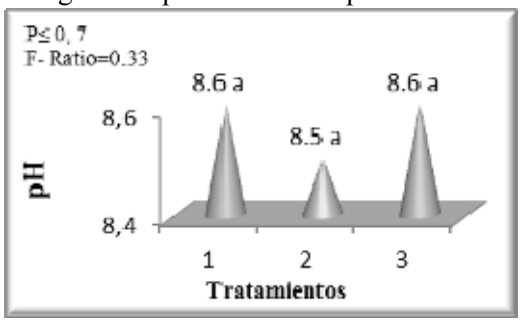
La tabla I resume los resultados del ANOVA multifactorial a las variables estudiadas.

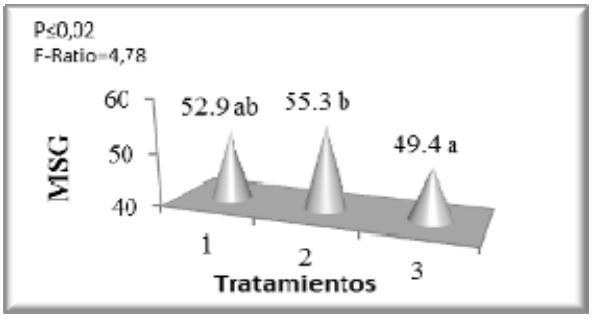
Tabla I. Resumen del análisis del pH, MSG, NT y PB por factores

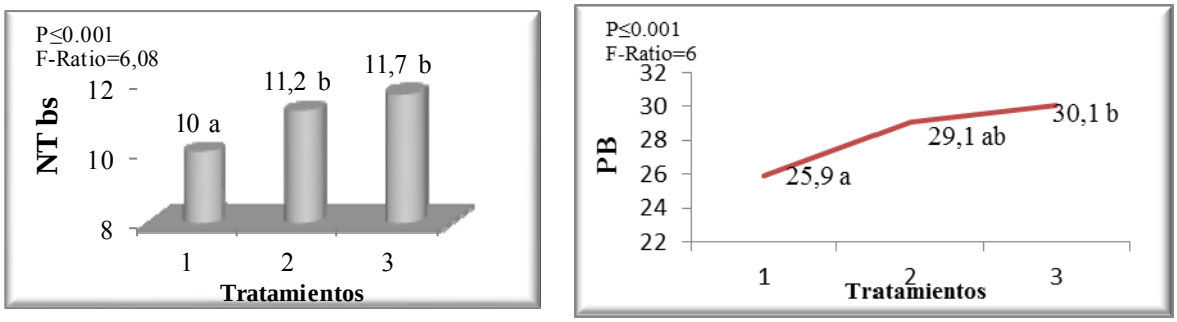
pH					
Factores	**Suma de cuadrados**	**GL**	**CM**	**P- Valor**	**Significación**
Tratamiento	0.09	2	0.05	0.7	NS
Semana	2.98	15	0.20	0.2	NS
MSG					
Tratamiento	277.5	2	138.7	0.02	*
Semana	2392.5	15	159.5	0.001	***
NT (bs)					
Tratamiento	22.8	2	11.5	0.001	***
Semana	67.5	15	4.5	0.001	***
PB					
Tratamiento	175.5	2	87.8	0.001	***
Semana	551.6	15	36.8	0.001	***

Al realizar el ANOVA multifactorial del pH, MSG, NT, se demostró que existen diferencias altamente significativas entre las frecuencias de aplicación del LEBAME y las semanas estudiadas para todas las variables, con excepción del pH.

La figura 1 representa el comportamiento de las variables analizadas en cuanto al factor tratamiento.







*Valores con letras no comunes difieren entre si por LSD a p ≤ 0,05

Figura 1 Comportamiento del pH, MSG, NTbs y PB por tratamientos

Aunque no existe diferencia estadísticamente significativa en los niveles del pH. El observado en el tratamiento 2, se ajusta al rango referido por, **Uribe, y col., (2001)** que reconoce que el pH entre 7.5-8.5 es favorable para la actividad microbiana y que por encima de este puede ser crítico, por la emisión de gases amoniacales. La adición de la cal viva a los fosos, por su estado alcalino, favorece la liberación de amoniaco al medio, contrario al efecto esperado con la aplicación del LEBAME.

La MSG difiere significativamente entre los tratamientos 2 y 3, mostrando el mayor porciento el tratamiento 2, correspondiente a la aplicación del LEBAME, 3 veces/semana. Esto sugiere que la aspersión, de los fosos, diaria con EM incrementa el porciento de humedad en estos, aunque en el experimento se mantuvo en niveles aceptables para la supervivencia de EM. El **Boletín Eco-Tecnologías EM,** refiere aplicaciones diarias durante las 2 o 3 primeras semanas hasta controlar los olores y posteriormente, 3 veces por semana. No se encontró diferencias significativas con respecto al tratamiento control, donde el producto aplicado como conservador de los fosos fue Cal viva, producto este con efectos negativos para la salud de los trabajadores y animales en explotación.

La PB y NT se comportan de manera similar, no difiriendo estadísticamente entre los tratamientos donde fue aplicado el LEBAME con distintas frecuencias de aplicación, pero si difiriendo significativamente del tratamiento control (P≤ 0,001) alcanzando valores superiores en el tratamiento donde fue aplicado el LEBAME 3 veces por semana.

A continuación se muestra en la figura 2 el comportamiento de las variables analizadas de los tratamientos en el tiempo.

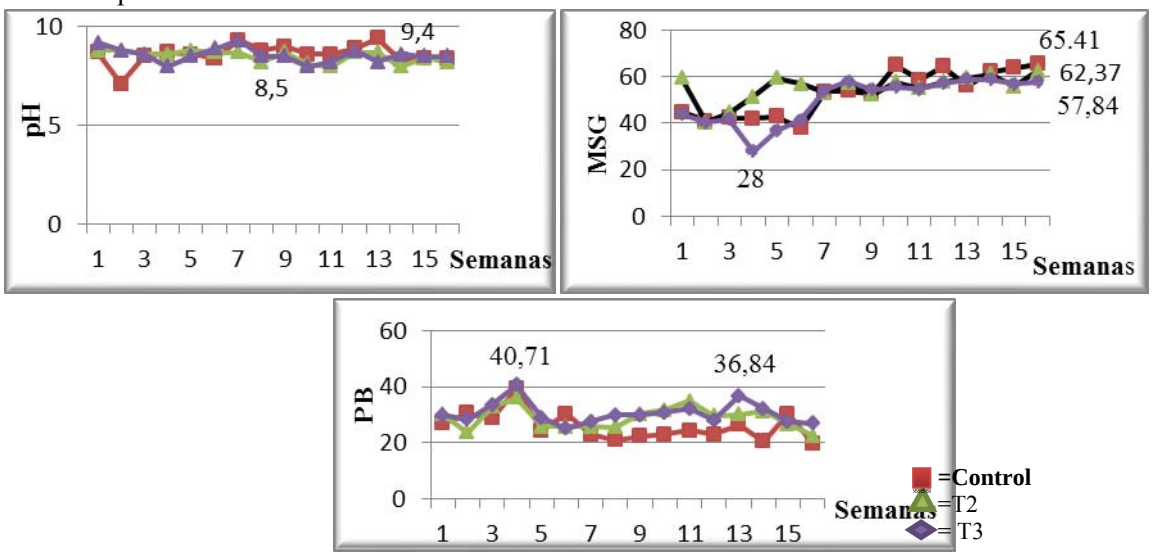


Figura 2. Comportamiento del pH, MSG y PB por tratamientos, durante las semanas

El comportamiento del pH no muestra diferencia significativa entre las semanas estudiadas para los tratamientos. En el grafico se observa que los niveles más altos corresponden al tratamiento control (9.4), demostrando la acción favorable del LEBAME, que logra la estabilización del pH por debajo de 8.5 en los tratamientos 2 y 3 a partir de la semana 8, lo que para el tratamiento control fue en la semana 14. Esto coincide con lo planteado por **Ferrer y Páez (1994)**, al referirse a la acción de los microorganismos eficientes en la aceleración de la estabilización de materiales digeribles y estiércol, al aportar una mayor actividad microbial.

La MSG difiere entre las primeras semanas del experimento y las más avanzadas ($P \leq 0.001$). A partir de la 8va semana se reducen las diferencias entre ellas y en la última, son muy similares los valores obtenidos en cada tratamiento, difiriendo estadísticamente del tratamiento control, que se mantuvo con valores inferiores al resto de los tratamientos, de manera más marcada en la semana 4, donde el valor fue de 28%, debido a roturas de los bebederos.

La PB registró los valores más altos en los tratamientos 2 y 3, teniendo el T3 (aplicación diaria) el mayor porciento de proteína bruta a partir de la 4ta semana de tratamiento. El tratamiento control mantuvo los niveles más bajos de proteína a partir de la 5ta semana, manteniéndose así durante todo el periodo de estudio, difiriendo significativamente ($P \leq 0.001$) del resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos en el tratamiento 3, coinciden con lo planteado por **Vargas y Mata, (1994)**, y **(NRC, 1983)** que refieren valores de 23,22% de PB en la gallinaza y difieren de los valores obtenidos con la adición de EM, que en este estudio llegó a niveles de más de 30%, coincidiendo con lo planteado por **Higa, (1995),** que registró un considerable incremento de PB, con el uso de EM.

CONCLUSIONES

1. Se logró un mejor comportamiento y estabilización más rápida del pH a 8.5, cuando se aplicó 3 veces por semana. el LEBAME.
1. El valor nutritivo de la gallinaza fue ligeramente superior cuando fue tratada 3veces por semana con LEBAME, incrementando los niveles de NT y PB.
2. Las condiciones medioambientales en el interior de las naves mejoraron con la aplicación del LEBAME.

REFERENCIAS

1. García, Y. A.; Ortiz, E. 2008. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. International Poultry Expo 2008.
2. Uribe, J.F; Estrada, M.; Córdoba, S.; Hernández; L.E; Bedoya, D. M.. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula**.** Rev Col Cienc. Pec 2001 Vol. 14: 2.
3. Anónimo. Tecnología EM® - Microorganismos Eficaces. Boletín Eco tecnologías. Disponible en **www.ecotecnologias.com.ve.** Consultado junio del 2014
4. Ferrer J; Páez G; Chirinos M. Bioproceso aeróbico de la pulpa de café. Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad de Zulia.1994 ;17 :2 67-74
5. Vargas, E.; Mata, L. Utilizaci6n de las excretas de aves en la alimentaci6n de los rumiantes. Nutrici6n Animal Tropical. 1994 1:59-71.
6. National Research Council. Nutrient Requeriments of Beef Cattle, 1983, 6th rev. ed .National Academy.
7. Higa, T. Studies on Purification and Recycling of Animal Waste Using Effective Microorganism (EM). 1995 7p

PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LIMONES POSCOSECHA CON MEZCLAS DE ÉSTERES DE SACAROSA Y MICROORGANISMOS

CONSERVATION PROCESS OF POST-HARVEST LEMONS WITH MIXTURES OF SUCROSE ESTERS AND MICROORGANISMS

*Barnes, Norma G. *; Albarracín, Patricia M.*; Miller, Matías M**; Deiana, María Noel**; Genta, Hugo D***; María Elena Díaz de Villegas*****

*Departamento de Ciencias Básicas, Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional Departamento Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, ***Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. ****ICIDCA, La Habana, Cuba. nbarnes@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El limón es una fruta de estación que requiere de métodos de conservación para su consumo como fruta fresca. Los trabajos previos se basaron en la utilización de ésteres de sacarosa y microorganismos como métodos de conservación. Para analizar un probable efecto sinérgico de ambos componentes, en el presente trabajo se determinó la pérdida de peso, unidades perdidas, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, índice de madurez y aspecto general de limones poscosecha sumergiéndolos en mezclas de ésteres de sacarosa y microorganismos a diferentes concentraciones. Los resultados obtenidos indican que las unidades tratadas con mezclas de ésteres de sacarosa al 5% y microorganismos al 20% presentaron el menor porcentaje de pérdida de peso, mostrando una disminución en el índice de madurez respecto al testigo. Estos resultados muestran que por el agregado de microorganismos se potenciaron los beneficios positivos obtenidos con tratamiento de ésteres de sacarosa únicamente.

PALABRAS CLAVES: Ésteres de sacarosa, limones, microorganismos, conservación poscosecha.

SUMMARY

Lemon is a station fruit that requires preservation methods for consumption as a fresh fruit. In a previous relied work we use sucrose esters and microorganisms as methods of preserving. To determine the likely synergistic effect of both components, in this study it was analyzed: weight loss, lost units, total soluble solids (TSS), acidity, maturity index and overall appearance of postharvest lemons soaking them in mixtures of sucrose esters and microorganisms at different concentrations. Lemons treated with mixtures of 5% sucrose esters and 20% microorganisms have the lowest percentage of weight loss and decrease the rate of maturity compared to the controls. These results show that adding microorganisms enhance positive benefits obtained with sucrose esters treatment only.

KEYWORDS: sucrose esters, lemons, microorganisms, postharvest conservation.

INTRODUCCIÓN

Las industrias radicadas en la provincia de Tucumán son principalmente azucareras y citrícolas, caracterizándose ésta última por la calidad tanto de sus frutos como de sus derivados. [1]

Esta provincia es una de las principales exportadoras de limón como fruta fresca, el cual se caracteriza por poseer una placentera fragancia, vitamina C, ácido cítrico, polifenoles, entre otros compuestos. Por ser una fruta de estación, se hace necesario establecer procesos que permitan la preservación de los mismos contemplando ambientes de higiene, la obtención de residuos biodegradables y el uso de sustancias no tóxicas para el consumo así como evitar el uso de grandes cargas químicas [2]. Cuando los frutos se cosechan, se produce un intercambio de agua, oxígeno y dióxido de carbono con el medio, lo que altera la concentración de los sólidos solubles totales y el aspecto general [2], es por ello importante definir que los productos de lavado que se utilicen minimicen los efectos adversos.

Los ésteres de sacarosa son compuestos orgánicos que se obtienen a partir de ácidos grasos que tienen la característica de formar una capa homogénea sobre el fruto que impide el ingreso de compuestos como el CO_2 lo cual retarda el proceso de maduración [3].
Los microorganismos eficientes son aquellos no patógenos, aeróbicos o anaeróbicos, cuya utilización resulta beneficiosa para diversas actividades, entre ellas la agrícola. El desarrollo de los mismos se ha intensificado en los últimos tiempos con avances importantes en el campo de la biotecnología. En estudios previos se establecieron las cualidades benéficas de los ésteres de sacarosa en la conservación de duraznos y frutilla [4], [5].
El objetivo del presente trabajo es analizar el probable efecto sinérgico en la conservación poscosecha de los limones, utilizando mezclas a diferentes concentraciones de ésteres de sacarosa y microorganismos eficientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron limones cosechados en la provincia de Tucumán. Se seleccionaron frutas a la venta en locales comerciales, separando las unidades que presentaban alguna anormalidad (picados o de tamaños muy diferentes).
Se prepararon dos soluciones de Ésteres de sacarosa al 5 y 20% (v/v) cada una (soluciones A y B) y dos soluciones de microorganismos *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato; *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1; *Saccharomyces cerevisiae* L/25-7-12, a igual concentración (soluciones 1 y 2), para realizar el lavado de las frutas.
Se prepararon cinco lotes de 60 limones cada uno y se los identifico según el siguiente tratamiento:

- Lote Testigo (T): sin tratamiento.
- Lote A+1: Ésteres de sacarosa y microorganismos al 5% cada una.
- Lote A+2: Ésteres de sacarosa al 5% y microorganismos al 20%.
- Lote B+1: Ésteres de sacarosa al 20% y microorganismos al 5%.
- Lote B+2: Ésteres de sacarosa y microorganismos al 20% cada una.

El procedimiento de lavado consistió en sumergir cada lote a estudiar en las respectivas soluciones de ésteres de sacarosa, se escurrieron y luego se sumergieron en las correspondientes soluciones de microorganismos. Escurridas las muestras nuevamente luego de este segundo lavado, se etiquetaron y se procedió a las determinaciones de las propiedades físico-químicas cada 3 días durante 13 días, tomando 4 limones por día de análisis.

Aspecto general y número de unidades perdidas

Se fotografiaron las muestras para registrar su aspecto general exterior y se descartaron los limones que presentaron manchas, formación de hongos o estado de putrefacción.

Porcentaje de pérdida de peso

Las medidas de peso se realizaron con una Balanza granataria marca Ahous. El porcentaje se referenció al valor del día cero (peso inicial).

$$\%Peso\ Perdido = \frac{(P\ Inicial) - (P\ medido)}{(P\ Inicial)}$$

Solidos Solubles Totales (SST)

El jugo de la fruta filtrado se analizó con un refractómetro óptico manual marca Atago N-1E de luz intensa (escala 0-32%) a 25ºC. El valor leído se expresa en grados Brix (ºBx).

Acidez (Ac)

Se realizó una dilución de 1 en 5 del jugo de limón filtrado y se tituló con NaOH 0,1N usando fenolftaleína como indicador [6]. Se determinaron los gramos de ácido cítrico (ácido tricarboxílico) por cada 100g de solución titulada según la siguiente ecuación:

$$Ac = \frac{N * V}{1000} * \frac{PM * A}{v * D}$$

donde: N=Normalidad del NaOH; V=Volumen de NaOH (ml); PM= 192.12 g/mol ; ν=3 protones neutralizados ; D=Dilución (1/5) ; A=Volumen de Alícuota (10ml)

Índice de Madurez

El cálculo se realizó según la siguiente fórmula:

$$Indice\ de\ Madurez = \frac{SST}{Ac}$$

Se considera fruto maduro cuando presenta una relación mayor o igual a 5.5. [7]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspecto general, unidades perdidas y % pérdida de peso

En general el tratamiento de la fruta no produjo cambios considerables en su aspecto, es decir en su textura, color, brillo, etc. Las unidades perdidas se muestran en la Figura 1.

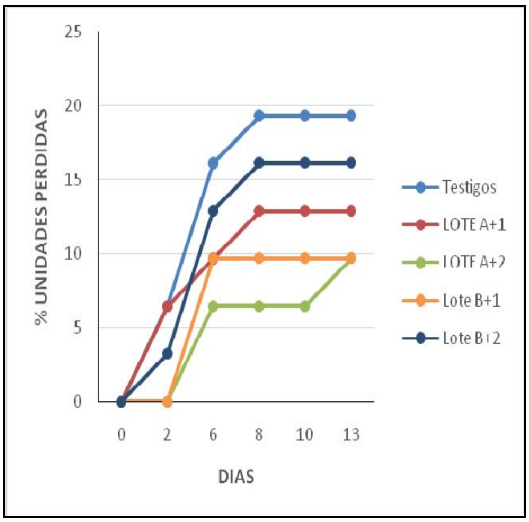


Fig.1.Unidades perdidas

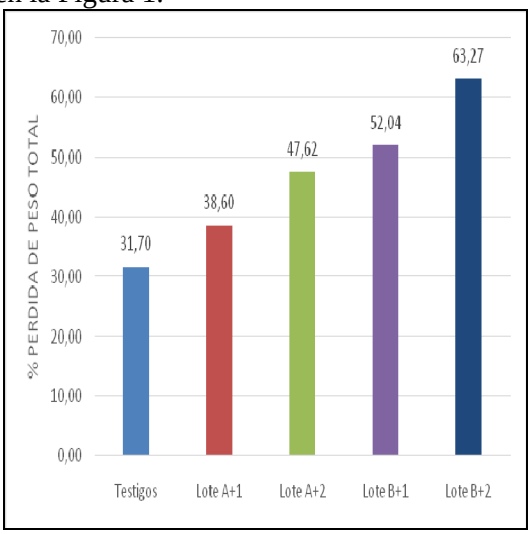


Fig. 2. % de pérdida de peso total

La Figura 2 muestra el % de pérdida de peso total al finalizar el tratamiento.

Del análisis de ambas figuras se observa que el lote A+2 presenta un menor número de unidades perdidas en función del tiempo.Cuando se analiza la pérdida de peso total de las muestras (Fig 2), se observa que los lotes tratados presentan una mayor pérdida con respecto al lote testigo, siendo el A+1 el que presenta menor pérdida.

Sólidos Solubles Totales, Acidez e Índice de Madurez

La Figura 3 muestra la variación de los SST en función del tiempo.

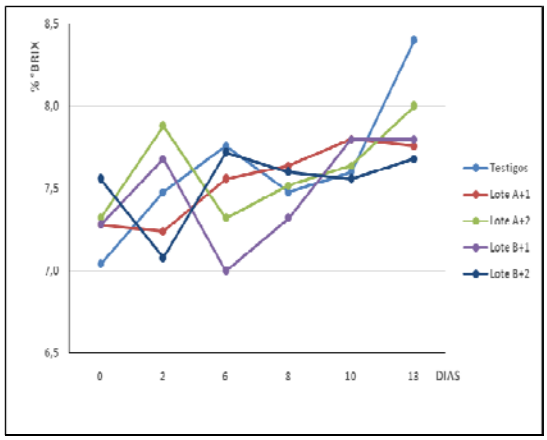


Fig. 3. Sólidos solubles totales

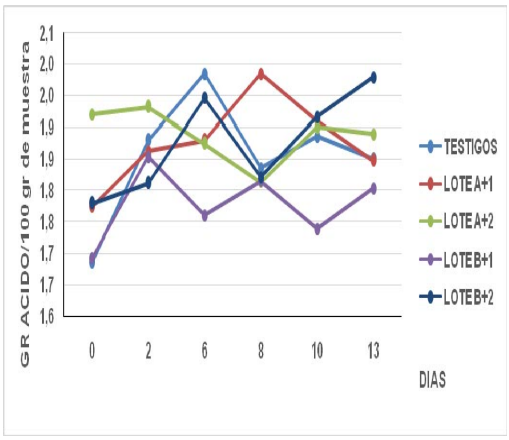


Fig. 4. Acidez

Del análisis de esta figura se observa que todos los lotes tratados presentan menores valores de SST en el tiempo respecto al testigo, lo cual indica que el tratamiento influye beneficiosamente respecto a evitar la deshidratación del fruto, siendo el que mejor resultado da, el tratamiento aplicado al lote A+2.

La Figura 4 muestra el comportamiento de los valores de acidez en función del tiempo.Si bien la acidez de las muestras tratadas es menor respecto a la del testigo en todos los casos, el lote A+2 se aproxima más a los valores del testigo, lo cual indica que el tratamiento aplicado a este lote es el que menos afecta a los valores de acidez.

La Tabla 1 muestra los valores de índice de madurez de los 5 lotes estudiados.

Se observa en todos los casos valores menores que el máximo establecido de (5,5), lo que indica que en ningún caso el tratamiento acelera la maduración del fruto.

Por tener cada fruto caracterís-ticas fisiológicas propias, pre-sentará una concentración oportuna para su cobertura

Tabla 1: Índice de Madurez

Días	Testigos	Lote A+1	Lote A+2	Lote B+1	Lote B+2
0	4,2	4,1	3,9	4,3	4,2
2	4,0	3,9	4,1	4,1	3,9
6	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0
8	4,1	3,8	4,1	4,0	4,2
10	4,0	4,1	4,3	4,5	3,9
13	4,5	4,2	4,2	4,3	3,9

CONCLUSIONES

- La adición de los microorganismos *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato; *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1; *Saccharomyces cerevisiae* L/25-7-12, incrementa levemente el efecto conservante de los ésteres de sacarosa, lo que indica cierto grado de potenciación de estas sustancias, siendo los parámetros más representativos durante el estudio, el porcentaje de pérdida de peso y las unidades perdidas.
- De los tratamientos empleados, la proporción más apropiada para este fruto fue la aplicada al lote A+2: Ésteres al 5% con microorganismos al 20%.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración para realizar las medidas experimentales de los alumnos de Ingeniería Química: Carlos Agustín Carreras; Zulema Analía Cejas y Samanta Mirian Rearte.

REFERENCIAS

[1] *Reporte Agroindustrial, Estadísticas y márgenes de cultivo Tucumano (*2012*)*. Boletín Nº 82. Pág. 2-6.

[2] Preece, J.E. and P.E Read (1993). The Biology of Horticulture. An Introductory Textbook. John Wiley and Sons, New York.

[3] E. A. Dinamarca, F. G. Mitchell y A. A. Kader (1989). Uso de Ésteres de sacarosa como retardadores de maduración de peras y ciruelas. *Revista Frutícola.* Volumen 10 Nº 3 sept-dic.

[4] M.P.Albarracín, A.C. Albornoz, M.E.Argañaraz, R.Rudyk y H.D.Genta (2011).Efecto de ésteres de sacarosa en la conservación de duraznos variedad prunuspérsica. *Revista de Ciencia.*Volumen 15. Pág. 131-140.

[5] Farolfi, H. V.; P. M. Albarracín y A. Balella (2001). Experiencias con diferentes concentraciones de ésteres de sacarosa en la conservación de frutillas. *La Alimentación Latinoamericana*. 239pág.: 53-56.

[6] Cálculo de la acidez titulable (Enero 2015). http://www.ehowenespanol.com/calcular-acidez-titulable-como_80621.

[7] E. Quinza Guerrero y M. T. Lopez Marcos (1978). Índice de Madurez de frutos cítricos. *Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Madrid.* Volumen Nº 25-X / 78. Pág. 3-16.

ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE CONJUGADOS DEL ÁCIDO JASMÓNICO CON AMINOÁCIDOS EN EL BIOJAS POR CLAR-ESI-EM/EM

STUDY OF PRESENCE OF JASMONIC ACID AMINO ACIDS CONJUGATES IN BIOJAS BY HPLC-ESI-MS/MS

Grolamys Castillo[1], Alejandro Torrecillas[2], Clara Nogueiras[3], José Sánchez Bravo[4] y Manuel Acosta[4].

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca No. 804 y Carretera Central. San Miguel del Padrón. La Habana. Cuba.
   E. Mail: grolamys.castillo@icidca.azcuba.cu
2. Servicio de Apoyo a la Investigación (SACE-CAID). Murcia. España.
3. Facultad de Química. Universidad de la Habana. Cuba
4. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. España

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la presencia de conjugados del ácido jasmónico (AJ) con los aminoácidos en la fracción de polaridad media del caldo fermentado de una cepa del hongo *Lasiodiplodia theobromae* (BIOJAS) mediante la utilización de un método cromatográfico acoplado a espectrometría de masas. Se realizó el análisis por CLAR-ESI-EM/EM utilizando un espectrómetro con trampa de iones XCT Plus Agilent, con el objetivo de identificar el patrón de fraccionamiento de cada compuesto. En el modo ESI (-) se analizaron los iones correspondientes a los conjugados de AJ con los aminoácidos hidroxilados AJ-Ser y AJ-Thr y en el modo ESI (+) se analizaron los iones correspondientes a los conjugados AJ-Gly y AJ-Ile/Leu. Esta técnica permitió detectar e identificar, por primera vez, cuatro conjugados del AJ con los aminoácidos (Ile/Leu, Gly, Thr, Ser) presentes en los extractos de acetato de etilo del BIOJAS.

Palabras claves: Ácido jasmónico, aminoácidos, BIOJAS, CLAR-ESI-EM/EM

ABSTRACT

The presence of jasmonic acid amino acids conjugates in the fermented broth of *Lasiodiplodia theobromae* fungus using chromatographic methods coupled with mass spectrometry is studied in this paper. The analyses were accomplished by HPLC-ESI-MS/MS using an Agilent XCT Plus ion trap spectrometer, with the aim of to identify the fractionation pattern of each compound. In the ESI (-) mode ions corresponding to conjugates containing hydroxylated amino acids JA-Ser and JA-Thr were analyzed. In the ESI (+) mode ions corresponding to conjugates JA-Gly and JA-Ile/Leu were analyzed. This technique allowed to detect and to identify four JA conjugates with amino acids (Ile/Leu, Gly, Thr, Ser) present in ethyl acetate extracts of the fermented broth (BIOJAS).

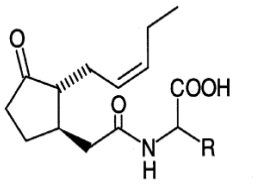
Key Words: Jasmonic acid, amino acids, BIOJAS, HPLC-ESI-EM/EM

INTRODUCCIÓN

La producción de ácido jasmónico (AJ) a partir de hongos por vía fermentativa surgió como una alternativa promisoria para solucionar el problema de los altos costos de su producción, a partir de la extracción de flores de jazmín y té, donde el mismo se encuentra en concentraciones de trazas. El AJ fue identificado inicialmente como un potente inhibidor del crecimiento y senescencia de las plantas, sin embargo, se han encontrado otros efectos en plantas, como la estimulación de la formación de tubérculos y la maduración de frutos, entre otros. La función mejor documentada del mismo es su papel regulador en la respuesta de defensa, al fomentar los sistemas defensivos de las plantas contra patógenos y plagas (estrés biótico), así como ante el estrés abiótico[1].

Una cepa autóctona del hongo *Lasiodiplodia theobromae* ha sido utilizada en el ICIDCA para la obtención de un caldo fermentado con un alto contenido de AJ (entre 100 y 300 mg/L), el cual ha sido registrado como BIOJAS® en la Oficina Cubana Central de Fertilizantes. Este caldo ha sido aplicado en diversos cultivos agrícolas y ha demostrado su factibilidad agronómica, como regulador del crecimiento vegetal y en el control biológico de diferentes microorganismos fitopatógenos y plagas.

El caldo de este hongo obtenido del proceso fermentativo no ha sido estudiado con el objetivo de identificar otros derivados del AJ como sus conjugados con los aminoácidos, algunos de ellos son activos biológicamente, entre los cuales el conjugado AJ-Ile se reporta como el más activo[2]. Su presencia ha sido reportada fundamentalmente en plantas[3] y su presencia en caldos del hongo *G. fujikuroi* fue informada por Cross & Webster [4] y por Miersch y col.[5] . También se ha reportado la presencia de otros conjugados como AJ-Leu, AJ-Val, AJ-Tyr, AJ-Trp y AJ-Phe en plantas[3]. La figura 1 muestra la estructura y la masa molecular de los conjugados del AJ con los aminoácidos más frecuentemente encontrados en plantas.



Aminoácido	R	MM
S-Glicina	-H	267
S-Valina	$-CH-(CH_3)_2$	309
S-Isoleucina	$-CH(CH_3)-C_2H_5$	323
S-Serina	$-CH_2OH$	297

Conjugado del ácido (3R,7R) jasmónico (–)- AJ con aminoácidos **mc**

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras analizadas proceden de biopreparados libres de células, obtenidos por fermentación en cultivo estático, utilizando la cepa autóctona *Lasiodiplodia sp.* 2334 procedente de la Colección de Cultivos del INIFAT. Para la fermentación, se utilizó el medio de cultivo informado por Miersch modificado con la adición de extracto de levadura, el cual se ajustó a un pH 5.5. Se inocularon 10 fragmentos del micelio de 8 mm de diámetro obtenidos a partir de siembras realizadas en placas Petri, en erlenmeyers de 500 mL con 100 mL de medio de cultivo Miersch[6] utilizado como pre-inóculo y se incubó a 30°C durante 12 días.

A 5 mL del caldo fermentado libre de células, se le ajustó el pH a 3,0 con HCl (6 mol L^{-1}) y se sometió a un proceso de extracción líquido-líquido con acetato de etilo. La extracción se realizó tres veces, de forma consecutiva en una relación 1:1. La separación de las fases se realizó en un embudo separador y se unieron los extractos orgánicos de las tres extracciones consecutivas (15 mL), se secaron con sulfato de sodio anhidro y se evaporaron a presión reducida hasta sequedad a 40 °C.

Los análisis se realizaron en un cromatógrafo líquido Agilent de la serie 1100 (Agilent Technologies, CA, EE.UU.) equipado con un autoinyector termostatado, una bomba cuaternaria y un detector de longitud de onda múltiple, acoplado a un espectrómetro de masas de trampa de iones XCT Plus (Agilent Technologies, CA, EE.UU) con una interfase de electronebulización (ESI).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Schmidt y col.[7] propusieron un mecanismo de fragmentación para los conjugados del AJ con aminoácidos a partir de un estudio realizado con patrones sintetizados por ellos y plantearon la formación de diferentes iones a partir del resto aminoacídico de cada conjugado (Figura 2). Otros autores como Tamogami & Kodama [8] y Koo y col.[9] al estudiar la presencia de estos compuestos en plantas realizaron esta determinación sobre la base de transiciones específicas en el modo ESI (-) como AJ-Thr (310→266), AJ-Leu/Ile (322→130), AJ-Ala (280→88), AJ-Val (308→116) y AJ-Met (340→148) correspondiente a la ruptura de la molécula después del carbonilo del grupo amida.

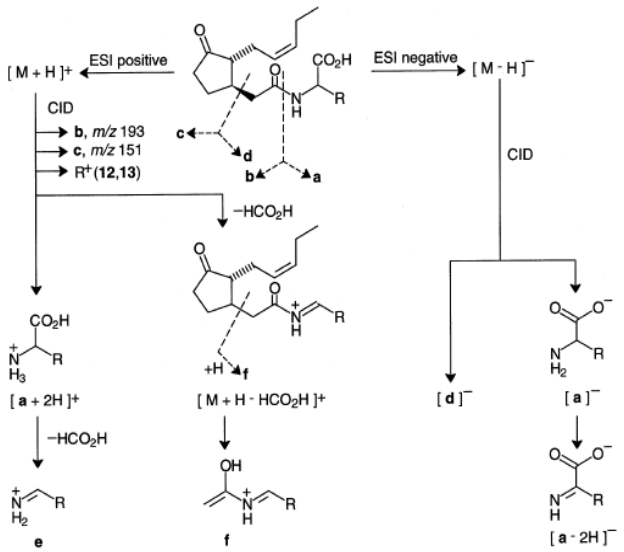


Figura 2. Mecanismo de fragmentación inducida por colisión de los conjugados del AJ con aminoácidos en ESI (+) y ESI (-) por CLAR-ESI-EM/EM (tomado de Schmidt y col. 1995)

Cuando se realizó el estudio en el modo ESI (+) al producirse la fragmentación del ión de m/z 268 (AJ-Gly) mostró los iones con m/z 108, 124, 140, 196, 222 y 239. Los iones con m/z 239 $[M+H-CHO]^+$, m/z 222 $[M+H-HCOOH]^+$ y m/z 108 coinciden con algunos de los iones informados por Schmidt y col. (1995) en el mecanismo de fragmentación propuesto por ellos (Figura 2). El ión con m/z 108 se forma a partir del resto jasmonoilo (m/z=151, fragmento **c** en la Figura 2) después de fragmentarse por el doble enlace de la cadena lateral según reporta Schmidt y col. (1995).

La fragmentación del ión con m/z 324 (AJ-Ile/Leu) mostró varios iones con m/z: 108, 200, 215, 229 y 307. El ión $[M+H-OH]^+$ con m/z 307 y 108 coinciden con los informados por Schmidt y col. (1995).

Cuando se realizó el estudio en el modo ESI (-) al producirse la fragmentación del ión de m/z 296 (AJ-Ser) se observó la formación del ión de m/z 129,9 $[\alpha\text{-}2H]^-$ que se corresponde con la ruptura de la molécula antes del grupo carbonilo del grupo amida y además se detectó el ión de m/z 116 $[d\text{-}R^1\text{-}CH{=}O]^-$ que coincide con uno de los iones informados por Schmidt y col. (1995) en el mecanismo de fragmentación propuesto por estos autores para estos conjugados del AJ con aminoácidos hidroxilados (Figura 3).

En la fragmentación del ión de m/z 310 (AJ-Thr) se observa la formación del ión con m/z 130 $[\alpha\text{-}CH3\text{-}H]^-$ que se forma a partir de la ruptura de la molécula antes del grupo carbonilo del grupo amida, de igual manera que ocurrió la fragmentación del ión de m/z 296 (AJ-Ser). Además, se observa la producción del ión de m/z 266, lo que indica la degradación del ión desprotonado $[M-H]^-$ al ión del conjugado de AJ-Gly, lo cual coincide con lo informado por Schmidt y col. (1995) en su mecanismo de fragmentación (Figura 3). Esta transición de m/z (310→ 266) coincide con la transición empleada por Koo y col. (2009) para realizar la identificación de AJ-Thr en sus muestras.

Aunque en el análisis realizado para estos compuestos la fragmentación no ocurrió exactamente según la única referencia de mecanismo de fragmentación encontrada para estos compuestos en la literatura[7], las diferencias en el patrón de fraccionamiento pueden atribuirse a que estos estudios no se realizaron con patrones puros sino con una muestra de caldo fermentado y con un equipo diferente utilizando otro tipo de analizador de masas. Para avalar los resultados obtenidos será preciso realizar el análisis en ambos modos de ionización y utilizar patrones en las mismas condiciones.

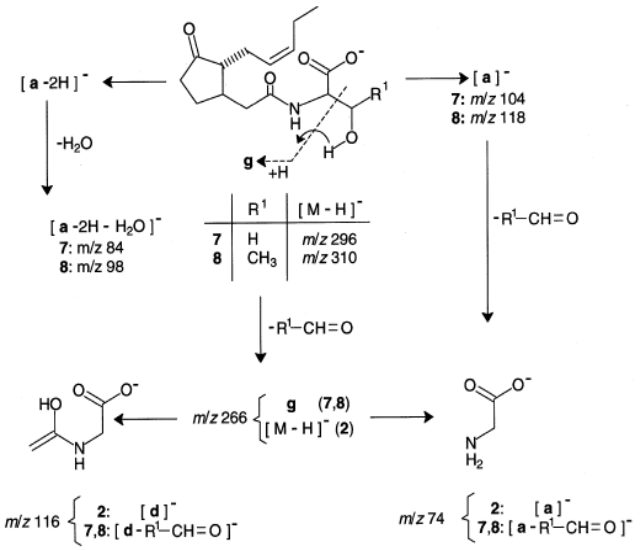


Figura 3. Mecanismo de fragmentación inducida por colisión del ión negativo de AJ-Gly (2), AJ-Ser (7) y AJ-Thr (8) (tomado de Schmidt y col. 1995)

CONCLUSIONES

La técnica de CLAR-ESI-EM/EM resultó ser una herramienta útil para detectar e identificar cuatro conjugados del AJ con aminoácidos (Ile/Leu, Gly, Thr, Ser) presentes en los extractos del BIOJAS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wasternack C. Jasmonates: An Update on Biosynthesis, Signal Transduction and Action in Plant Stress Response, Growth and Development. Annals of Botany. 2007; 100: 681-697.
2. Walley, J.W., Kliebenstein. D.J., Bostock, R.M., Dehesh, K., Fatty acids and early detection of pathogens. Curr Opin Plant Biol 2013; 16: 520–526.
3. Kramell R, Schmidt J, Herrmann G, Schliemann W., N-(Jasmonoyl)tyrosine-derived compounds from flowers of broad beans (Vicia faba) Journal of Natural Products 2005; 68: 1345-1349.
4. Cross, B.E. & Webster, G.R.B., New metabolites of *Giberella fujikuroi*. Part XV. N-jasmonoyl- and N-dihydrojasmonoyl-isoleucine J. Chem. Soc. 1970; C: 1839-1842.
5. Miersch, O.; Bruckner, B.; Schmidt, J.; Sembdner, G., Ciclopentane Fatty Acid from Gibberrella fujikuroi. Phytochemistry 1992; 31: 3835-3840.
6. Miersch, O., Preiss, A., Sembdner, G., Shereiber, K., (+)-7-Isojasmonic Acid and Related Compounds from Botryodiplodia theobromae. Phytochemistry 1987; 26:1037-1039.
7. Schmidt, J., Kramell, R., Schneider, G., Liquid chromatography/electrospray tandem mass spectrometry of amino acid conjugates of jasmonic acid under positive and negative ionisation. Eur Mass Spectrom 1995; 1: 573–581.
8. Tamogami, S & Kodama, O., Quantification of amino acid conjugates of jasmonic acid in rice leaves by high-performance liquid chromatography–turboionspray tandem mass spectrometry. J of Chromatogr. A 822 1998; 2: 310–315.
9. Koo A.J.K., Gao X, Jones A.D., Howe G.A., A rapid wound signal activates the systemic synthesis of bioactive jasmonates in Arabidopsis. The Plant Journal 2009; 59: 974–986.

USO DEL FitoMas E EN LA PROMOCION DEL CRECIMIENTO DE POSTURAS DE CAFÉ Y CACAO.
USE OF FITOMAS E IN PROMOTING GROWTH OF COFFEE AND COCOA SEEDLINGS

Carlos Bustamante González; Oniesky Sánchez Duran; Yusdel Ferras Negrín; José Villar**; Norlan Morán; Rolando Viñals Núñez.

*Instituto de Investigaciones Agroforestales. nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu; ** ICIDCA josé.villar@icidca.edu.cu

RESUMEN

En experimentos del Instituto de Investigaciones Agroforestales desarrollados en las principales zonas edafoclimáticas del café y el cacao en Cuba se evaluó el efecto de concentraciones de FitoMas E en el crecimiento de posturas de ambos cultivos. En el suelo Pardo la aplicación de FitoMas E en la concentración de 1 % permitió la obtención de posturas de cacao con los mayores indicadores de calidad. En Baracoa similares resultados positivos se alcanzaron con la concentración de 0,6 %. Para el cafeto las concentraciones oscilaron entre 0,2 y 0,7 % en dependencia de la localidad. Concentraciones superiores a las propuestas deprimieron el crecimiento de las posturas.

Palabras claves: ***Cafeto, cacao; FitoMas E, plántulas, crecimiento***

ABSTRACT

In experiments of the Institute of Investigations Agroforestales developed in the main edafoclimátics areas of the coffee and the cocoa in Cuba, was evaluated the effect of concentrations of FitoMas on the growth of seedlings of both crops. In the Brown soil, the application of FitoMas in the concentration of 1% allowed the obtaining of seedlings of cocoa with the biggest indicators of quality. In Baracoa similar positive results were reached with the concentration of 0,6 %. For the coffee the concentrations oscillated between 0,2 % and 0,7% in dependence of the town. Superior concentrations to the proposals depressed the seedlings growth

Key words: ***Coffea, cocoa, FitoMas E, seedlings, growth***

Introducción.

La producción de azúcar de caña conjuntamente con la de café y cacao han representado una fuente considerable de ingresos de divisas para Cuba, sin embargo el ingreso por el concepto de los dos últimos cultivos ha menguado por una conjunción de factores externos e internos. La dirección del país está dirigiendo esfuerzos para la recuperación de la producción de estos cultivos; entre los mismos se encuentra el incremento de las áreas productivas mediante la renovación de las plantaciones viejas y la entrada en producción de nuevas áreas.

Para el establecimiento de nuevas plantaciones la producción de posturas con un adecuado vigor es esencial, y para lograr esta meta la correcta nutrición es una de las actividades agrotécnicas esenciales. El reto para el próximo año implica la producción de 23 millones de plántulas de café y 1,4 millones de cacao, lo que requiere de acuerdo con las normas técnicas vigentes la utilización de 974 toneladas de fertilizante fosfórico y 98 mil toneladas de abono orgánico.

Para lograr una adecuada nutrición de las plántulas de café y cacao se dispone de alternativas nacionales tales como Azotobacter y micorrizas (1) y extranjeros como el Vitazyme (2). Recientemente el ICIDCA desarrolló un nuevo bioestimulante que ha sido de amplia aplicación en una amplia gama de cultivos (3), sin embargo la información disponible respecto a su uso en el cultivo del cafeto es limitada a un solo experimento (4) que se caracterizó por realizarse en una variedad no recomendada para el país y con semillas viejas, por otro lado la concentración utilizada no se correspondía con lo reportado para otros cultivos (4 mL L^{-1}) motivo por

el cual se presentó el proyecto “Perfeccionamiento de la fertilización mineral y la biofertilización del café y el cacao” al programa nacional de Alimento Humano del MINAG que cuenta entre sus objetivos la investigación sobre el efecto del FitoMas E en ambos cultivos, algunos de cuyos resultados preliminares se presentan en el presente trabajo.

Materiales y Métodos.

Para establecer el efecto de las aplicaciones de FitoMas E en el crecimiento de las plántulas de cafeto y de cacao se partió de la premisa de estudiar todos los elementos que puedan incidir en la efectividad del bioestimulante y como primera tarea se decidió investigar el efecto de las concentraciones del FitoMas E en el crecimiento de las posturas de ambos cultivos. Se desarrollaron los experimentos en las localidades y concentraciones reflejadas en la Tabla I.

Tabla I. Condiciones experimentales.

Localidad	Provincia	Año	Cultivo	Concentraciones, %	Sustrato
La Maya	Santiago de Cuba	10/ 2013 - 05/ 2014	Café San Ramón enano	0; 0,2; 0,4; 0,6;0,8;1,0 y 1,2	3/1 humus lombriz
La Mandarina	Santiago de Cuba	10/ 2013 - 04/ 2014	Cacao, clones	0; 0,25; 0,50; 0,75; 1; 1,25 y 1,5	3/1 cachaza
Baracoa	Guantánamo	2014/2015	Cacao, clones	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 y1,2	
Jibacoa	Villa Clara	12/2013-07/2014	Café, Catuai amarillo	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 y 1,2	3/1 estiércol equino
La Mandarina	Santiago de Cuba	10/ 2014 - 03/ 2015	Cacao, clones	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 y1,2	¿????

Las propiedades físico – químicas de algunos de los sitios experimentales reflejan que se utilizaron sustratos con contenidos bajos y medios de materia orgánica, acidez ligeramente básica y altos valores de fósforo disponibles adecuados para el desarrollo de las posturas de ambos cultivos (Tabla II).

Tabla II. Análisis químico de los sustratos

	P_2O_5	K_2O	pH H_2O	pH KCl	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+	MO	Ca/Mg
	mg 100 g^{-1}				$cmol^+$ kg^{-1}			%	
La Maya, café	100,6	108,8	7,6	6,5	39,4	8,0	2,9	2,3	4,9
Tercer Frente, cacao	224,4	51,3345	7,5	6,8	43,7	3,5	1,4	3,8	
Baracoa, cacao	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.

El FitoMas E se asperjó mensualmente desde el tercer, hasta el quinto par de hojas verdaderas en el cafeto y a partir de la primera hoja en el cacao. Las aplicaciones se realizaron en las primeras horas de la mañana hasta mojar bien el follaje de las plantas. A las posturas del testigo se les aplicó agua en la misma frecuencia. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño aleatorizado.

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

1. Altura de las posturas, cm. Se midió con una cinta métrica desde la base del tallo al ápice de las posturas.
2.Área foliar, cm^2. Para el cafeto se realizó por el método de Soto (5) y para el cacao por el de Navarro et al (6)

3. La biomasa se obtuvo mediante el peso de los componentes fisiológicos de las plantas (hojas, tallo y raíces) en una balanza analítica después de haberse secado en estufa de aire forzado a 75- 80°C hasta peso constante.

Se comprobó previamente la normalidad y la homogeneidad de varianza de los datos. Las evaluaciones realizadas se procesaron por el programa Statistica versión 7 en ambiente Windows. Las medias se compararon por la prueba de rangos múltiples de Duncan para el 5 % de significancia.
Los datos de los diferentes experimentos se ajustaron a diversas funciones matemáticas de las que se seleccionó la de mayor ajuste (r^2). Para el cálculo de la dosis óptima biológica se igualó a cero la primera derivada de la función seleccionada.

Resultados y Discusión.

Cacao.

Las aplicaciones de FitoMas E tuvieron un efecto positivo sobre el crecimiento de las posturas en los 3 experimentos realizados. En el primer experimento exploratorio realizado en 2013 en Tercer Frente, los mayores incrementos de los indicadores evaluados se encontraron con la concentración de FitoMas E al 1 % por lo que en los sucesivos experimentos se reformularon los tratamientos y la concentración máxima se ubicó en 1,2 % (Figura 1d).
En los dos experimentos posteriores se constató que en el suelo de Baracoa la respuesta del cacao a las concentraciones de Fitomas se ajustó a la función cuadrática y se alcanzaron los mayores valores de los indicadores a la concentración de 0,66 % (Figura 1c).
En Tercer Frente en el suelo Pardo, con mayor valores de arcilla, la respuesta del cacao se obtuvo con la concentración de 1 %. Concentraciones superiores mantuvieron a tendencia a deprimir los indicadores evaluados en ambas localidades.

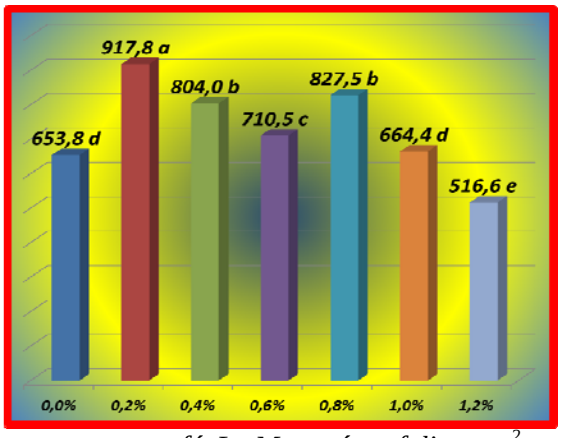
Café.

Los resultados de las evaluaciones realizados mostraron la respuesta del cafeto a la aplicación del FitoMas (Figura 1a). La aplicación del bioestimulante en la concentración de 0,2 % propició valores superiores del área foliar de los plántulas y al incrementar la concentración del producto se observó un significativo efecto depresivo. En Jibacoa, provincia Villa Clara fue necesario la aplicación del producto a la concentración de 0,66 % para alcanzar los mayores incrementos de los indicadores evaluados (Figura 1 b).
Este comportamiento pudiera estar asociado tanto al efecto varietal como a las condiciones edafoclimáticas de las zonas de cultivo, aspectos que sirven de base para las futuras investigaciones a realizar dentro del proyecto.

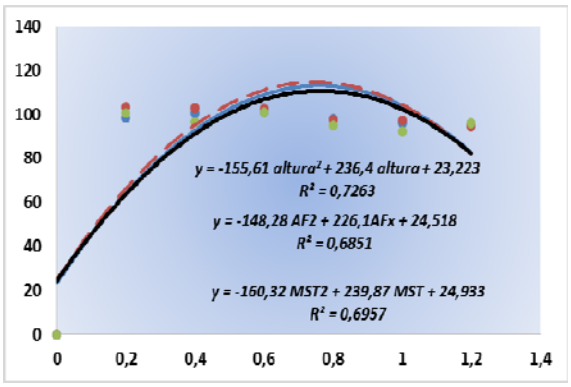
Conclusiones.

El cafeto y el cacao respondieron positivamente a las aplicaciones mensuales del FitoMas E independientemente de las localidades en estudio.

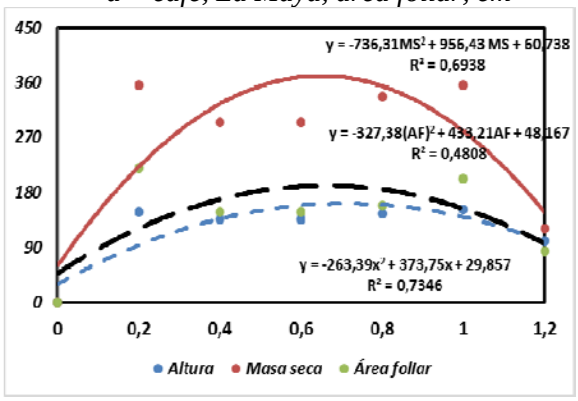
En el cafeto la aplicación del FitoMas en la concentración de 0,7 % propició la obtención de los máximos indicadores agrobiologicos de las posturas, mientras que para el cacao la concentración del bioestimulante osciló entre 0,6 y 1 % en dependencia de la composición mecánica del suelo.



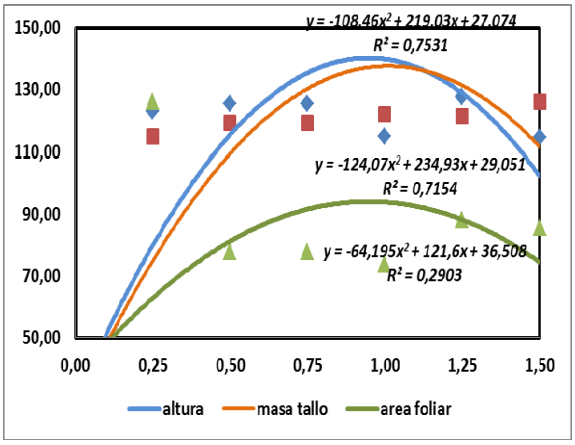
a- *café, La Maya, área foliar, cm²*



b- *café, Jibacoa, incremento área foliar, % del testigo*



c- *cacao, Baracoa, Incremento área foliar, % del testigo*



d- *cacao, Santiago, incremento área foliar, % del testigo*

Figura 1. Efecto de las concentraciones de FitoMas E en el crecimiento de plántulas de café y cacao.

.

Referencias

1. Bustamante, C; M. Ochoa, C. Sánchez, R. Rivera y Maritza Rodríguez. Interacción entre bacterias fijadoras de N (Azotobacter) y las micorrizas arbusculares en la biofertilización de posturas de Coffea arabica L. Café Cacao, 2002, v 3 n. 3 2002: 47 – 50. ISSN 16-80-76-85
2. Rodríguez, Maritza I.; Carlos Bustamante; Genovevo Grave de Peralta y Pascual Caro. Efecto de la aplicación del bioestimulante Vitazyme® en el desarrollo morfológico de posturas de café. VI Congreso Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo 2006, CD ROM ISBN 959.7023.35.0
3. Montano Martínez, Ramón. FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental. 1 ed. La Habana: ICIDCA, 2008, 35 p.
4. Alvarado, K; Blanco, A; Samon, A; Villar, J. Influencia de un bioestimulante cubano en la obtención de posturas de café. XV Congreso Científico INCA. 7-10 de noviembre 2006. San José de Las Lajas. La Habana. 2007
5. Soto, F. Estimación del área foliar en Coffea arábica Lin. a partir de las medidas lineales de las hojas. Cultivos Tropicales, 1980, 2 (3):115-128. ISSN 0258-5936

6. Navarro Delira, J. A. González; C. Bustamante y G. Grave de Peralta. Método de estimación del área foliar en posturas de Theobroma cacao a partir de las medidas lineales de las hojas. Café Cacao, 1998, (1)1: 46-49. ISSN 16-80-76-85

ESTRATEGIAS PARA LA OBTENCION DE BIOINSUMOS DE USO AGRICOLA
STRATEGICS TO PRODUCE BIOINPUTS FOR AGRICULTURAL USES

Orietta Fernández-Larrea Vega. Especialista Bioproductos de Uso Agrícola. Cuba

RESUMEN

Agricultores y consumidores abogan por la reducción o no-utilización de agroquímicos y se gastan sumas millonarias en el desarrollo de nuevos productos que generen menos residuos y toxicidad, pero aun así no resuelven los problemas ocasionados. Se necesita de sistemas de manejo de cultivos que incluyan el control de plagas y la fertilización de los suelos, libre de afectaciones y se puede lograr, principalmente mediante el uso de productos NO químicos. Una alternativa, tanto a pequeña como a gran escala es la producción de bioinsumos, ya sean microbianos, extractos vegetales o artrópodos benéficos, los cuales se utilizan de forma combinada. La decisión del tipo de Bioinsumo, el volumen a producir y el tipo de instalación, dependen de la demanda, precedida de un programa de capacitación-demostración y las posibilidades de inversión. Este trabajo aborda algunos aspectos relacionado con las estrategias para la toma de decisiones, válida para pequeños productores o Empresas.

Palabra claves. Bioinsumo, Producción, Agricultura

ABSTRACT

Farmers and consumers advocate reducing or non-use of agrochemicals and millions of dollars are spent on developing new products that generate less waste and toxicity, but still do not solve the problems caused. It takes crop management systems that include pest control and fertilization of soils, frees of dangerous to environmental and human health, and can be achieved primarily through the use of NO chemicals. An alternative is small and large scale production of bio-products, whether microbial, plant extracts or beneficial arthropods, which are used in combination. The rate of bioinputs production , the volume to be produced and the type of installation, dependent on demand, preceded by a training-demonstration and investment possibilities. This paper includes some aspects related to strategies for decision-making, valid for small producers or companies.

Key words. Bioinputs, Production, Agriculture

Desarrollo

El uso de agroquímicos preocupa y altera a la población mundial, por el elevado nivel de contaminación al ambiente y a los alimentos. Cada vez son más los grupos de agricultores y consumidores que abogan por la reducción o no-utilización de agroquímicos y la industria de agroquímicos gasta sumas millonarias en el desarrollo de nuevos productos que generen menos residuos y con menos toxicidad, pero aun así no resuelven los problemas ocasionados por el uso indiscriminado de los agroquímicos. Para atenuar estos daños, se necesita del diseño de sistemas de manejo de los cultivos que incluyan el control de las plagas y la fertilización de los suelos, de forma tal, que contemplen el mantenimiento del equilibrio biológico, lo que se puede lograr mediante la integración de múltiples medidas y principalmente con el uso de productos NO químicos que preserven el ambiente y contribuyan a la sostenibilidad de la producción.

Tradicionalmente y aún en la actualidad, el empleo de agroquímicos ha permitido de forma relativamente rápida y efectiva eliminar las plagas, fertilizar los suelos y resolver los problemas que se presentan en los cultivos agrícolas. Sin embargo esta efectividad que garantizan los productos químicos está unida a una serie de efectos desfavorables, como son entre otros: afectaciones sobre la fauna beneficiosa, contaminación

ambiental, desarrollo acelerado de resistencia de los insectos a los plaguicidas, accidentes laborales por intoxicación, perdidas económicas por las barreras comerciales impuestas a ciertos productos químicos e incluso disminución en los rendimientos. Esta situación se presenta en la mayoría de los países, donde existe una alta dependencia de los agroquímicos.

Una alternativa que va ganando adeptos, tanto a pequeña como a gran escala es la producción y uso de insumos biológicos, ya sean bioproductos de origen microbiano, extractos vegetales o artrópodos benéficos, los cuales se utilizan de forma combinada, logrando un manejo agroecológico de los cultivos y una disminución o eliminación de los residuos químicos, tanto en los productos de consumo como en el ambiente. Sin embargo aun cuando estos bioinsumos son conocidos, solo alrededor del 5 % de todos los productos para uso en la agricultura . son de origen biológico, natural u orgánico, y esto está dado por su escasa disponibilidad en el mercado, debido a su limitado desarrollo industrial y por la poca divulgación de sus ventajas y potencialidades, debido en gran medida por las campañas de las grandes firmas productoras de químicos. Como ejemplo, algunos especialistas informan que los productores agropecuarios del mundo invierten al año cerca de 30,000 millones de dólares solamente en plaguicidas, pero sólo 380 millones, corresponde a bioplaguicidas. Actualmente el uso de bioproductos en todo el mundo está creciendo a un ritmo impresionante cercano a un 15 % ya que ahora se consideran una alternativa viable como sustitución a los agroquímicos. Es un hecho que las principales firmas que mundialmente producen los agroquímicos están invirtiendo en el desarrollo de bioproductos, por lo que desde el 2011 se presenta un incremento anual relativo de un 10 % de los biológicos con relación al incremento de un 2% de los químicos, eso en cuanto a porcentajes. En cuanto a cifras, los bioproductos movieron cerca de 9000millones de euros (MM €) en el mundo en el año 2000. En 2010 esta cifra se duplicó con creces. La previsión es que para el año 2020 las cifras se disparen y la industria mueva 14.942,4 MM €,

¿Cuáles son las **ventajas** de estos productos frente a los productos sintéticos?

- Su acción es más específica.
- Son productos biodegradables, que e integran al ambiente nuevamente-
- No generan residuos peligrosos sobre las cosechas
- No causan la magnitud de los problemas ambientales asociados con los químicos
- Las cosechas pueden realizarse aún cuando e hayan aplicado recientemente sin necesidad de esperar tiempos de degradación
- En caso de bioproductos de origen microbiano en general resultan compatibles con la microflora nativa
- Tienen un buen potencial de comercialización
- En el caso de los bioplaguicidas, la probabilidad de que se creen resistencias en las poblaciones de las plagas es prácticamente nula.
- Productos agrícolas tratados con bioproductos tienen mejores precios de venta y no tienen las restricciones para la importación-exportación por concepto de residuos tóxicos
- Cuando se manejan dentro de un sistema integrado de cultivo se obtienen altos rendimientos de cosechas.
- Pueden persistir manteniendo el equilibrio del ecosistema lo cual disminuye el número de aplicaciones en el tiempo y por tanto el costo de tratamientos por área de cultivo

No obstante estos beneficios también se le atribuyen un grupo de inconvenientes**:**

- Con relación a los bioplaguicidas la acción resulta más lenta que con los químicos ya que la acción no es inmediata
- Su acción puede depender de condiciones edafo-climáticas
- Insuficiente conocimiento y cultura para su uso, son muchos aun los que desconocen la existencia de los bioinsumos y cómo utilizarlos
- Considerar los bioproductos como ***simple sustitutos*** de los químicos y no manejarlos correctamente.
- No existe una disponibilidad en el mercado de forma segura y estable con la garantía y calidad suficiente para cubrir una demanda creciente

Cuáles son los bioinsumos agrícolas que más se usan y conocen:

- Bioplaguicidas: Bioproductos que se obtienen a partir de microorganismos o de extractos naturales y que se utilizan para el control de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos
- Biofertilizantes y Bioremediadores : Se obtienen a partir de microorganismos , extractos naturales y como compost y se emplean para la nutrición y fertilización de los suelos
- Bioestimulantes: Estimulan el desarrollo vegetal, la floración y fructificación de los cultivos, aumentan rendimiento
- Enemigos Naturales: Artrópodos benéficos que controlan las plagas mediante acción parasítica o depredadora.

En general existen numerosos tipos de bioinsumos y formas de obtenerlos, desde las más simples y artesanales producidas por los propios agricultores para usar en sus fincas, hasta grandes biofábricas que producen diferentes tipos de bioinsumos por métodos biotecnológicos, fermentativos, procesos bifásicos y grandes y diversas crías de artrópodos que se empacan y comercializan con todos los requisitos de un producto comercial.

Desde los métodos más simples a los industriales, existen variantes que pueden ser locales, regionales e intermedias y que se diseñan y utilizan en función del área a cubrir y las posibilidades de inversión. Sin embargo para todas las soluciones debe prevalecer el criterio de la calidad y estabilidad de lo que se produce, como garantía de que el biofertilizante, bioremediador o bioplaguicida a aplicar y el artrópodo a liberar, resulten efectivos y no provoquen un efecto ambiental, que a la larga puede ser tan o más perjudicial que un agroquímico.

Escalas de producción:

Biolaboratorio productivo: Se utilizan para la investigación, donde se producen pequeñas cantidades de bioproductos y de artrópodos para aplicar en áreas muy limitadas, y sin un criterio económico. Resultan producciones para evaluar el comportamiento de los bioinsumos en condiciones de campo.

Centro semi-industrial de Producción de Entomófagos (artrópodos) y Entomopatógenos (microorganismos). Se obtienen crías masivas de una o varias especies de insectos benéficos, .y se producen bioplaguicidas sobre sustratos sólidos, principalmente a partir de diferentes especies de hongos que pueden ser utilizados para el control de plagas y enfermedades en los cultivos. Estas producciones ofrecen opciones biológicas para el manejo fitosanitario para una determinada región agrícola, la capacidad de producción varía según intereses, ya que son productos con presentaciones de formas terminadas y certificación de calidad para ser utilizados principalmente de forma regional. Este tipo de producción también tiene un criterio económico, parte de una inversión inicial, con un retorno relativamente rápido. Resulta interesante considerar que para el caso de los artrópodos benéficos y las cepas de hongos que se utilizan en estas producciones es conveniente considerar que se obtengan de la misma región donde van a ser utilizados posteriormente, lo que sería una garantía de su eficacia y permanencia dada su dependencia con la condiciones ambientales. En el caso de bioproductos de origen bacteriano o extractos vegetales esta dependencia no resulta tan importante ,lo cual explica en parte, que el mayor desarrollo industrial de estos bioinsumos sea precisamente en el área de los bioplaguicidas de productos a partir de la bacteria *Bacillus trhuringiensis* y *Bacillus subtilis* y entre los biofertilizantes se encuentre más extendido el uso de cepas de *Rhizobium y Azotobacter*, De igual forma los productos a partir extractos naturales ,como los derivados del árbol del Nim se producen y utilizan ampliamente.

Modulo productivo artesanal. Consiste en módulos diferenciados para la producción de compost, Humus de lombriz, Microorganismos Eficientes por tecnología estática, y obtención de extractos crudos a partir de residuos de cultivos agrícolas y o la industria, como es el caso de la nicotina del tabaco, usada como bioplaguicida. Son inversiones relativamente económicas, que consisten en naves techadas, con áreas para la producción, recobrado y envase de las producciones, solamente llevan equipos de mezclado para homogenizar . El envase se realiza de forma manual. Se pueden obtener producciones que satisfagan la

demanda de una región agrícola , para las cuales se realizan controles de calidad a partir de características físicas y las microbiológicas para determinar la no presencia de microorganismos patógenos se puede realizar en otro laboratorio ya establecido ,para lo que se utiliza un criterio de muestras previamente establecido.

Planta extractiva. Se trata de una Planta de producción, en la cual se realizan procesos tecnológicos de extracción a partir de materiales vegetales, con equipos especialmente diseñados para ello, permite obtener formulaciones estables y en cantidades que pueden suplir una importante demanda con la calidad y estabilidad establecida. Pueden obtenerse bioproductos con efecto bioplaguicida y otros con efecto biofertilizante.

Biofabrica. La Biofabrica consiste en una industria biotecnológica que parte de procesos fermentativos en bioreactores y procesos de producción bifásica, mecanizados y que puede producir elevados volúmenes de bioproductos bioplaguicidas y biofertilizantes como formulaciones estables por más tiempo y con calidad competitiva en el mercado nacional e internacional, puede abastecer una alta demanda de bioproductos. Implica una inversión más costosa, pero igualmente con una tasa de retorno favorable.
Sin embargo la decisión de producir bioinsumos para la agricultura tiene que estar precedida por una campaña de divulgación y capacitación que involucre a todos los decisores y actores. Entre los actores, deben tenerse en cuenta a los docentes, técnicos, divulgadores y por supuesto los agricultores. El no conocimiento de las potencialidades y ventajas de los bioinsumos agrícolas pueden resolverse mediante la capacitación y campañas divulgativas.
Lo que si resulta inobjetable es que el mundo tiende a incrementar el uso de bioinsumos en la agricultura y queda demostrado por la cantidad de firmas comerciales tradicionalmente productoras de agroquímicos cada vez más interesadas en la producción de bioproductos de origen microbiano y a partir de extractos naturales y la limitaciones cada vez más estrictas de residuos químicos en los productos que se importan y exportan entre los diferentes países.

Como aspecto favorable los países como Cuba que cuentan con sus propias instalaciones productivas tienen la posibilidad de establecer sus estrategias de producción y dar respuesta de forma inmediata a cualquier nuevo problema que surja de plagas sin depender de la disponibilidad de un mercado externo.

Es conveniente principalmente en el caso de producciones locales o pequeñas Empresas que se introduzcan en la producción de bioinsumos agrícolas ,implementar las producciones por etapas, de forma tal, que se consideren como un proceso donde la capacitación y demostración garantice la creación de la demanda e ir creciendo y diversificando la producción en la medida que los agricultores conozcan y demanden los productos .Esta etapa es de gran importancia para el éxito de una instalación productiva o Empresa de bioinsumos agrícolas, ya que en gran medida se trata no solo de introducir nuevos productos, si no de cambiar toda una filosofía y lograr el tránsito de los agroquímicos a bioinsumos como un nuevo paradigma de Agricultura amigable con el ambiente y el hombre de forma sostenible y sustentable.

Otro aspecto a destacar es la necesidad de promover los bioinsumos como **paquetes tecnológicos** que es la forma en que realmente resultan más efectivos, cuidando de no utilizar agroquímicos, de ahí la necesidad de contar con diferentes formas productivas que garanticen la demanda de bioinsumos en todas las etapas de los cultivos.

Bibliografía consultada

- Ahmedani MS, Haque MI, Afzal SN, Iqbal U, Naz S. 2008. Scope of commercial formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner as an alternative to methyl bromide against *Tribolium castaneum* adults. Pakistan Journal of Botany. 40(5):2149-2156.

- Ahmed S, Grainge M. 1986. Potential of the neem tree (*Azadirachta indica*) for pest control and rural development. Economic Botany. 40(2):201-209.
- Barbosa S. 2000, MIP. Si es tan bueno, Por qué su adopción por los agricultores e tan limitada en Memorias VII Congreso Latinoamericano y del Caribe de manejo integrado de plagas Pág. 2 Panamá 22-24 Nov. 2000
- Bohlen Patrick J. and Gar . 2009 Sustainable Agroecosystem Management: Integrating Ecology, Economics and Society. (Advances in Agroecology) edited by | Hardback: 978-1-4200-5214-5 (CRC Press)
- Boreham Grant 2012 PRODUCTION OF ORGANIC FERTILISERS (COMPOST) Compiled by Siccode 1160
- David R. G. 2003 Biopesticides: Historical Roots, Current Situation and Global Markets., In International Symposium on Biopesticides for developing countries (Turrialba Costa Rica 2003) Ed. Roettger U.; Muschler R. pag.15-19
- Dibut B. 2014 Comunicación personal
- Estrada Ortiz J. 2011 Nim Agroindustria , Salud y Medio Ambiente. Ed Editorial Científico Técnica, La Habana ,Cuba 195 p
- Fernández-Larrea, O. 2003. Los Microorganismos en el Control Biológico. Producción en 1CUBA *En:* Manejo Integrado de Plagas en la Producción Agraria Sostenible. Curso taller para Agricultores
- Gitau Thomas, Margaret W. Gitau, David Waltner-ToewsClive A. Edwards 2008 Integrated Assessment of Health and Sustainability of Agroecosystems (Advances in Agroecology) June 2008 | Hardback: 978-1-4200-7277-8 (CRC Press)
- Obregon, M.2003 Industrial and Small scale production of biopesticides derived from antagonistic and entomopatogenic fungi. In International Symposium on Biopesticides for developing countries (Turrialba Costa Rica 2003) Ed. Roettger U.; Muschler R. pag.79-84
- Ortuño N, Ortiz O, Perry S PROINPA-CIP-PBA 2012 Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los Andes-Informe Proyecto, Montería Colombia
- Programa para la Producción y Comercialización de Bioinsumos Agrícolas en Cuba. MINAG 2011
- :///F:/internet hongos/Productos2014_ Bioecologicos agricolas.htm
- Vázquez Moreno L. 2001 Agroecología y Agricultura Orgánica. Conceptos y Tendencias El MIP y el MAP. Memorias curso Internacional Producción y aplicación de bioplaguicidas en Ecosistemas Orgánicos Noviembre 2001. C. Habana Cuba Pág. 7-22. ED CIDISAV.

PERFIL DE MERCADO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO, OBTENIDO A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO.
MARKET PROFILE FOR EXPORTING ETHANOL FROM SUGAR CANE TO MEXICO.

Autores: Alfredo Torres Fernández y José A. del Campo Carrillo.
Afiliaciones: ICIDCA.
e-mail: alfredo.torres@icidca.azcuba.cu, jose.delcampo@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El producto seleccionado para este estudio es el Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80% **(HS 220710)** que se utiliza en la producción de bebidas alcohólicas, industria farmacéutica y la industria química. Se exporta, a granel, a México, a través de un trader internacional, en este caso Tradhol International S.A (sin representación en Cuba)
El perfil de mercado tiene como objetivo buscar información que permita orientar a la Empresa Comercializadora TECNOAZUCAR del Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA a tomar decisiones en relación a la comercialización de este producto en el mercado mexicano. Este perfil de mercado presenta las principales características del mercado del Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80%, en México.
Palabras claves: etanol, perfil de mercado, exportación y grado alcohólico.

ABSTRACT

The chosen product for this study is non-disnaturalysed ethylic alcohol with alcoholic volumetric concentration above 80% **(HS 220710)** which is used in beverage production, pharmaceutical industry and chemical industry. It is exported to Mexico by an international trader (Tradhol International S.A).
The main goal of this market profile is to lead TECNOAZUCAR to take right decisions for exporting ethanol to Mexico. Then this profile shows the principal characteristics of the Mexican non-disnaturalysed ethylic alcohol market.
Keywords: ethanol, market profile, exportation and alcoholic volumetric concentration.

INTRODUCCIÓN

El producto seleccionado para este estudio es el Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80% **(HS 220710)** que se utiliza en la producción de bebidas alcohólicas, industria farmacéutica y la industria química. Se exporta, a granel, a México, a través de un trader internacional, en este caso Tradhol International S.A (sin representación en Cuba)
El cliente potencial seleccionado es desconocido, ya que se utiliza un intermediario para acceder a dicho mercado. No obstante, se considera que el trader empleado tiene buen posicionamiento en el mercado mexicano.
La metodología utilizada está basada en la investigación de fuentes de información primaria y secundaria como entrevistas, estadísticas, publicaciones y sitios de Internet.
En este trabajo se muestran las oportunidades con las que se cuenta para acceder al mercado mexicano, además de que se valoran la existencia de oportunidades comerciales que logren ampliar nuestra participación en el mismo, a partir de un perfil de mercado realizado en el año 2013 (ver Torres, 2013). Las características del mercado mexicano, así como su cercanía, permite considerarlo un mercado natural para

LA QUIMIOMETRÍA Y LA INDUSTRIA DEL AZÚCAR Y SUS DERIVADOS

CHEMOMETRICS AND SUGAR CANE INDUSTRY AND BY PRODUCTS

Autores: MSc Estrella P. Zayas Ruiz[1], MSc. Magdalena Lorenzo Izquierdo[2], MSc. Felipe O. Fragoso Concepción[1]

[1] Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE). Facultad de ingeniería Química.
[2]ICIDCA, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar

RESUMEN

Se presentan en el trabajo resultados obtenidos en la aplicación de la Quimiometría a diferentes datos experimentales de caracterización de Rones cubanos y Mieles finales de caña de azúcar. Se utilizan dos software para estos fines y los principales resultados fueron la identificación de adulteraciones de rones añejos y añejos extra con ron carta blanca utilizando la espectroscopia ultravioleta visible y la posibilidad de separar e identificar por regiones de Cuba las mieles finales de caña debido a su diferente composición química.
Palabras clave: ron añejo, mieles finales, quimiometría, adulteración

ABSTRACT

Results are presented in the work achieved in the implementation of chemometrics to different experimental data for characterization of Cuban rums and final sugar cane molasses. Two softwarewere used for this purpose, the main results were identifying adulteration of aged, and extra- aged rums with white rum using visible UV spectroscopy and the possibility of separating and identifying the final sugar cane molasses by regions of Cuba due to their different chemical composition.
Keywords: rum, final molasses, chemometrics, adulteration

INTRODUCCIÓN

La Quimiometría o Estadística multivariable es una herramienta fundamental en los trabajos orientados a determinar la autenticidad de los alimentos o comprobar adulteraciones. Entre las técnicas estadísticas más utilizadas están: Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Clúster Jerárquico (HCA), Análisis discriminante canónico, Redes neuronales artificiales, Métodos de clasificación y Técnicas de minería de datos en general. También se desarrollan modelos estadísticos multivariables para la predicción de parámetros analíticos a partir de mediciones indirectas lo cual agiliza y simplifica la detección de una adulteración o un error de calidad.En la actualidad en Cuba se trabaja en estas temáticas en el ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar) , en el Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas, y en la Facultad de Ingeniería Química de la CUJAE en dos líneas fundamentales: RON CUBANO y MIELES CUBANAS. Se han logrado algunos resultados (1), (2), (3) algunos de los cuales se expondrán en este trabajo lo cual constituye el objetivo del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron estudios de espectros UV en muestras de rones añejos y añejos extra y muestras adulteradas con un 20 y 50 % de un Ron carta Blanca. Se empleó elprograma UNSCRAMBLER v. 8.0 (CAMO ÅS, N-

7401) (4) para realizar el Análisis de Componentes Principales y se utilizó la técnica de validación cruzada para determinar el número de componentes principales que se necesitan en el modelo.
Para realizar un estudio del análisis de exploración de datos de melazas de caña de diferentes regiones del país: occidental (OC), central (C) y oriental (O), se tomaron 21 muestras de cada región y a cada una se les determinaron experimentalmente 13 variables de composición físico-química: cenizas (%), sacarosa (%), glucosa (%), fructosa (%), viscosidad, polisacáridos + oligosacáridos (%), azúcares reductores (HPLC) (%), lodos (%), cristales (%), azúcares totales HPLC, brix (%), pureza (%), relación impureza/agua (I/W). Mediante el programa Quimiometrix v1.0 (5) se evalúa la posibilidad de identificar las melazas cubanas de diferentes regiones del país utilizando el análisis exploratorio de componentes principales (PCA).
Equipos utilizados: Espectrofotómetro UV-VIS ULTROSPEC 2000 y HPLC Knauer con columna intercambiadora de catión EuroKat C

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adulteración de muestras se analizateniendo en cuenta la comparación de losespectros UV-visible de los rones añejos, añejo extra yRon Carta Blanca con las mezclas realizadasde estos rones añejos, con la adición del 20y 50 % de Ron Carta Blanca En el análisis de componentes principales (figura 1) se observa como el Ron carta Blanca se encuentra bien separado de los añejos así como las muestras adulteradas que se separan de sus añejos originales de acuerdo al nivel de adulteración. La separación entre Carta Blanca y Añejo la da el componente 1, mientras que el componente 2 explica el nivel de adulteración. Este trabajo ha sido publicado en la Revista ICIDCA(1).

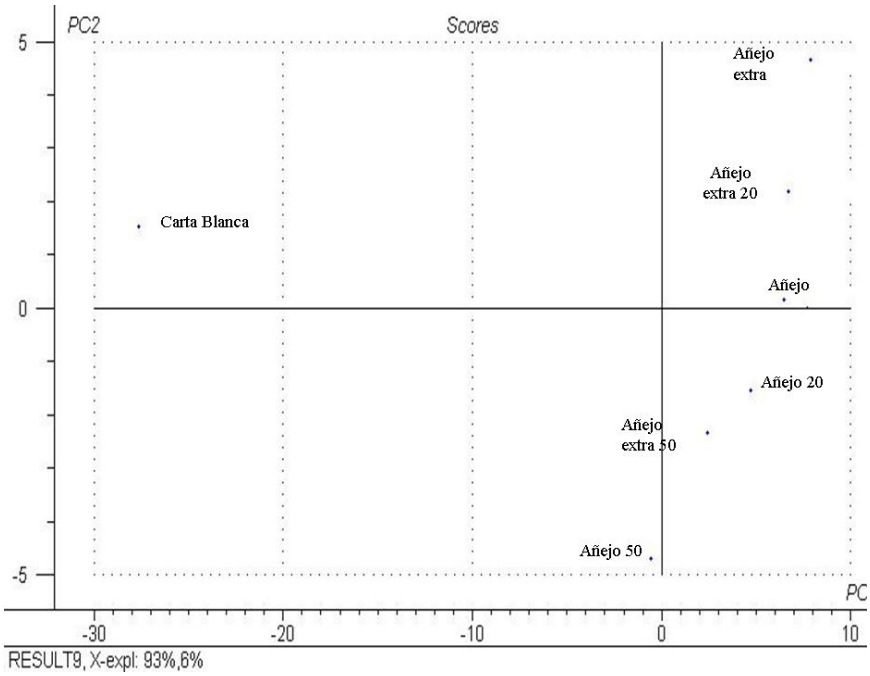


Fig. 1. Análisis de componentes principales (PCA) con datos originales de los espectros UV visible.

Leyenda:

Añejo 20: Ron añejo adulterado con 20% de Carta Blanca, Añejo 50: Ron añejo adulterado con 50% de Carta Blanca, Añejo extra 20: Ron añejo extra adulterado con 20% de Carta Blanca, Añejo extra 50: Ron añejo adulterado con 50% de Carta Blanca, Carta Blanca: Ron Carta Blanca.

La identificación de productos alimenticios ha sido ampliamente documentada en la literatura científica y ejemplo de ello son los trabajos de Santos y Rech en café y en bebidas saborizadas a base de soja respectivamente (6) y (7) siendo numerosas las técnicas analíticas empleadas por los diferentes autores.
Similares resultados se obtienen utilizando la espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier (1) a pesar que no se muestren en este trabajo los resultados y se han llegado a obtener modelos de clasificación de rones empleando en este caso cromatografía de gases. (2)
La Fig. 2 muestra un gráfico de puntos,del análisis de componentes principales, en el que puede observarse como se logra la separación de las melazas de la región occidental (OC)con los factores 1 y 6 mediante un análisis exploratorio realizado con la utilización del software Quimiometrix que ha sido desarrollado en Cuba (8).

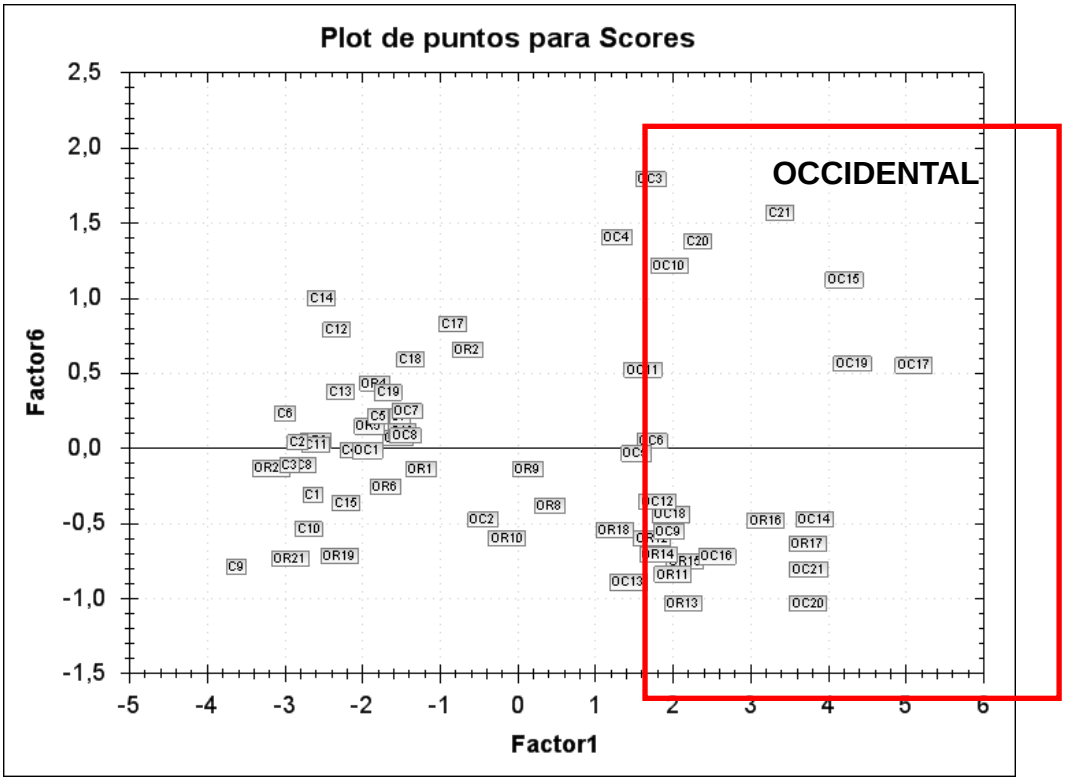


Fig.2. Separación de las mieles de la región occidental mediante los factores 1 y 6.

Existe una concentración de las mieles de la región occidental a la derecha, ya que en esa región se tienen 17 de las 21 muestras que fueron analizadas, siendo el factor 1 el que logra la separación con el factor 6.
Se pudo determinar mediante el grafico de los puntos de cargas que las variables que más influyen en la separación de estas melazas son: % de glucosa, % reductores, % fructosa, azucares totales HPLC, % cristales, % de poli+oligosacáridos, % de lodos, y % de sacarosa.Mediante un procedimiento similar se puede lograr separación de las melazas de la región central (C) con los factores 1 y 13, siendo las variables viscosidad, relación impureza agua, brix y pureza HPLC, las que más influyen en esta separación. Trabajos similares pero con miel de abejas fueron realizados por Nates y Zuluega (9) (10).Todos estos factores, que son combinaciones de las variables medidas experimentalmente, aparecen identificados mediante el análisis de componentes principales (PCA), al aplicar el análisis exploratorio de datos mediante el software cubano Quimiometrix v1.0 desarrollado por el Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada (CENATAV) en La Habana, Cuba, en el año 2013 (5).

CONCLUSIONES

Se pueden identificar las muestras de añejos adulteradas con ron carta blanca mediante el empleo de la espectroscopia ultravioleta-visible y el análisis de componentes principales. La mejor separación de los grupos se logra cuanto más adulterado haya sido elron.Utilizando la espectroscopia infrarroja con Transformada de Fourier es posible obtener resultados similares a los anteriores.
Las técnicas experimentales de determinación de la composición físico química utilizadas, sirven para diferenciar melazas de diferentes regiones de Cuba. Se logra separar la región occidental con el factor 1 al combinarlo con el 6. Además se separa la región central con el factor 1 al combinarlo con el 7 así como con el factor 1 al combinarlo con el 13.A partir de los resultados obtenidos que se presentan así como los que aparecen en la literatura consultada, se puede apreciar que la Quimiometría es unaherramienta muy útil en el estudio de adulteraciones e identificación de productos derivados delacaña de azúcar.

REFERENCIAS

1. Lorenzo Izquierdo, Magdalena. et. al. Uso de algunas herramientas analíticas en la determinación de la autenticidad de ron añejo. Revista ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar,2011,Vol. 45, No.3septiembre-diciembre, páginas 55-59. ISSN 0138-6204
2. Zayas Ruiz Estrella Patricia, et. al. Clasificación multivariante de rones añejos cubanos. Revista cubana de ingeniería Vol. V, No. 2, mayo - agosto, 2014, pp. 62 – 67. ISSN 2223 -1781.
3. Fragoso Concepción, Felipe Orestes, Zayas Ruiz, Estrella Patricia, Cedrón Mola, María Herminia. Identificación de mieles finales cubanas por regiones usando Quimiometría. 17 Convención de Ingeniería y Arquitectura, 2014, Memorias del evento. [CD-ROM]. ISBN 978-959-261-463-3
4. Næs T.et. al. A user-friendly guide to multivariate calibration and classification. Editedby NIR Publications. Chichestre, UK.2002. ISBN 0952866625, 9780952866626
5. Talavera Bustamante, Isneriet. al. Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada (CENATAV). Quimiometrix. [CD-ROM] Versión 1.0, La Habana, Cuba: 2013.
6. Santos, Mariana Cristina Souza. Utilização da espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) e Quimiometría na identificação do café torrado e moído adulterado [online]. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005. Páginas 1-77. <http://repositorio.ufla.br/handle/1/2204. >[15 de mayo de 2015].
7. Rech, André Machado Avaliação da espectroscopia no infravermelho combinada a análise multivariada para caracterização e controle de qualidade de bebidas saborizadas a base de soja. [online]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Curso de Química, 2014. Páginas 1-47 Industrial.<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/110010>[15 de mayo de 2015].
8. Talavera Bustamante, Isneri. et. alQuimiometrix II, una plataforma automatizada para el procesamiento multivariantede datos químicos y bioquímicos. Revista Cubana de Química, 2013, Vol XXV, No. 3Septiembre-diciembre, pp. 257-265.
9. Nates-Parra G, et. al. Origen geográfico botánico de mieles de Apis mellifera(APIDAE) en cuatro departamentos de Colombia. Acta Biológica Colombiana, 2013, Vol. 18, No. 3, páginas 427-438. ISSN 1900-1649.
10. Zuluaga, Carlos Mario, Díaz Moreno, Consuelo, Cecilia Quizacán Martha. Quimiometría aplicada a la diferenciación por origen de productos de las abejas. Revista Alimentos Hoy, 2011, Vol. 20, No 24, páginas 24-46. ISSN 2027-291X.

nuestro producto. El Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80%, es un producto con alta demanda en dicho país, cumpliendo con los requerimientos que exige el mercado mexicano en cuanto a los requisitos de registro, además de ser competitivo en calidad y precio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en el presente estudio está basada en una investigación de determinadas fuentes de información primarias y secundarias actualizadas como entrevistas, estadísticas, publicaciones, artículos de Sitios Web de Internet y otras fuentes relacionadas con la producción y comercialización del Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80% **(HS 220710)**.

El producto seleccionado para este estudio es el Alcohol Etílico No desnaturalizado, con un grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80%, que se clasifica de acuerdo a la norma cubana NC792:2010 en una mezcla de diferentes tipos de alcoholes.

De acuerdo al % alcohólico y el tiempo de permanganato, existen los tipos de alcoholes siguientes:

- Alcohol etílico superfino
- Alcohol etílico fino
- Alcohol etílico rectificado
- Alcohol etílico flema

Según (Rein, 2007) el proceso de obtención de los alcoholes objeto de esta norma se basa en la destilación de los vinos fermentados obtenidos a partir de la fermentación de los azúcares presentes en los subproductos de la elaboración del azúcar de caña o los productos intermedios de ese proceso susceptibles de ser fermentados, por efecto de la acción de cultivos de levaduras apropiados.

El Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol. no es un producto nuevo en el mercado mexicano, sino que se viene vendiendo desde el año 2008. En el año 2012, Cuba ocupo el cuarto lugar dentro de los países suministradores de este producto al mercado mexicano (6,542 MMl) que representa el 1,9% del total.

Básicamente, el alcohol etílico es producido a partir de vegetales ricos en carbohidratos, como la caña de azúcar, remolacha, maíz, entre otros.

Entre las ventajas que tiene el alcohol etílico a partir de caña de azúcar es el que presuntamente tiene el mayor potencial de reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero en comparación con el elaborado a partir de la remolacha azucarera, el trigo o el maíz. Además, al producirse en las regiones tropicales con caña de azúcar y aceites vegetales tienen una ventaja considerable en términos de costo con respecto a los derivados de productos agrícolas cultivados en las zonas templadas.

La productividad de cada materia prima depende de sus propias características, de los factores climáticos, de la tecnología empleada en su plantación y cultivo, y del proceso de producción final. Aunque la tecnología básica para producir alcohol etílico a partir de la caña es simple y antiguamente conocida, el perfeccionamiento tecnológico de los últimos años permite obtener hoy más de 80 l de alcohol por tonelada de caña, lo que significa un potencial de más de 6.500 l por hectárea y por año.

La producción de alcohol etílico, aumenta año tras año a un ritmo acelerado, pasando de unos 18 MMl al inicio de la década, a las previsiones de llegar a 90 MMl en 2012/13.

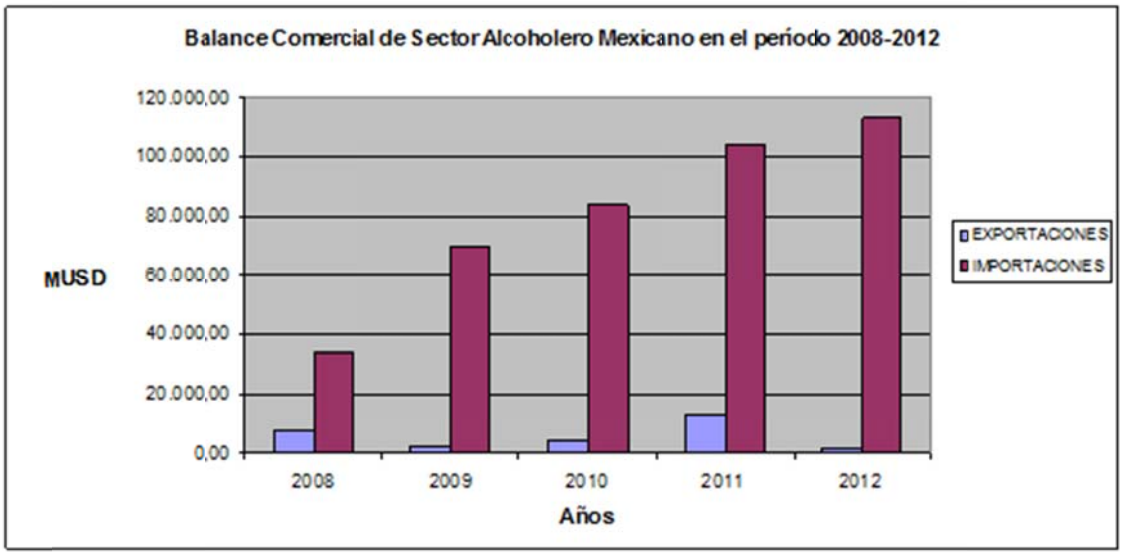
La producción mundial de alcohol etílico está centrada principalmente en Estados Unidos, obtenido a partir del maíz, seguido de Brasil a partir de la caña de azúcar.

De acuerdo a (OIA, 2013) el mercado mundial se caracteriza porque el 80% del alcohol etílico que se produce se destina como combustible, el otro 20% tiene los siguientes usos: clínico, químico o alimentario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sector alcoholero mexicano refleja un balance negativo de su balanza comercial. Las exportaciones de Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol. **(HS 220710)** son poco significativas en contraste con las importaciones, de ahí el carácter esencialmente importador del sector alcoholero mexicano.

Grafico I. Sector Alcoholero. Importaciones - Exportaciones. Balanza Comercial



Fuente: Trade Map. Cálculos del CCI basados en estadísticas de COMTRADE.

Este tipo de producto se utiliza en México, como materia prima en la industria química, industria farmacéutica y la industria alimenticia. En la industria alimenticia, se emplea en la elaboración de bebidas alcohólicas, siendo su uso más importante**.**

El mercado del Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol. en México, está destinado al uso en la industria de fabricación de bebidas alcohólicas, dada la calidad del mismo.

Los traders internacionales que compiten en la exportación de Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol. a México, según (Torres, 2013) son:

- Alcoholera de Zapopan S.A. de C.V. - Jalisco, México, representa el trader de alcohol líder en México.
- Alcotra S.A.
- Codana-Soderal of Ecuador – Productores y Exportadores de alcoholes de alta calidad.
- E.D. & F. Man Alcohols - Londres, Reino Unido, el trader líder mundial en el mercado azucarero, incluyendo al etanol.
- Industrias Licoreras Guatemala S.A. - Productores y Exportadores de alcoholes de alta calidad, rones, rones añejados, etc.
- Petrus Commodities – Brasil, representa un grupo de once destilerías que producen el 6% de la producción de alcohol de Brasil.

Las principales diferencias de los productos de la competencia con el nuestro son:

- El Grado alcohólico expresado en % de alcohol en volumen a 200C.
- Sus propiedades organolépticas.

En la tabla I se reflejan los precios de exportación FOB acordados con el trader internacional en el período 2008-2012.

Tabla I. Precios FOB acordados con el trader internacional en el período 2008-2012.

Años	2008	2009	2010	2011	2012
FOB (USD/hl)	48,81	44,80	59,49	75,44	69,64

Nota: Elaboración propia según información suministrada por TECNOAZCUCAR.

Según (Torres, 2013) el arancel aplicable de NMF es 79,12% ad-valorem equivalente. Se trata de un arancel alto que si constituye una barrera de entrada para nuestro producto en el mercado mexicano. Para el caso de Estados Unidos y en particular para el alcohol obtenido a partir de la caña de azúcar; en el TLCAN aparece refrendado México está de acuerdo en deducir las tarifas del producto 22.07.20.01 (Alcohol etílico y otras bebidas alcohólicas, no desnaturalizadas, de cualquier grado alcohólico) importado de los Estados Unidos en un término de cinco años, de forma lineal; de manera que este producto fue libre de arancel, desde el 1 de enero de 1998. Luego los Estados Unidos y Canada pueden exportar libremente este tipo de alcohol a México. Adicionalmente, es requisito tener el Registro Sanitario del producto cuando es utilizado para fines alimenticios, como es el caso de las bebidas alcohólicas.

Para la promoción del producto se proponen se realicen las siguientes acciones:

- Imprimir plegable promocional con la información técnica y comercial del producto para distribuir en México por parte de TECNOAZUCAR.
- Participar en eventos, ferias y exposiciones relacionadas con el sector Alcoholero en México donde se entreguen muestras e información técnica y promocional del producto.
- Localizar revistas del Sector Alcoholero, portales y páginas Web para colocar anuncios publicitarios del producto, de manera de atraer los traders líderes en la comercialización del alcohol.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del trabajo son:

- El producto Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol. **(HS 220710)** es altamente demandado en el mercado de bebidas alcohólicas de México, y puede ir incrementándose su exportación, a partir de los incrementos que ocurran en la producción azucarera de nuestro país.
- Nuestro producto es competitivo en cuanto a calidad y precio. Debido a la cercanía geográfica, se puede seguir utilizando la transportación marítima, lo que garantiza una entrega rápida y eficiente.
- Es posible posicionar el producto en este segmento del mercado y atraer a nuevos traders en la comercialización.

REFERENCIAS

1. Torres, Alfredo (2013), Informe Final del Curso "Investigación de Mercado y la Práctica Empresarial", Centro de Superación de Comercio Exterior y la Inversión Extranjera, Ministerio de Comercio Exterior y la Inversión Extranjera, La Habana.
2. Rein, Peter (2007), Cane Sugar Engineering, Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin.
3. OIA (2013), Ethyl Alcohol World Market. MECAS (13),09
4. Trade Map: http://www.trademap.org Consulta 15 junio 2013
5. Market Access Map: http://www.macmap.org/Quick.Search.aspx Consulta 16 junio 2013

ALCOHOLES y BEBIDAS

ESTUDIOS ENTRE LABORATORIOS EN LA DETERMINACIÓN DE COMPONENTES EN ALCOHOL POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA

INTERLABORATORY STUDIES COMPONENTS IN THE DETERMINATION OF ALCOHOL BY GAS CHROMATOGRAPHY

Autores: Magdalena Lorenzo Izquierdo[1], Ana Mary Rivero[2], Mabel Salazar[3], Daceli Borroto Mato[4]

[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
E-mail: magdalena.lorenzo@icidca.azcuba.cu
[2] Laboratorio Guayabal, Las Tunas
[3] Laboratorio Paraíso, Melanio Hernández, Santi Spiritu.
[4] Facultad de Química, Universidad de la Habana. La Habana

RESUMEN

El Laboratorio de Alcoholes y Bebidas (LABEB), debe cumplir un conjunto de requisitos determinantes para la obtención de resultados confiables, tales como: fuentes de trazabilidad al Sistema Internacional (SI), la mejor capacidad de medición como elemento de incertidumbre de las mediciones y la participación en Ensayos de Aptitud (EA) durante la evaluación que recibe como laboratorio que solicita demostrar su competencia, según la normativa NC-ISO/IEC 17025:06.
Es por esto que el presente trabajo tiene como objetivo realizar la determinación de componentes mayoritarios en alcohol rectificado por cromatografía gaseosa en tres laboratorios (LABEB, laboratorio Paraíso y del Puerto de Guayabal) teniendo en cuenta la reproducibilidad del método y así brindar evidencias del desempeño de los laboratorios.
Se determinaron los estadígrafos (media y desviación típica) de los resultados de la prueba de homogeneidad. Se calculó la incertidumbre (μ) de la media robusta y se empleó el valor **z** como una medida normalizada del sesgo del laboratorio. Los resultados mostraron un desempeño satisfactorio para todos los laboratorios.
Palabras claves: Ensayos de Aptitud, cromatografía gaseosa, alcohol

ABSTRACT

The LABEB (Alcohol and Beverage Laboratory) for receiving and evaluating laboratory requesting demonstrate competence, according to the ISO / IEC 17025: 06, reviews a number of crucial requirements for obtaining reliable results such as: sources of traceability to the International System (SI), the best measurement capability as an element of uncertainty in the measurements and participation in Proficiency Testing (EA), by only one point.
That is why this paper aims to make the determination of major components in rubbing alcohol by gas chromatography three laboratories (LABEB laboratory Paradise and Puerto de Guayabal) considering the reproducibility of the method and thus provide evidence of performance laboratories.
Statisticians of the results of the homogeneity test were determined (Mean and standard deviation). Uncertainty (μ) of the robust mean it was calculated and the z value as a measurement standard laboratory bias was used. The results showed satisfactory performance
Key words: Proficiency Testing, gas chromatography, alcohol

INTRODUCCIÓN

Este ensayo de aptitud por comparaciones interlaboratorio fue organizado con el objetivo de que los laboratorios participantes puedan brindar evidencias de su desempeño en la determinación de acetaldehído, acetato de etilo, acetal, metanol, 1-propanol, isobutanol, 1- butanol, 2-metil-1-butanol y alcohol isoamílico detectados por cromatografía de gases en matrices de alcohol., como parte del control de calidad en los laboratorios de las fábricas, contando con que el ensayo desarrollado por el laboratorio LABEB esta validado y acreditado desde el año 2007 y se toma como referencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron porciones de ensayo de alcohol rectificado que fueron enviadas a cada laboratorio participante en botellas de 750 mL para realizar los análisis. Se analizaron muestras de alcohol rectificado grado 96 (% vol a 20°C) por duplicado.

Los ensayos de homogeneidad y estabilidad fueron realizados de acuerdo a los procedimientos estadísticos para los ensayos de aptitud.

La selección de las porciones de ensayos a enviar a cada laboratorio fue hecha al azar y la transportación de las mismas fue realizada por carretera en el territorio nacional.

Los laboratorios participantes fueron:

Provincia	**Laboratorio**
La Habana	LABEB
Las Tunas	Puerto Guayabal
Sancti Spíritus	Laboratorio Paraíso

A las tres muestras analizadas se les realizó la determinación de componentes mayoritarios según la norma cubana NC 508, 2011 y el grado alcohólico según la norma cubana NC 290: 2007, los resultados se expresan en g/100 L de alcohol absoluto (AA)

Se determinaron los estadígrafos (media y desviación típica) de los resultados de la prueba de homogeneidad.

Se consideró como **valor asignado** el valor de consenso (valor promedio) de los resultados individuales emitidos por los laboratorios participantes después de eliminar los valores atípicos aplicando las Dócimas de Grubbs y Cochran.

Se calculó la incertidumbre (μ) de la media robusta (X) a partir de la desviación típica obtenida de los datos de ensayo (s) y el número de laboratorios participantes (n), según NC-ISO/IEC GUÍA 43-1: 2000, mediante la siguiente expresión:

$\overline{X}$ = Valor asignado. Promedio de las medias de los laboratorios (Gran Media)

$\hat{\sigma}$ = Desviación Típica para el ensayo de aptitud = $\mathbf{S}_{\overline{x_i}}$

$\mu_x = s_x/\sqrt{n}$ Incertidumbre del valor de referencia

n= número de laboratórios participantes = 3

La diferencia única entre el resultado del participante y el **valor asignado** fue empleado como medidor del desempeño por su fácil comprensión y es conocida como “estimación del sesgo del laboratorio” y se determina como **(x - X)** (Norma ISO 5725-4).

Se empleó el valor **z** como una medida normalizada del sesgo del laboratorio y se calculará utilizando el valor asignado y la desviación típica (**s**), el cual permitirá evaluar el desempeño de los laboratorios, de acuerdo al siguiente criterio:
(a) $|z| \leq 2$: Satisfactorio
(b) $2 < |z| < 3$: Cuestionable
(c) $|z| \geq 3$: No satisfactorio

RESULTADOS
A las muestras se les realizó la determinación de los componentes mayoritarios: acetato de etilo, metanol y 1-propanol y los resultados se muestran en la tabla I. En la aplicación de los test de Grubbs y Cochran no se detectaron valores atípicos.

$\overline{X}$ = Valor asignado. Promedio de las medias de los laboratorios (Gran Media)

$\hat{\sigma}$ = Desviación Típica para el ensayo de aptitud = $\mathbf{S}\overline{x_i}$

$\mu_x = s_x/\sqrt{n}$ Incertidumbre del valor de referencia
n= número de laboratórios participantes = 3

Tabla 1. componentes mayoritarios, Valor asignado, Desviación Típica e Incertidumbre del valor de referencia para los tres laboratorios analizados para el ensayo de aptitud

	Conc. g/100 L AA					
Laboratorios	Muestra 1			Muestra 2		
	Acetato de etilo	Metanol	1-propanol	Acetato de etilo	Metanol	1-propanol
LABEB	3.501	1.002	1.061	3.503	0.991	1.054
Lab. Puerto Guayabal	3.302	0.933	0.639	3.305	0.938	0.641
Lab. Paraíso	3.102	0.945	1.034	3.108	0.948	1.039
$\overline{X}$	3,320	0,978	0,914	3,321	0,977	0,913
$\mathbf{S}\overline{x_i}$	0,196	0,033	0,235	0,197	0,032	0,2348
μ_x	0,1396	0,0237	0,1662	0,1394	0,0232	0,1660

En la figura 1 se muestra la diferencia única entre el resultado del participante y el **valor asignado** para realizar la estimación del sesgo del laboratorio y se determina como **(x - X)** (Norma ISO 5725-4). Se utiliza el valor **z** como medida normalizada del sesgo del laboratorio que permite evaluar el desempeño de los tres laboratorios

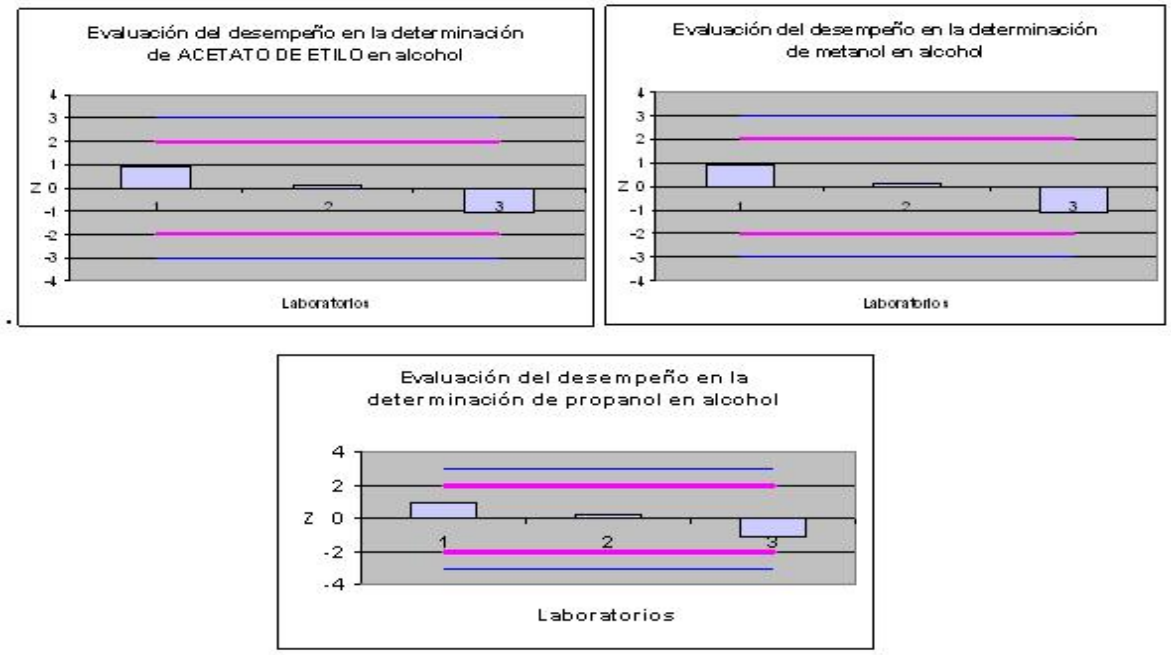


Figura 1. Evaluación del desempeño para los laboratorios analizados en los componentes acetato de etilo, metanol y 1- propanol

Como puede observarse en la figura 1, todos los laboratorios tuvieron un desempeño satisfactorio con todos los valores **Z** menores que 2,0 en la matriz de alcohol rectificado analizada

CONCLUSIONES

Todos los laboratorios mostraron un desempeño satisfactorio para los componentes analizados en la matriz de alcohol rectificada analizada.

BIBLIOGRAFIA

1. NC/ ISO 3534-1: 1999. Estadística – Vocabulario y símbolos. Parte 1: Términos de probabilidad estadística general
2. NC/ISO/IEC GUIA 43 – 1 2000. . Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios. Parte 1. Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud.
3-Instituto Nacional de Investigaciones en Normalización (ININ). 2002 Métodos Estadísticos Utilizados en los Ensayos de Aptitud Mediante Comparaciones Interlaboratorios.
4-Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC). 2007.Política de Ensayos de Aptitud.
5- NC 290: 2007: Bebidas alcohólicas- Determinación del grado alcohólico en alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas, vinos, licores, bebidas alcohólicas preparadas, cocteles y extractos hidroalcohólicos.
6- NC 508: 2011: Bebidas alcohólicas- Determinación de componentes volátiles mayoritarios en bebidas alcohólicas destiladas, aguardientes y alcohol etílico por cromatografía gas líquido.

ENSAYO DE APTITUD PARA LA DETERMINACIÓN DE GRADO ALCOHÓLICO, ACIDEZ TOTAL Y TIEMPO DE PERMANGANATO EN ALCOHOL POR COMPARACIÓN ENTRE LABORATORIOS DE LAS DESTILERÍAS DE AZCUBA.

PROFICIENCY TESTING FOR DETERMINATION OF ALCOHOLIC STRENGTH, TOTAL ACIDITY AND PERMANGANATE TIME IN ALCOHOL BY COMPARISON BETWEEN LABORATORIES AZCUBA DISTILLERIES

Autores: Arlyn Reyes Linares, María del C. Vasallo Sordo, Nancy Herrera Marrero.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca # 804 y Carretera Central, Apartado 4026, La Habana, Cuba.
E-mail: arlyn.reyes@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del ensayo de aptitud por comparaciones interlaboratorio organizado por el Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas (CERALBE), en el que participaron laboratorios de las destilerías de AZCUBA, el laboratorio de Puerto Guayabal y el laboratorio de Alcoholes y Bebidas (LABEB). El programa se convocó para medir la evaluación del desempeño en los métodos de ensayos de grado alcohólico, acidez total y tiempo de permanganato según lo establecido en las normas cubanas para alcohol etílico. La evaluación estadística se realizó mediante el cálculo del valor de consenso (promedio robusto) de los resultados emitidos por los participantes junto con la incertidumbre asociada y se utilizó el valor de Z' score como una medida normalizada del sesgo del laboratorio.

Palabras claves: Ensayo de aptitud, acreditación, alcohol etílico

ABSTRACT

In this document are presented the results of the proficiency testing by interlaboratory comparisons organized by the Reference Center of Alcohols and Beverages, in laboratories participating distilleries AZCUBA, Puerto Guayabal laboratory and the laboratory of Alcohols and Beverages. The program was convened to measure the performance evaluation test methods alcoholic strength, total acidity and permanganate time as established in Cuban law for ethyl alcohol. Statistical evaluation was performed by calculating the value of consensus (robust average) of the results issued by the participants along with the uncertainty and the value of Z' score was used as a standard measure of laboratory bias.

Key words: Proficiency testing, accreditation, ethyl alcohol

INTRODUCCIÓN

El Ensayo de Aptitud (EA) es un proceso para verificar el desempeño de un laboratorio de ensayo o de calibración, mediante comparaciones interlaboratorios. Según los criterios de la Política ONARC 2015, los EA constituyen un requisito para obtener y mantener la acreditación de los laboratorios. En la actualidad las crecientes exigencias de los clientes internos y externos ha permitido que los laboratorios eleven la confiabilidad de sus resultados y una de las formas de poder evidenciar su competencia es mediante la participación en EA.

El alcohol etílico rectificado para ser comercializado en el mercado nacional e internacional tiene que cumplir determinados requisitos físico-químicos, según describe la norma NC 792: 2010; como son: % alcohólico, acidez total, tiempo de permanganato, aldehídos, ésteres y alcoholes superiores. En este trabajo se reportan los resultados del ensayo de aptitud por comparaciones interlaboratorio organizado por el CERALBE, en el que participaron laboratorios de las destilerías de AZCUBA, el laboratorio de Puerto Guayabal y el laboratorio LABEB.

MATERIALES Y MÉTODOS

Porciones de alcohol etílico rectificado se entregó a cada laboratorio participante, envasados en botellas de 700 ml, selladas y homogéneas. Los ensayos de homogeneidad y estabilidad se realizaron con porciones similares del alcohol a ensayar, de acuerdo a los procedimientos estadísticos establecidos para los EA, según describe la norma NC-ISO/IEC 17043: 2011. Los laboratorios se identificaron con códigos numéricos únicos para cada muestra garantizando de esa forma la confidencialidad de los resultados. Se recibió informes de resultados de los laboratorios de las destilerías Jesús Rabí, Enrique Varona, Arquímedes Colina, Argeo Martínez, Antonio Guiteras, Destilería Habana y de los laboratorios Puerto Guayabal y LABEB.

Los métodos de ensayo convocados corresponden a las normas cubanas: NC 290:2007, NC 291:2011, NC 706: 2010 y NC 790:2010.

Diseño estadístico

El valor asignado se tomó a partir de los resultados de los laboratorios que participaron en el EA, por el "método de consenso de los laboratorios participantes", según la norma NC-ISO/IEC 17043: 2011. Los test de Grubbs y Cochran fueron aplicados para la determinación de valores atípicos y eliminarlos. La incertidumbre (U_x) del material de ensayo se calculó a partir de la Desviación Típica de las medias de los resultados de cada laboratorio y el número de laboratorios participantes. Como no se cumplió la condición: $U_x \leq 0.3S_x$, se utilizó el valor de Z' score para la evaluación de los resultados, en el que se considera la incertidumbre del material de ensayo:

$$Z' = \frac{(x - X)}{\sqrt{S^2 + Ux^2}}$$

Interpretación de los valores *Z'* para la evaluación de la competencia de los laboratorios participantes de acuerdo a los resultados obtenidos:

$$|Z'| \leq 2 \text{ Satisfactorio}$$

$$2 < |Z'| < 3 \text{ Cuestionable}$$

$$|Z'| \geq 3 \text{ No satisfactorio}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla I presenta los resultados de los ensayos de grado alcohólico por alcoholimetría y por densimetría digital. No se detectaron valores atípicos en los resultados de los laboratorios participantes al aplicar los Test de Grubbs y Cochran.

Los laboratorios participantes mostraron un desempeño satisfactorio en el ensayo de grado alcohólico por alcoholimetría y por densimetría digital con valores $|Z'| \leq 2$.

Tabla I. Resultados del ensayo de grado alcohólico por alcoholimetría y por densimetría digital.

	% alcohólico v/v, a 20°C (Por alcoholimetría)			% alcohólico v/v, a 20°C (Por densimetría digital)		
Código	**R-1**	**R-2**	**Z'**	**R-1**	**R-2**	**Z'**
1210-1211	95.3	95.3	-0.11771	95.37	95.37	0.63175
1228-1229	95.7	95.6	1.53029	**NR**	**NR**	-
1230-1231	95.6	95.6	1.11829	**NR**	**NR**	-
1222-1223	95.2	95.2	-0.52972	95.10	95.10	-1.14813
1224-1225	95.0	95.0	-1.35372	95.09	95.09	-1.21405
1226-1227	95.2	95.3	-0.11771	95.37	95.37	0.63175
1214-1215	95.3	95.3	-0.11771	95.38	95.40	0.76359
1212-1213	**NR**	**NR**		95.33	95.32	0.36806
	Valor Asignado *X= 95.3* Desviación Típica *Sx= 0.2270* Incertidumbre *Ux*= 0.0858			Valor Asignado *X= 95.27* Desviación Típica *Sx= 0.1404* Incertidumbre *Ux= 0.0573*		

NR: No reportado

La Tabla II muestra los resultados del ensayo de tiempo de permanganato. Al aplicar los test de Grubbs y Cochran se detectaron valores atípicos, los que fueron eliminados.

Con la excepción de los laboratorios que sus resultados fueron eliminados, el resto mostró un desempeño satisfactorio con valores $|Z'| \leq 2$.

Tabla II. Resultados del ensayo de tiempo de permanganato.

	Tiempo de permanganato (min)		
Código	R-1	R-2	Z'
1210-1211	15	15	1.30418
1228-1229	11	10	-0.21035
1230-1231	9	9	-0.7152
1222-1223	25	25	**E**
1224-1225	4	4	**E**
1226-1227	10	10	0.89888
1214-1215	6	6	**E**
1212-1213	7	7	**E**

E: Eliminados

Valor Asignado *X= 11* Desviación Típica *Sx= 2.6575* Incertidumbre *Ux= 1.3287*

La Tabla III presenta los resultados del ensayo de acidez total. Al aplicar los test de Grubbs y Cochran se detectaron valores atípicos, los que fueron eliminados.

Con la excepción de los laboratorios que sus resultados fueron eliminados, el resto mostró un desempeño satisfactorio en el ensayo de acidez total con valores $|Z'| \leq 2$.

Tabla III. Resultados del ensayo de Acidez Total.

	Acidez Total (mg Ácido Acético/L)		
Código	R-1	R-2	Z'
1210-1211	16	16	-0.79272
1228-1229	16	16	-0.79272
1230-1231	**NR**	**NR**	**-**
1222-1223	11	11	**E**
1224-1225	17	17	0.2932
1226-1227	13	13	**E**
1214-1215	17	17	-0.11402
1212-1213	18	18	1.37911

NR: No reportado **E:** Eliminados

Valor Asignado *X= 17* Desviación Típica *Sx= 0.6725* Incertidumbre *Ux= 0.3007*

CONCLUSIONES

1. Todos los laboratorios participantes mostraron un desempeño satisfactorio en los ensayos de grado alcohólico por alcoholimetría y por densimetría digital con valores $|Z'| \leq 2$.

2. Los laboratorios que sus resultados fueron eliminados al aplicar los test de Grubbs y Cochran, tanto para el ensayo de acidez total, como para el ensayo de tiempo de permanganato, deben tomar acciones para determinar las causas que provocaron esta situación y eliminarlas. El resto mostró un desempeño satisfactorio con valores $|Z'| \leq 2$.

REFERENCIAS

1. ONARC POL 1. Política de Ensayos de Aptitud. Rev. 04 / 2015. (pág. 1).
2. NC 792: 2010. Alcohol etílico. Requisitos. Cuba.
3. NC-ISO/IEC 17043: 2011 Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Cuba.
4. NC-290: 2007. Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico en alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas, vinos, licores, bebidas alcohólicas preparadas, cócteles y extractos hidroalcohólicos. Cuba.
5. NC-291: 2011. Bebidas alcohólicas. Determinación de acidez total en bebidas alcohólicas destiladas, alcoholes, aguardientes, vinos, licores, bebidas alcohólicas preparadas y cócteles. Cuba.
6. NC 706: 2010. Alcohol etílico. Determinación del tiempo de Permanganato. Cuba.
7. NC 790:2010. Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico. Métodos de referencia: 1- grado alcohólico por picnometría y 2- grado alcohólico por densimetría digital. Cuba.

SIMULACIÓN DE LA DESTILACIÓN EXTRACTIVA EMPLEANDO GLICOLES

SIMULATION OF THE EXTRACTIVE DISTILLATION USING GLYCOLS

Yeney Lauzurique Guerra, Osney Pérez Ones, Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas, Aloimy Curbelo Rodríguez

Grupo de Análisis de Procesos, Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE), MES. Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.Telef.: 266-3396, 266-3350,266-3358
Email: yeney@quimica.cujae.edu.cu, osney@quimica.cujae.edu.cu, lourdes@quimica.cujae.edu.cu

Resumen
Se evaluó la técnica de destilación extractiva empleando etilenglicol, glicerol y mezcla de estos dos solventes. Para la simulación de las técnicas se utilizó el simulador de procesos HYSYS v3.2 y para su comparación se estableció un mismo flujo molar de etanol en la mezcla etanol-agua de 216,5 kmol/h. En todos los casos se obtuvo una composición molar de etanol anhidro mayor de 99,3%. Se determinó la influencia de los parámetros de operación en la eficiencia de las tecnologías simuladas analizando cinco casos de estudios. Además se realizó la comparación de las técnicas desde el punto de vista técnico-económico para determinar cuál es la mejor alternativa. Según la evaluación económica de las técnicas, todas las alternativas analizadas son económicamente ventajosas y en todas se logran ganancias netas, pero los mayores beneficios se obtienen en la destilación extractiva con etilenglicol.

Palabras claves: Deshidratación, glicoles, etanol anhidro, simulación.

Abstract
Extractive distillation was evaluated, using ethylene glycol, glycerol and a mixture of these two solvents as a third component. Each technique was simulated with HYSYS v3.2 process simulator. The same ethanol molar flow (216.5 kmol/h) was established for ethanol-water mixtures, in order to compare results. Anhydrous ethanol composition was higher than 99.3%. The influence of operating parameters on the efficiency of each simulated technologies was determined by analyzing five alternatives. A further comparison was done in order to select the best alternative from technical- economic point of view. Alternatives are economically advantageous because of their net profits. The greatest benefits are obtained with the extractive distillation using ethylene glycol.

Keywords: Dehydration, glycols, anhydrous ethanol, simulation.

1. Introducción

Existen diversas técnicas para deshidratar etanol, entre ellas se encuentran: la destilación por cambio de presión, la pervaporación, la adsorción con tamices moleculares, la destilación azeotrópica y la destilación extractiva. **[1]; [2]; [3]; [4]; [5]; [6]; [7]**. Una de las técnicas más utilizadas en la industria es la destilación extractiva debido a los bajos consumos energéticos que conlleva esta operación, acompañados de los competentes costos de inversión inicial y de operación **[2].** Además los solventes a emplear no son peligrosos; entre los solventes más utilizados se tienen el etilenglicol y el glicerol; estos compuestos alteran las volatilidades relativas de los componentes de la mezcla; debido a su baja volatilidad tienden a permanecer en la fase líquida, razón por la cual se alimentan en una de las etapas superiores para que su efecto sea a lo largo de toda la columna.

En Cuba solamente se ha obtenido etanol deshidratado mediante la destilación azeotrópica; esta técnica tiene la desventaja que emplea solventes que son peligrosos y pueden contaminar el producto final. Debido a la importancia que reviste el uso del etanol anhidro como factor de reducción de la contaminación atmosférica y como energía renovable, se necesita potenciar su producción eficientemente. En este trabajo se analiza la destilación extractiva empleando etilenglicol, glicerol y una mezcla de estos solventes con el objetivo de determinar cuál de ellos tiene un mayor impacto en las condiciones técnico-económicas de Cuba.

2. Descripción del esquema de simulación

La simulación del esquema tecnológico de la destilación extractiva se realizó usando el simulador de procesos HYSYS v3.2 y se escogió para trabajar el paquete de propiedades basado en el modelo de actividad de Wilson, para el comportamiento de las fases en equilibrio líquido-vapor y el NRTL para el equilibro líquido-líquido-vapor. Para la destilación extractiva con etilenglicol se utilizaron los datos reportados por Bastidas y colaboradores **[8]** mientras que, para la destilación extractiva con glicerol se trabajó con los datos de Uyazán y colaboradores **[1]**. En el caso de la extractiva empleando una mezcla se usaron los datos de Gil y colaboradores **[3].** Para poder comparar las tecnologías de deshidratación simuladas, se tuvo en cuenta un flujo molar de etanol en la mezcla etanol-agua, igual para todas, de 216,5 kmol/h.

En la **figura 1** se aprecia el esquema de simulación, conformado por dos columnas consecutivas de destilación (extractora y recuperadora), un intercambiador de calor donde se emplea como fluido frío la mezcla de etanol-agua que se va a alimentar a la columna extractora, una bomba y un mezclador. La solución alcohólica concentrada obtenida en la columna rectificadora ingresa a un plato de la columna extractora y unos platos más arriba se inyecta el agente de separación. En la región entre la alimentación del solvente y la de la solución, el agua se absorbe por el solvente obteniéndose por el tope vapor de etanol deshidratado. Este se condensa para convertirlo en producto final, mientras que la mezcla agua-modificador desciende a la base de la columna. Esta corriente se envía a la columna recuperadora, donde el agua se separa del solvente saliendo como producto de cabeza, mientras que, el solvente recuperado se recicla a la columna extractora.

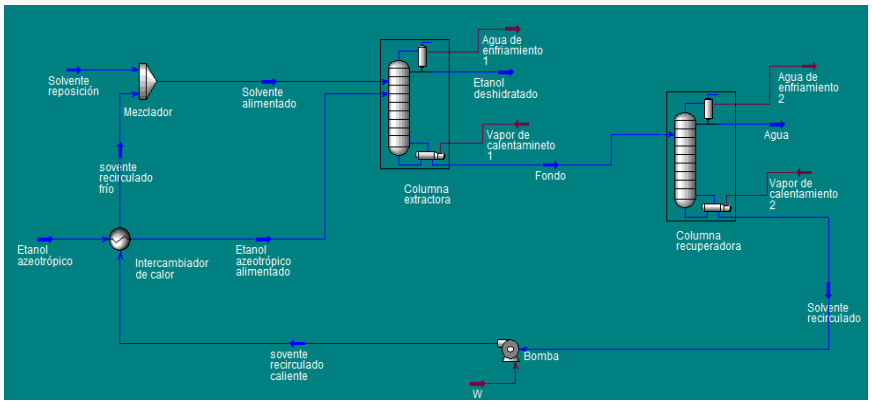


Figura 1. Esquema de simulación de la tecnología de destilación extractiva con glicoles

Para cada esquema se fijaron los datos de las columnas: presión de trabajo en la columna extractora y en la recuperadora, número de platos en la columna extractora y en la recuperadora, razón de reflujo en la columna extractora y en la recuperadora. Se seleccionaron las variables de decisión las que son: temperatura, presión, composición (fracción molar) y flujo del etanol azeotrópico alimentado, de solvente alimentado y de solvente de reposición.

Una vez que se obtuvieron los resultados del modelo de simulación, se verificó que el porcentaje de error del modelo utilizado en cada caso era inferior a 5%. Verificado el modelo, se procedió a simular las tecnologías

de destilación extractiva con glicerol y mezcla, pero a las condiciones de operación planteadas para la destilación extractiva con etilenglicol, con el objetivo de realizar la comparación entre las tecnologías.

3. Análisis de resultados

En la **tabla 4** se muestran los resultados obtenidos en la simulación.

Tabla 4. Comparación de las alternativas estudiadas

Parámetro	Extractiva etilenglicol	Extractiva glicerol	Extractiva mezcla
Flujo molar de etanol deshidratado producido (kmol/h)	217,10	217,30	190
Fracción molar de etanol en etanol deshidratado	0,9747	0,9957	0,9757
Consumo vapor de calentamiento (kW)	Extractora: 4 370	Extractora: 3 819	Extractora: 2 832
	Recuperadora: 578	Recuperadora: 394	Recuperadora: 1 646
Consumo de agua de enfriamiento (kW)	Extractora: 3 489	Extractora: 3 139	Extractora: 3 054
	Recuperadora: 665	Recuperadora: 446	Recuperadora: 1 249

Se puede observar que, partiendo de un mismo flujo molar en la mezcla etanol –agua, en la extractiva con etilenglicol y con glicerol los flujos molares de etanol deshidratado obtenido son similares, siendo un poco menor en la extractiva con mezcla. Si se analizan las demandas de energía para el calentamiento se aprecia que la extractiva con etilenglicol es 1,17 veces más consumidora que al extractiva con glicerol y 1,10 veces más que la extractiva con mezcla. Estos índices repercuten de igual manera en el consumo de combustible. En cuanto a las demandas de energía para el enfriamiento, se observa que la extractiva con mezcla es 1,03 veces más consumidora que la extractiva con etilenglicol y 1,20 veces más que al extractiva con glicerol.

Se analizaron cinco casos de estudios siendo el más significativo el caso tres correspondiente a la destilación extractiva con etilenglicol. En la **figura 2** se observa que al aumentar la temperatura del solvente recirculado en un 30% disminuye el consumo de vapor de calentamiento en el rehervidor de la columna extractora (vapor de calentamiento 1) en un 5,67%, mientras que, en el rehervidor de la columna recuperadora el consumo de vapor de calentamiento (vapor de calentamiento 2) aumenta en 0,51%. En este caso es mayor el ahorro de vapor que el aumento de su consumo, por tanto, es ventajoso aumentar la temperatura del solvente recirculado ya que disminuye el consumo neto de vapor y con ello el de combustible. También se puede observar que prácticamente no se aprecia variación en los consumos de agua de enfriamiento en los condensadores de las columnas extractora y recuperadora (agua de enfriamiento 1 y 2).

State	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5
Solvente recirculado - Temperature [C]	80.00	86.00	92.00	98.00	104.0
Vapor de calentamiento 2 - Heat Flow [kJ/h	3.353e+006	3.368e+006	3.368e+006	3.369e+006	3.370e+006
Vapor de calentamiento 1 - Heat Flow [kJ/h	1.406e+007	1.384e+007	1.365e+007	1.346e+007	1.327e+007
Agua de enfriamiento 2 - Heat Flow [kJ/h]	2.365e+006	2.381e+006	2.380e+006	2.380e+006	2.379e+006
Agua de enfriamiento 1 - Heat Flow [kJ/h]	1.261e+007	1.262e+007	1.262e+007	1.262e+007	1.262e+007

Figura 2. Resultados del caso de estudio 3

Como las alternativas que se analizan son de ingresos, la más atractiva es la que tiene mayor VAN. En la **tabla 5** se observa que las alternativas son económicamente ventajosas, y los mayores beneficios son para la

extractiva con etilenglicol. En todos los casos la TIR presenta valores por encima de la tasa de interés 12% y el RSI es superior al 20%, lo que denota que las inversiones son atractivas. La inversión se recupera mediante las utilidades netas obtenidas, en un tiempo inferior a tres años. Como son varias las alternativas de modificación, el criterio del RVAN establece el orden de prioridad de implementación de las alternativas estudiadas. Es por ello que la mejor alternativa es la destilación extractiva con etilenglicol.

Tabla 5. Comparación económica de las alternativas estudiadas

Componentes	Extractiva etilenglicol	Extractiva glicerol	Extractiva mezcla
Valor actual neto VAN ($)	12 137 414,6	10 679 675,3	359 422,1
Tasa interna de rendimiento TIR (%)	51,7	47,1	13,5
Plazo de recuperación del capital PRC al descontado (años)	1,9	2,1	5,3
Retorno sobre la inversión RSI (%)	75,4	68,6	23,5
Tasa de rendimiento actualizada RVAN ($/$)	1,97	1,72	0,06

4. Conclusiones

1. Se simularon con el simulador HYSYS las tecnologías de deshidratación estudiadas, verificando que los errores relativos fueran menores que 5%.
2. El mejor caso de estudio reportó que al aumentar la temperatura del etilenglicol recirculado en un 30%, disminuyen el consumo neto de vapor y con ello el de combustible.
3. Todas las alternativas analizadas son económicamente ventajosas y en todas se logran ganancias netas, pero la mejor alternativa de implementación es la técnica de destilación extractiva con etilenglicol al tener mayor tasa de rendimiento actualizada (RVAN).

Bibliografía

1. Uyazán, María, *et al*. Producción de alcohol carburante por destilación extractiva: Simulación del proceso con glicerol, en: Revista Ingeniería e Investigación, 2006, 26(1):46-50.
2. Uyazán, María, *et al*. Separation of ethanol and water by extractive distillation with salt and solvent as entrainer: process simulation, en: Revista Ingeniería e Investigación, 2008, 25(1):207-215.
3. Gil, Darío, *et al*. Simulation of ethanol extractive distillation with mixed glycols as separating agent, en: Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2014, 31(1):259-270.
4. Kumar, S., *et al*. Anhydrous ethanol: A renewable source of energy, en: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14(9):1830–1844.
5. Mendoza, Cipriano. y López, Bernardo. Estandarización de parámetros de operación para obtener bioetanol anhidro por destilación extractiva. Disponible en: http://aiquruguay.org/congreso/download/TL56.pdf. [10-01-2015].
6. Pereiro, A. Ionic liquids in separations of azeotropic systems, en: Journal of Chemical Thermodynamics, 2012, 46:2–28.
7. Pérez, Indira y Garrido, Norge. Aspectos a tener en cuenta en la operación de un sistema de deshidratación de alcohol por tamices moleculares, en: Revista ICIDCA, 2012, 45(1):57-63.
8. Bastidas, Paola, et al. Comparison of the main ethanol dehydration technologies through process simulation. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE20. Pierucci and G. Buzzi Ferraris (Editors), Elseiver B.V. Ischia, Naples, Italy. 2010.

PRODUCCIÓN DE "CACHAÇA" UTILIZANDO EXTRACTO DE ALFA ÁCIDOS DEL LÚPULO (*Humulus lupulus*) EN EL CONTROL BIOCIDA DEL PROCESSO FERMENTATIVO

CACHAÇA PRODUCTION USING ALPHA ACID EXTRACT OBTAINED HOPS (*Humulus lupulus*) FOR BIOCIDAL CONTROL IN FERMENTATION PROCESS

Tassiana Amélia de Oliveira e Silva, Fabrício Batista Ferreira, Maria Bernadete Medeiros, João Batista de Almeida e Silva

Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, e-mail: joaobatista@usp.br

RESUMEN

En el proceso de producción de aguardiente o cachaça uno de los problemas que surgen frecuentemente durante la fermentación es la contaminación del mosto por bacterias como la *Leuconostoc mesentoroides* y especies de *Lactobacillus* tales como *L. casei, L. plantarum*, *L. fermentus* y *L. brevis*. Los objetivos de este proyecto fueron evaluar el potencial de los Alfa ácidos obtenidos del extracto de lúpulo (*Humulus lupulus),* como productos bactericidas, en el proceso de fermentación alcohólica, así como determinar el número de veces que las células de levadura puede ser reutilizada en el proceso de producción de cachaça. En los ensayos desarrollados en los laboratorios da la Escuela de Ingeniería de Lorena (EEL), se observó que en los mostos con una concentración de 40 ppm de alfa ácidos hubo una reducción de las células vivas de las bacterias *L.casei* y *L. plantarum* de 10^8 UFC/mL para 10^5 UFC/mL. Es importante destacar que las células de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada, cultivadas en condiciones aeróbicas, con agitación a 120 rpm y a 25 ˚C en medio sintético Sabourand, no presentaron inhibición cuando fueron cultivadas en un medio con las mismas concentraciones de alfa ácidos. Apoyándonos en estos resultados fueron fermentados volúmenes de 200 litros de mosto con concentraciones de 40 ppm de alfa-ácidos, reutilizando la levadura en 14 ciclos, sin observar contaminación del medio. También fueron fermentados mostos sin la presencia de alfa-ácidos para utilizar como estándar en la investigación desarrollada. Los mostos fermentados fueron destilados, en un destilador de cobre con una capacidad de 160 L, y las bebidas obtenidas fueron separadas para su posterior análisis. Las cachaças producidas con y sin alfa ácidos fueron analizadas en el laboratorio de Alcoholes y Bebidas, así como en el laboratorio de Espectrofotometría, del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en la Habana, y presentaron características semejantes tanto en la composición química como en la puntuación dada por los jueces en el análisis sensorial.

Palabras claves: cachaça, biocida, alfa ácidos,

ABSTRACT

The major problem in the production of cachaça is the contamination of the wort by bacteria of the species *Lactobacillus casei and L., L. plantarum, L. Fermentus and L. brevis and Leuconostoc mesentoroides*. To overcome this problem, this work aimed to evaluate the usage of the alpha acids from hop extract (*Humulus lupulus*) as antibacterial agent during cachaça production. Also, the maximum cell recycle was evaluated during the cachaça production. Preliminary experiments using the Sabourand synthetic medium added with 40 ppm of the alpha acids reduced the cell viability of *L. casei and L. plantarum* bacteria from 10^8 $CFU.mL^{-1}$ to 10^5 $CFU.mL^{-1}$ and showed no effect in the growth of *Saccharomyces cerevisiae*. These experiments were conducted at 120 rpm and 25°C. The cachaça production (200 L) using the same alpha acids concentration (40 ppm) and *Saccharomyces cerevisiae* cell recycling (14 times) showed no contamination by bacteria. Then, the cachaça was distilled in a 160 L cooper distiller. The cachaça produced with and without alpha acids were analyzed in the Laboratory of Alcohol and Beverage and Laboratory of Spectroscopy of the Cuban Research Institute Derivatives Sugarcane (ICIDCA) in Havana and showed similarity in their composition and sensorial chemical analysis.

Key words: cachaça, biocide, alpha acid

INTRODUCCIÓN

Brasil es el principal productor mundial de aguardiente de caña de azúcar. Esta bebida, que también puede ser llamada como cachaça, puede presentar problemas en su proceso productivo por la contaminación, en la etapa de fermentación, con bacterias de las especies *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus plantarum,* que pueden estar presentes en el mosto al inicio del proceso (Narendranat et al., 1997). Esto causa una reducción del rendimiento del proceso, debido a la competencia de los contaminantes con la levadura por el consumo de azúcar. También es importante destacar que las bacterias sintetizan productos secundarios, durante la fermentación, que ocasionan un detrimento de la calidad sensorial de la cachaça (Narendranat, et. al., 1997, Gonzales et al. 2005). La legislación brasileña presenta leyes que rigen los procedimientos de producción y de la composición química de la cachaça, más la contaminación por bacterias acontece frecuentemente, principalmente en destilerías pequeñas, por lo tanto, la caracterización de la cachaça no puede, a pesar de su relevancia, limitarse apenas a su composición química ya que los atributos sensoriales de la bebida también son muy importantes. (Seixas, y otros, 2009). Por lo antes expuesto, en este trabajo se evaluó el uso de alfa ácidos como biocida para el control de la contaminación bacteriana y además fueron realizados análisis de la composición química y análisis sensorial de las cachaças obtenidas con y sin alfa ácidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales: Extracto de alfa ácido clasificado como GRAS, fue donado por la Empresa Wallerstein Industrial y Comercial y el mosto de caña de azúcar (guarapo) fue cedido por la empresa Bebidas Itagaçaba de Silveiras en el estado de San Pablo.

El extracto de alfa ácido fue utilizado en las concentraciones entre 10 y 100 ppm en medio Man, Rogosa, Sharpe-MRS a 25 ºC con pH del medio ajustado para 6,2 ± 0,2. Para el cultivo de *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus casei* fue utilizado un volumen de 20 mililitros de medio. Después de inocular, el cultivo se mantuvo sin agitación a 37 ^{0}C por 48 horas. El número de células fue cuantificado utilizando el método de contaje del número de células viables en placas.

Las células de levadura fueron cultivadas en medio Sabourand con agitación de 110 rpm y con la adición de alfa-ácidos en las diferentes concentraciones estudiadas. El número de células fue determinado con el contaje en la cámara de Neubauer y los cálculos correspondientes. El guarapo después de filtrado fue diluido para 17 ^{o}Brix y suplementado con sulfato de amonio y superfosfato simple pulverizado, con concentraciones de 20 y 2g/L, respectivamente. Fue usada la Levadura *Sacharomyces cerevisiae* CA-11, cultivadas en guarapo diluido, manteniendo el medio en agitación por 24 horas. Las células cultivadas fueron separadas y determinada su concentración. Los experimentos en escala piloto fueron realizados en la destilería de la empresa Bebidas Itagaçaba. Fueron fermentados, en cada prueba, 200 litros de guarapo en reactores de acero inoxidable con capacidad de 500 litros, con el pH ajustado a 5.0; además de la adición de sales y alfa ácidos (40 ppm). Después de fermentadas, las bebidas obtenidas, fueron destiladas en un destilador de cobre con capacidad de 160 litros, con calentamiento indirecto y la utilización de madera como fuente de energía. Se realizó conteo de las células de levadura. El grado BRIX fue determinado en refractómetro. Para medir pH se utilizó el equipo "PH METER MODEL – PHS 3B", marca PHTEK. La determinación de la concentración alcohólica de la cachaça producida fue realizada primeramente, en el proceso de destilación, con un densímetro-alcoholímetro para ajustar la concentración alcohólica en la bebida alrededor de 40 ^{o}GL.

Las cachaças fueron producidas en sucesivos ciclos y 40 litros de mosto fermentado fueron utilizados como pre fermento para el inicio de una nueva fermentación. Estos ensayos se repitieron desde el inicio de noviembre hasta final de febrero utilizando el mismo pre fermento inicial hasta completar 14 ciclos.

Después de embotelladas las cachaças fueron analizadas en cuanto a la concentración de congéneres por cromatografía de alta resolución, porciento alcohólico y los análisis sensoriales en el Laboratorio de Alcoholes y Bebidas del ICIDCA, según normas referidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación del efecto de los alfa ácidos en las células de la bacteria *L. casei,* se observó, el comportamiento en cuanto a aumento y a estabilidad del número de células en los ensayos con alfa ácidos en

las concentraciones de 10, 20 y 30 ppm, respectivamente. Los datos indicaron que en la concentración de 10 ppm, todavía hubo un aumento en el número de células. Sin embargo los alfa ácidos en las concentraciones de 20 y 30 ppm, inhibieron el crecimiento celular, demostrando el efecto bacteriostático que ejercen estos compuestos en las células bacterianas (Figura 1 y Figura 2). En la figura 3 se puede observar que en todos los tiempos de cultivo, independiente de las concentraciones de alfa ácidos utilizada, se mantuvo el mismo número de células viables de levadura, con índice máximo 10^8 células por mililitro de medio, indicando que los alfa ácidos no presentaron una actividad fungicida de acción inhibitoria para las células de levadura.

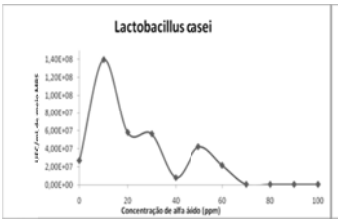


Figura 1. Número de células viables de *L. Casei*

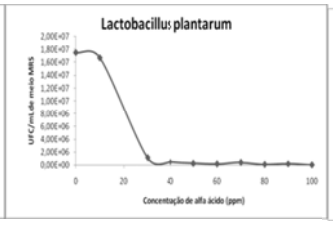


Figura 2. Número de células viables de *L. plantarum*

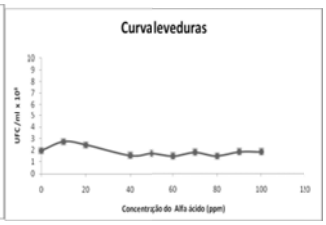


Figura 3. Número de células viables de *S. Cerevisiae*

Los resultados de las fermentaciones del proceso en escala piloto, con concentraciones de 40 ppm de alfa ácidos, son mostrados en la Figura 4, que representa la concentración de azúcares (˚Brix) y la concentración alcohólica en porcentaje v/v. Se percibe el consumo relativamente rápido de los azúcares en las primeras 20 horas de fermentación, pero aunque el proceso fue dejando por casi el doble del tiempo, alrededor de 38 horas, todavía quedaba extracto siendo medido por el equipo y la concentración alcohólica ya había alcanzado los 9,3%v/v. Convirtiendo esta concentración en gramos de etanol, se obtiene 7,4 g por cada 100 mL de la bebida, lo que al comparar con la concentración de azúcares consumidos, corresponde a un factor de conversión ($Y_{p/s}$) igual a 0,4933 g/g. Este valor representa una eficiencia en relación al valor teórico de 96,54%.

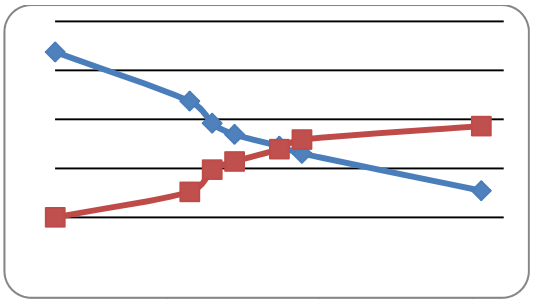


Figura 4. Consumo de azúcar (▪) y formación de alcohol (▪) en el mosto con 40 ppm de alfa ácidos

Los análisis físico-químicos de las cachaças obtenidas en escala piloto, son mostrados en la Tabla I. Las muestras con y sin alfa ácidos, tienen composiciones muy similares, pero en la muestra obtenida en el ciclo número catorce, la concentración de acetato de etilo aumento considerablemente. Soares y col. (2011), cuando utilizaron esta misma levadura en un mosto con concentración inicial de 16 ^{o}Brix, no encontraron acetaldehído y propanol en el medio, más la fermentación del presente trabajo, que duró 38 horas con 17 ^{o}Brix de concentración inicial, presentó bajísimas concentraciones de estos productos metabólicos, lo que es normal que acontezca con el aumento del tiempo de fermentación. Los análisis sensoriales, mostraron que las muestras 1 y 2 presentaron marcada nota de miel y muy ligero picor. En ambas muestras se aprecia diferencias con la muestra del ciclo 14, la cual presenta muy marcado picor y sensación áspera al tragar. Las concentraciones de acetaldehídos, alcoholes superiores y el coeficientes de congéneres, encontrados en las cachaças obtenidas en el presente trabajo, están dentro de los límites establecidos por la legislación brasileña (BRASIL, 2005) que son de 30, 360 y 650g/100L, respectivamente. Hubo una excepción en la concentración

de acetato de etilo, de 256,2 g/100L de AA, encontrado en la cachaça obtenida en el ciclo 14 y que sobrepasó el límite de la legislación que es de 200 g/100L de AA.

Tabla I. Composición de las cachaças obtenidas con y sin alfa ácidos.

Compuestos	Concentración g/100L de AA		
	Con alfa ácidos	Sin alfa ácidos	14º Ciclo
Acetaldehído	6,1	5,6	5,6
Acetato de Etilo	67,6	81,6	256,2
Acetato	4,9	4,8	nd
Metanol	0,5	1,2	4,6
2-butanol	7,5	5,2	3,7
Propanol	46,2	49,2	23,8
Isobutanol	59,3	63,3	32,9
1-butanol	1,5	1,5	nd
2-metil, 1-butanol	35,1	37,3	20,3
Alcohol Isoamílico	136,7	141,3	91,7
Etanol (%v/v a 20ºC)	39,0	40,4	39,5

CONCLUSIONES

En las cachaças producidas con alfa ácidos no se comprobó la presencia de contaminación por bacterias hasta el ciclo 14 de fermentación. Las concentraciones de congéneres, alcoholes superiores y acetaldehídos fueron dentro de los límites establecidos por la legislación brasileña. El análisis sensorial de las cachaças producidas con concentraciones de alfa ácidos de 40ppm, mostró que en estos niveles no hay percepción de ninguna diferencia sensorial cuando fueron comparados con la cachaça producida sin alfa ácidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CAPES, CNPq, FAPESP de Brasil, y MES de Cuba por el apoyo financiero para el proyecto**.**

REFERENCIAS

- González, A., Hierro, N., Poblet, M., Mas, A. (2005). Guillamón, j.m. applicationn of molecular methods to demonstrate species and strain evolution of acetic bacteria population during wine production. Int. J. Food Microbiol., 102, 295-304.
- Narendranat, N.V., Hynes, S.H., Tthomas, K.C., Ingledew, W.M. (1997). Effects of *lacobacilli* on yeast catalyzed ethanol fermentations. Appl. Environ. Microbiol. 63, 4158-4163.
- Seixas, F.R.F., Santi, I.A.A; Franco. D.W. (2009) Cachaça de qualidade. Eng. Moderno. 1, 56-59.
- Soares, T. L., Silva, C.F., Schwan, R.F. (2011). Acompanhamento do processo de fermentação para produção de cachaça através de métodos microbiológicos e físico-químicos com diferentes isolados de *saccharomyces cerevisiae. C*iênc. Tecnol. Aliment. 31, 184-187.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Instrução Normativa no 13, de 29/06/2005; Diário Oficial da União 30/06/2005.
- NC 290: 2007: Bebidas alcohólicas- Determinación del grado alcohólico en alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas, vinos, licores, bebidas alcohólicas preparadas, cocteles y extractos hidroalcohólicos.
- NC 508: 2011: Bebidas alcohólicas- Determinación de componentes volátiles mayoritarios en bebidas alcohólicas destiladas, aguardientes y alcohol etílico por cromatografía gas líquido

- Torricella R., Zamora E., Pulido H. 1989. Evaluación sensorial aplicada a la investigación. Desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. Instituto de Investigación para la Industria Alimenticia, La Habana.

POTENCIAL FERMENTATIVO DE MIELES FINALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTES

FERMENTATIVE POTENTIAL OF MOLASSES FOR *AGUARDIENTE* PRODUCTION

Autores: My-Lai Ibáñez*, Roxana García*, Gustavo Saura*, Roberto Estévez*, Emilia Carrera *, Nancy Herrera*, Magdalena Lorenzo*, Arlyn Reyes*
Email: mylai.ibanez@icidca.azcuba.edu.cu, roxana.garcia@icidca.azcuba.cu
gustavo.saura@icidca.azcuba.cu, roberto.estevez@icidca.azcuba.cu
* Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca # 804 y Carretera Central, Apartado 4026, La Habana, Cuba.

RESUMEN
Se evaluó el potencial fermentativo de 4 mieles a través de un test de fermentación debido a la imposibilidad que tenía una destilería de producir aguardiente causado por los niveles elevados de alcoholes superiores. En este estudio se analizó el comportamiento de variables como: grado alcohólico, rendimiento y alcoholes superiores los cuales tienen una incidencia en las características organolépticas del aguardiente y están estrechamente relacionados con la calidad de la materia prima en este caso, la miel final. Los resultados se procesaron estadísticamente mediante el programa Statgraphics®, realizando un análisis para determinar diferencias significativas entre medias muestrales, para un nivel de confianza de un 95 %. Los resultados obtenidos demostraron que existen diferencias significativas entre los parámetros analizados de las diferentes mieles por lo que se necesita efectuar este test fermentativo para tener criterios de calidad de los destilados que van dirigidos hacia la producción de aguardientes.
Palabras claves: mieles, prueba biológica, aguardiente, alcoholes superiores, rendimiento

ABSTRACT
Due to the impossibility that had an alcohol factory to produce *aguardiente* caused for the higher levels of higher alcohol, 4 types of molasses were analyzed by a biological test. In this study the behavior of variables as: alcohol grade, yield and higher alcohols which they have an impact on the organoleptic characteristics of *aguardiente* and are closely related to the quality of the raw material in this case, the molasses. The results were processed statistically by Statgraphics® program, and the analysis showed significant differences between sample means for a confidence level of 95%. The results showed significant differences between the parameters analyzed from different molasses so it is necessary to realize this biological test in order to have many opinions about the quality of the distillers which are directed towards to the production of the *aguardiente*.
Key words: molasses, biological test, *aguardiente*, higher alcohols, yields

INTRODUCCIÓN
Las mieles de caña y especialmente las finales ha sido la materia prima principal para la producción de alcohol. Constituyen un sustrato de una elevada heterogeneidad y pueden cambiar su composición, incluso, para un mismo productor dentro de una campaña determinada. La composición de las mieles finales no es uniforme y puede estar influenciada por diferentes factores. Entre los factores más importantes se encuentran: procedencia de la caña, tipo de suelo, métodos de cosechas y las especificaciones propias del proceso particular aplicado a cada fábrica.

Cuando se emplea la miel final de caña en la industria alcoholera no debe tenerse en cuenta solamente sus composiciones químico-física sino su comportamiento desde el punto de vista fermentativo debido al carácter biológico del proceso fermentativo. En este sentido juega un papel muy importante la interacción levadura –materia prima, la calidad del proceso de fermentación y las características de la propia levadura como género.

Generalmente existe una gran diversidad de mieles finales que son empleadas para la producción de aguardientes y la calidad de los mismos depende de sus características organolépticas que es lo que caracteriza a los aguardientes cubanos. Los aguardientes tienen diferentes fines: constituyen las materias primas principales para la elaboración de rones y es muy beneficioso conocer entre otros aspectos los rangos de los compuestos minoritarios, los alcoholes superiores, para que puedan ser exportables.

El empleo de esta prueba biológica constituye una herramienta de trabajo que le permite a la fábrica tener criterios de calidad que le facilite decidir el destino de sus destilados dígase en la producción de aguardiente y también en otros surtidos como: alcohol rectificado, alcohol fino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se disolvieron 0.016 g de levadura seca activa SAFOENOS® (SAFMEX, S.A de C.V, México) por mililitro de medio. Se analizaron 4 mieles y se preparó una batición de miel final con una concentración de ART de 120 g/l y un volumen efectivo de 300 ml, se ajustó el pH del medio 4.5 ± 0.2 .Se añadieron 2.5 g de sulfato de amonio y 0.52 g de fosfato di amónico así como la levadura seca activa. Esta batición se transfirió a frascos de 1Ly se le colocaron trampas de CO_2 a los mismos, este procedimiento se hizo por triplicado. Los frascos fueron colocados en una estufa a 30º C alrededor de 24 horas. Cuando terminó la fermentación se tomaron 250 mL para la destilación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mieles que mostraron un mayor grado alcohólico (Fig 1) en el test de fermentación, resultaron las denominadas 2 y 4 con valores de 6.3 % (v/v) y la de una concentración menor resultó la 1.Esta miel 1 es una mezcla de diferentes mieles provenientes de distintos tributarios y se emplea también en la fermentación. La miel 3 rindió una concentración de etanol con un valor intermedio diferente estadísticamente al resto de las mieles evaluadas.

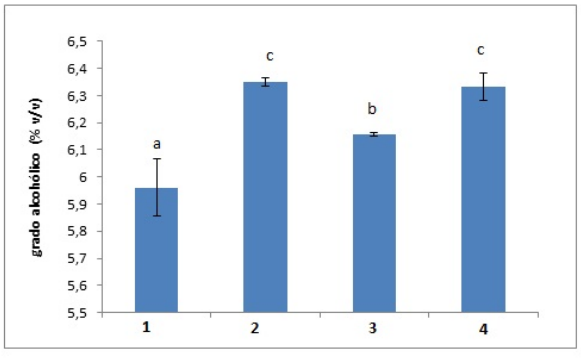


Figura 1. Grados alcohólicos

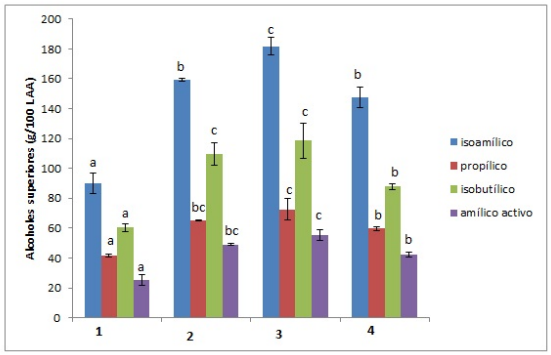


Fig 2. Contribución de alcoholes fusel mayoritarios en la fracción de alcoholes

Los alcoholes superiores totales (AST) se determinaron cromatográficamente (AST: sumatoria de alcoholes propílico, isobutílico, isoamílico y amílico activo), el experimento demostró que la miel tributaria puede ser un factor que incida significativamente sobre la formación de estos componentes mayoritarios. Fueron detectados tres grupos de homología para AST entre las mieles ensayadas, destacando la miel 1 como la de menor síntesis de los mismos (217.23 g/100LAA) y las nombradas 1y 2 con concentraciones significativamente mayores (por encima de 350.00 g/100 L AA) que prácticamente duplicaron a la miel 1.

Al particularizar sobre la contribución individual de los alcoholes *fusel* (Fig 2) en esta sumatoria (AST); se encontró que de forma proporcionada, la miel 1 mostró valores significativamente menores para cada uno de los compuestos contribuyentes con respecto a las otras 3 mieles evaluadas contrastando con la miel 3 que resultó la que propició una mayor formación de cada uno de los alcoholes superiores cuantificados.
Es necesario destacar que para el caso del alcohol isoamílico (mayoritario dentro de la fracción de alcoholes superiores en fermentaciones alcohólicas), la miel 3 duplicó su concentración con respecto a la miel1; hecho que determina la respuesta obtenida para AST. Con respecto a este alcohol las mieles 2 y 4 mostraron un comportamiento sin diferencias significativas con valores intermedios dentro del rango detectado.

Al analizar la síntesis del alcohol isobutílico, se obtuvo una mayor concentración de este alcohol de cadena ramificada al fermentar con las mieles 2 y 3, a diferencia de la miel mezclada (1) que mostró una concentración aproximadamente 2 veces menor. La miel 4 mostró unas síntesis de este alcohol diferente estadísticamente de las restantes evaluadas, con un valor intermedio

Tanto el alcohol propílico como el amílico activo mostraron idénticos patrones para las cuatro mieles en cuanto a los grupos de homología de acuerdo al análisis estadístico realizado. Fueron observadas diferencias significativas entre las mieles de 1, 4 y 3 (en orden ascendente de concentración). La fermentación con la miel 2 rindió concentraciones similares que las obtenidas tanto con las muestras 4 como con la 3.

Estos resultados obtenidos en cuanto a la fracción de alcoholes *fusel* en la composición del destilado, evidencian que el destino de una fermentación en fábrica para la producción de aguardiente debe ser tratado de forma diferencial en cuanto a los indicadores de calidad deseados, cuidando que las variaciones tecnológicas (miel tributaria, formulación nutricional, cepa, etc.) no vayan en detrimento de indicadores fermentativos vitales para la eficiencia de la fábrica como son el grado, el rendimiento alcohólico y los ciclos de fermentación.

En este sentido, para este estudio la miel 1 que fue la que mostró una composición significativamente menor en cuanto a AST (ideal para producción de aguardiente) sin embargo no resultó la de mejor desempeño en cuanto a los criterios fermentativos (grado). Este resultado advierte sobre la necesidad de ajustar correctamente el esquema productivo en dependencia del producto final deseado.

Por otra parte se analizó el rendimiento calculado en base a azucares consumidos. En este cálculo las mieles que rindieron una mayor cantidad de etanol con el mínimo consumo de azucares fueron las mieles 2 y1, resultado que potencia la calidad de ambas si se tiene en cuenta que también alcanzaron los mayores grados alcohólicos. La miel 4 de forma paralela, también compartió grado de homología en cuanto a Yp/s en base a azucares consumidos, con las mieles 3y 1 consideradas estadísticamente ambas de un menor rendimiento. Discernir con claridad a que grupo homogéneo (donde no existen diferencias significativas) pertenece este tributario, requeriría quizá el montaje del test con un número mayor de réplicas (> 3), diseño que no fue considerado en este estudio, pero pudiera tenerse en cuenta para detectar diferencias con una mayor certidumbre.

CONCLUSIONES

- Los resultados confirman la necesidad de la implementación del test de fermentación bajo condiciones estandarizadas en los laboratorios de destilerías no solo como prueba biológica predictiva sino también para tener criterios de calidad de los destilados dirigidos hacia la producción de aguardientes.
- El estudio realizado concluye que no solo los parámetros fermentativos pueden estar afectados por la variación de la materia prima fundamental en la producción de alcohol sino también la síntesis de alcoholes superiores denominados mayoritarios dentro del perfil aromático (alcohol propílico, isobutílico, isoamílico y amílico-activo) pueden resultar alterados o modularse por el empleo de una miel tributaria en cuestión.
- Es recomendable por tanto, que el laboratorio de la fábrica realice el test de fermentación como técnica rutinaria ante la llegada de cada lote de miel tributaria para conformar records históricos y para la miel de proceso diaria.

REFERENCIAS

1. Espinosa, E. *et al*. Influence of nitrogen supply on the production of higher alcohols/esters and expression of flavour-related genes in cachaça fermentation. *Food Chemistry*, 2013, 138, 701-708.
2. K.A, J. et al. The alcohol textbook. A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries .Nottingham University , 4th Edition,2003, ISBN 1-897676-13-1
3. NC 715: 2009. Miel final (melaza)- Especificaciones.
4. Otero, M et al. Producción de bioetanol a partir de mezclas de jugos –melazas de caña de azúcar. Revista ICIDCA, pp 17-22,Vol 43,enero-abril,2009.
5. Otero, M. Las mieles finales de caña. Composición, propiedades y usos. La Habana.1997. ICIDCA
6. Vázquez, M. et al. Manual de Técnicas Analíticas para Destilerías. La Habana: Editorial ICIDCA, 2013, 7-55, ISBN 978-959-71-65-35-4.

SÍNTESIS DE COMPONENTES VOLATILES MAYORITARIOS EN LA FERMENTACION ALCOHOLICA: EFECTO DEL SULFATO DE AMONIO SOBRE CEPAS TIPO.

SYNTHESIS OF MAJORITY VOLATILE COMPOUNDS IN ALCOHOL FERMENTATION: EFFECT OF AMMONIUM SULPHATE ON TYPE STRAINS.

Roxana García*, Magdalena Lorenzo, Grizel Delgado, Emilia Carreras, Nancy Herrera, Ricardo Readigos, Gustavo Saura.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA),
*E-mail: roxana.garcia@icidca.azcuba.cu

Resumen

La concentración de alcoholes superiores constituye especificación de calidad en aguardientes de mieles de caña. Este trabajo muestra como la suplementación con $(NH_4)_2SO_4$ y la cepa Saccharomyces influyen sobre la síntesis de estos componentes.

Los congéneres fueron determinados mediante CG en fermentaciones de laboratorio según diseño 2^2 y el etanol mediante densimetría digital.

Fue demostrada la influencia de suplementar amonio sobre la síntesis de 1-propanol, 2-metil butanol y 3-metil butanol; detectándose para el 1-P un incremento en 50.43 g/100L AA y para el 2-MB y 3-MB, una disminución de su síntesis de 13.97 y 91.03 g/100L AA respectivamente. Sobre la formación del 2-metil propanol, la cepa fue significativa, mostrando menores concentraciones una levadura comercial; aunque la interacción entre factores resultó significativa y de mayor importancia que el efecto anterior para este alcohol.

Se obtuvo un modelo para predecir la formación de componentes totales, como herramienta para modular el perfil aromático.

Palabras clave: alcoholes superiores, nitrógeno, *S. cerevisiae*, aguardiente, miel de caña

Abstract

Higher alcohols concentration constitutes a quality standard in *aguardientes* from sugar cane molasses. This work shows how a supplementation with $(NH_4)_2SO_4$ and Saccharomyces strain can impact on the synthesis of these components.

Congeners were determined by GC in laboratory fermentations according to a 2^2 design and ethanol was quantified by digital densitometry.

The influence of ammonium supply on 1-propanol, 2-methyl butanol and 3-methyl butanol synthesis was confirmed; 1-P was increased in 50.43 g/100 L AA and 2-MB and 3-MB synthesis was reduced in 13.97 and 91.03 g/100 L AA respectively. Concerning the synthesis of 2-methyl propanol, the strain was significant, standing out that commercial yeast showed slighter concentrations; however the interaction between factors rose significant and more important than the previous effect for this alcohol.

A predicting model for whole components formation, as device to moderate the flavor profile during fermentations was obtained.

Key words: higher alcohols, nitrogen, *S. cerevisiae*, aguardiente, sugar cane molasses

Introducción

La obtención de alcoholes cada vez más refinados en destilerías cubanas constituye premisa indispensable para incrementar la calidad y variedad del mercado local y exportable de alcohol y ron. La concentración de alcoholes superiores constituye una especificación de calidad para destilados de fermentaciones con mieles de caña destinados a la producción de aguardiente.

Numerosos autores han referenciado cómo diversas condiciones durante la fermentación alcohólica pueden intervenir sobre el perfil aromático en vinos, cervezas y bebidas alcohólicas destiladas a partir de diversos sustratos[1,2]; con gran influencia en el metabolismo de congéneres y la expresión de sus genes relacionados.

Este trabajo persigue como objetivo esclarecer si factores como la relación C:N, determinada por suplementación con $(NH_4)_2SO_4$ y la cepa de producción empleada pueden influir sobre la síntesis de estos componentes en fermentaciones con mieles finales obtenidas a partir de la producción de azúcar de caña cultivada y procesada en Cuba.

Materiales y Métodos

Fue aplicado un diseño experimental 2^2 que consideró el efecto de la relación C:N (nivel bajo: 59.62 y nivel alto: 136.28) logrados con y sin suplementación con $(NH_4)_2SO_4$ a 1.7 g/L respectivamente. El otro factor evaluado fue la cepa *Saccharomyces cerevisiae* utilizada (L/25-7-12 aislada de destilería cubana (-1) y la levadura seca activa enológica comercial SAFOENOS ^{MR} (1)). Cada condición experimental fue evaluada en 350 mL de medio base con miel a 120 g/L de Azúcares Reductores Totales (ART) por triplicado.

Las relaciones C:N fueron calculadas según la contribucion de átomos de Carbono aportados por la sacarosa, fructosa y glucosa presentes en la miel, determinadas por HPLC; el Nitrógeno asimilable considerando el que de forma natural contiene la miel (a partir del Nitrógeno total Kjeldhal) y el suplementado vía $(NH_4)_2SO_4$. La levadura fue inoculada para una concentración inicial de 10^8cel/mL. Las variables dependientes comprendieron los componentes volátiles mayoritarios (CVM) 1-propanol (1-P), 2-metil butanol (2-MB), 2-metil-propanol (2-MP) y 3-metil butanol (3-MB) determinados por CG[3], y expresando los resultados en base al etanol cuantificado por densimetría digital[4]. Todos los análisis estadisticos fueron realizados empleando el programa STATGRAPHICS® Centurion XV (StatPoint, Inc; USA).

Los destilados analizados para la determinación porcentual individual de componentes mayoritarios fueron obtenidos a partir de baticiones finales colectadas en corbatos de 9 destilerías del G.E. AZCUBA en diversas regiones del país, durante el periodo comprendido del 2013 al 2015. La cuantificación de etanol y congéneres en los mismos se realizó según las técnicas referidas.

Resultados y Discusión

Como premisa para el diseño experimental, fue evaluada la composición porcentual individual de CVM cuantificados en destilados industriales. La fracción de alcoholes superiores totales (AST: sumatoria de 2-MB, 3-MB, 2-MP y 1-P) representó en estos destilados un 93 % de la totalidad de CVM cuantificados.

Pudieron considerarse representativos (> 10 %) los aportes de los alcoholes 3-MB, 2-MP, 1-P y 2-MB (en orden descendiente de contribución); resultando el de mayor impacto el 3-MB el cual contribuyó en más de un 50 % a la sumatoria total de congéneres totales cuantificados (CT). Teniendo en cuenta este resultado con muestras industriales, se escogió para el diseño experimental la concentración de estos alcoholes en base al etanol producido como variables respuesta.

La Tabla I refiere los valores obtenidos para los CVM cuantificados. Para la síntesis del 3-MB resultó significativo el efecto de la relación C:N en el medio de fermentación (p=0.0463) según muestra el gráfico de superficie de respuesta estimada para esta variable dependiente (Figura 1). Fue posible lograr un efecto de reducción en 91.03 unidades (g/100L AA) al trabajar al nivel bajo ensayado de relación C:N, independientemente de la cepa ensayada. De forma similar la concentración del alcohol *fusel* 2-MB fue reducida de forma significativa por las dos cepas (p=0.0473) con un efecto de 13.97 g/100 L AA al mover el

factor relación C:N del nivel alto al bajo (miel suplementada con 1.7 g/L de $(NH_4)_2SO_4$). Espinosa *et al* en el 2013 al suplementar jugo de caña de azúcar con 5.8 g/L de $(NH_4)_2SO_4$) obtuvieron efectos similares para estos dos *fusel*, respuesta que fue correlacionada por estos autores con bajos niveles de expresión de los genes que codifican para descarboxilasas y alcohol deshidrogenasas involucradas en la síntesis de estos alcoholes.

Aunque fue detectada también la influencia significativa del factor relación C:N en la respuesta observada para la síntesis de 1-P, el efecto resultante contrastó con el observado para los congéneres 2-MB y 3-MB. A diferencia de estos dos últimos, la síntesis de alcohol propílico (1-P) se vio reducida de forma significativa (p=0.00) en 50.43 g/100 L AA al fermentar en un medio no suplementado con 1.7 g/L de $(NH_4)_2SO_4$).

Para el 2-MP, la levadura comercial SAFOENOS^{MR} mostró valores significativamente menores de síntesis con respecto a la cepa L/25-7-12 (p=0.03) para ambos niveles de relación C:N, reduciéndose con su empleo 37.55 g de este alcohol por cada 100 L de etanol absoluto producido.

Los resultados reflejaron también el efecto significativo que sobre la síntesis de este alcohol posee la interacción entre ambos factores (p=0.02), resultando que la síntesis del 2-MP está mucho más condicionada a la relación C:N en la cepa L/25-7-12. Se derivó del análisis que la interacción entre estos factores constituye un efecto de mayor importancia (reducción de 41.33 g/100 L AA) que el efecto que sobre la síntesis de 2-MP pueda ejercer el hecho de fermentar con una cepa en cuestión de las evaluadas.

Tabla I. Valores promedio de formación de CVM evaluados en Diseño 2^2

CVM (g/100 L AA)	***S. cerevisiae* SAFOENOS^{MR}**		***S. cerevisiae* L/25-7-12**	
	C	**S**	**C**	**S**
CT	546.12	515.72	460.97	656.86
1-P	90.39	35.43	83.07	37.15
2-MB	56.34	57.57	48.12	74.84
2-MP	99.58	81.55	95.81	160.44
3-MB	233.71	262.35	165.21	318.65

C= suplemento de 1.7 (g/L) $(NH_4)_2SO_4$), S= sin suplemento de $(NH_4)_2SO_4$

Se estimó que bajo las condiciones del experimento la combinación óptima de factores para lograr una mínima producción del 2-MP resultaría por tanto fermentar la levadura SAFOENOS^{MR} en medio de miel sin suplementación con $(NH_4)_2SO_4$) a 1.7 g/L.

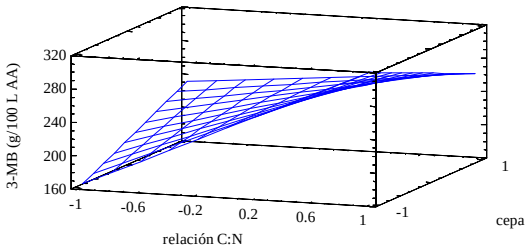


Figura 1. Superficie de respuesta estimada para la síntesis del compuesto mayoritario 3-MB variando relación C:N (nivel bajo (-1): 59.62, nivel alto (1): 136.28) y cepa tipo ((-1): L/25-7-12, (1): SAFOENOS^{MR}).

Con el objetivo de buscar un modelo que pudiera predecir la combinación de factores que describa una respuesta global, fue considerada como variable respuesta para estos fines la totalidad de congéneres cuantificados.

La Ecuación 1 describe un modelo ajustado que explica el 81.20% de la variabilidad (R^2 ajustada) en los datos concernientes a la concentración de congéneres totales (CT).

CT = 544.922 + 41.3743*relación C:N - 14.0002*cepa - 56.5728*relación C:N*cepa Ec.1

Para esta respuesta global resultó significativa la interacción entre los dos factores (p=0.03), resultando que para la cepa SAFOENOS^{MR} la relación C:N tiene muy poco efecto, a diferencia de la cepa L/25-7-12 que se mostró más sensible en cuanto a esta respuesta global, con una reducción estimada de 113.14 unidades (g/100L AA) al fermentar al nivel bajo de C:N; resultado similar al obtenido para la síntesis del 2-MP.
La combinación de fermentar la cepa L/25-7-12 con suplemento de $(NH_4)_2SO_4$) a 1.7 g/L, exhibió una concentración optima mínima de 460.97 g de congéneres por cada 100L de etanol producido durante la fermentación.
La influencia opuesta observada para el efecto relación C:N sobre los alcoholes 1-P con respecto al 2 MB y 3-MB niveló de cierta manera el peso de estos congéneres sobre la fracción aromática total. Este hecho unido al aporte mayoritario del 2-MP (18 %), solo superado por el 3-MB pueden ser elementos que condujeron a la respuesta global detectada para CT.

Conclusiones

El estudio demostró como la suplementación con $(NH_4)_2SO_4$) a 1.7 g/L puede modular de forma significativa la síntesis de 1-propanol, 2-metil butanol y 3-metil butanol; detectándose un efecto opuesto para el 1-P que incrementó su concentración 50.43 g/100 L AA con respecto al 2-MB y 3-MB (con reducciones de 13.97 y 91.03 g/100 L AA respectivamente).
Por otra parte el tipo de cepa empleada resulta un factor determinante para la síntesis del 2-metil propanol, señalando que de forma significativa la levadura SAFOENOS^{MR} sintetizó menores concentraciones para cualquiera de los niveles de relación C:N ensayados. La interacción entre ambos factores constituyó también un efecto significativo de mayor importancia que el factor anterior evaluado para la síntesis de este alcohol.
Los resultados permiten crear modelos predictivos para la síntesis de estos alcoholes *fusel*, no solo dirigida a alcoholes finos y bebidas, sino también hacia una producción de los mismos direccionada hacia la búsqueda de combustibles alternativos.

Referencias

1. Hazelwood, L., Daran, J.M, van Maris, A., Pronk, J., Dickinson, R. The Ehrlich Pathway for fusel alcohol production: A century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism. Applied and Environmental Microbiology, 2008, 74, 8, 2259-2266.
2. Espinosa, E., de Billerbeck, G., Ardaillon, D., Schuler, A., François, J.M., de Morais, M.A. Influence of nitrogen supply on the production of higher alcohols/esters and expression of flavour-related genes in cachaça fermentation. Food Chemistry, 2013, 138, 701-708.
3. NC 290: 2007: Bebidas alcohólicas- Determinación del grado alcohólico en alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas, vinos, licores, bebidas alcohólicas preparadas, cocteles y extractos hidroalcohólicos.
4. NC 508: 2011: Bebidas alcohólicas- Determinación de componentes volátiles mayoritarios en bebidas alcohólicas destiladas, aguardientes y alcohol etílico por cromatografía gas líquido.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE LAS VINAZAS DE LA INDUSTRIA ALCOHOLERA Y SU TRATAMIENTO

TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES TO REDUCE THE VOLUME OF VINASSES FROM THE ALCOHOL INDUSTRY AND ITS TREATMENT

Autores: [1] Dania Alonso Estrada, [1] Norge Garrido Carralero, [2] Osney Pérez Ones, [2] Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas
[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), dania.alonso@icidca.azcuba.cu, norge.garrido@icidca.azcuba.cu
[2] Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (IPSJAE)

RESUMEN
En el presente trabajo se analizan dos alternativas tecnológicas en la producción de etanol para disminuir el volumen de vinazas a la salida de la columna destiladora y sus efectos negativos al medio ambiente, realizando una propuesta para el tratamiento del residual. Se elaboró un modelo de simulación en Microsoft Excel haciendo uso de técnicas de análisis de procesos, en el que mediante balances de masa y energía se simula el comportamiento del proceso y los cambios tecnológicos propuestos. Las alternativas propuestas de adicionar un rehervidor de fondo a la columna destiladora y recircular vinazas al tanque de dilución de mieles disminuyen el flujo de vinazas obtenido al fondo de la columna destiladora, mostrándose el mejor resultado al combinar las alternativas. Las alternativas son económicamente factibles, se obtienen TIR mayores que la tasa de interés utilizada y la inversión se recupera en un tiempo inferior a cuatro años, demostrando liquidez.
Palabras claves: etanol, vinazas, impacto ambiental

ABSTRACT
In this paper, two technological alternatives were analyzed for the production of ethanol in order to diminish the vinasse volume at the distilling column exit. Also environmental effects and energy efficiency of the process were discussed, making a proposal for the treatment of residual. A simulation model was elaborated in Microsoft Excel using process analysis techniques. By means of mass and energy balances, actual process behavior and its technological changes were simulated. The alternatives proposed of adding a bottom reboiler to the distilling column and to recirculate vinasses to the molasses dilution tank decrease the flow obtained at the bottom of the distilling column, showing the best results when combining the alternatives. The alternatives are economically feasible, they obtain higher IRR than the interest rate used, and the investment is recovered in less than four years, showing liquidity.
Key words: vinasse, environmental impact, ethanol stillage

INTRODUCCIÓN
Las vinazas de destilería constituyen un residual de la industria alcoholera de gran potencialidad. Históricamente han sido consideradas como un subproducto indeseable de la destilación de alcohol etílico ya que es un residuo que genera un fuerte impacto ambiental (Pérez 2008). Es el residual de mayor contaminación que genera la industria azucarera y alcoholera por su bajo pH (4,0 - 4,60), alta temperatura (92 - 98 °C) y elevado contenido de materia orgánica; si el etanol es producido a partir de jugos la demanda química de oxígeno (DQO) de las vinazas se encuentra en el intervalo de (15 - 35 kg DQO/m^3), y si es a partir de mieles la DQO aumenta entre (60 - 80 kg DQO/m^3) (Pérez 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS
Para el desarrollo del presente trabajo ha sido elaborado un simulador en Microsoft Excel, en el que se ejecutaron los balances de masa y energía asociados a la producción de etanol. El trabajo se realizó en una destilería que pertenece al grupo AZCUBA denominada caso base. Se identificaron los principales problemas que afectan la eficiencia en la fábrica y se emprendió a realizar un estudio de alternativas de solución para

disminuir el flujo de vinazas obtenido al fondo de la columna destiladora y una propuesta para el tratamiento de los residuales. Se evaluaron las siguientes alternativas:
Alternativa 1: Adicionar un rehervidor de fondo a la columna destiladora
Alternativa 2: Recircular vinazas al tanque de dilución de mieles
***Alternativa 3*:** Tratar las vinazas mediante la concentración e incineración
Las condiciones de operación para el desarrollo del trabajo, son para una destilería con capacidad de producción de etanol hidratado de 500 hL/d considerando que opera 240 días al año, utilizando como materia prima miel final a 85 % Brix, 48 % de azúcares fermentables y una concentración alcohólica de 5,8 % (v/v) en el vino alimentado a la columna destiladora.
Para la determinación de los ingresos y egresos, se utilizaron los precios y costos del año 2014 reportados por el grupo AZCUBA. Se tuvieron en cuenta como consideraciones una tasa impositiva de 25 % y una tasa de interés de 12 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La simulación con Microsoft Excel ha sido dirigida a estudiar el comportamiento de dos alternativas tecnológicas y su influencia en el flujo de vinazas a la salida de la columna destiladora, además de proponer un tratamiento al residual. A continuación, se presentan los indicadores analizados:

- Flujo de vinazas (m^3/h)
- Índice de generación de vinazas (L_{vinaza}/L_{etanol})
- Flujo de agua de dilución de mieles (m^3/h)
- DQO de las vinazas (kg/m^3)

Caso base (CB):

Con el caso base se realizó la simulación del proceso utilizando la herramienta Excel propuesta y se compararon los resultados con los reportados por la fábrica para validar el modelo. En la **Tabla I** se muestran los resultados de la simulación y los reportados por la industria bajo las condiciones de operación del caso base, así como el error relativo (%) determinado.

Tabla I. Resultados de la validación del modelo de simulación

Indicador	**Valor calculado**	**Valor promedio de fábrica**	**Error relativo (%)**
Flujo de vinazas (F_{Vz}); (m^3/h)	44,04	44,00	0,1
Índice de generación de vinazas (Índ. $_{Vz}$); (L_{vinaza}/L_{etanol})	15,89	16,00	0,7
Flujo de agua de dilución de mieles (F_{ADM}) ; (m^3/h)	28,03	30,00	6,6
DQO (Demanda Química de Oxígeno) $_{vinazas}$; (kg/m^3)	-	47,88	-

Alternativa 1: Adicionar un rehervidor de fondo a la columna destiladora
Esta variante se realiza con el objetivo de disminuir el volumen de vinazas obtenido al fondo de la columna destiladora y lograr de esta forma un ahorro en los costos de operación. Se logra una disminución del flujo de vinazas de un 19,2 % con respecto al CB. La DQO para este caso aumenta en un 24,25 % al incorporar un rehervidor al fondo de la columna destiladora y no se diluye el residual.
Alternativa 2: Recircular vinazas al tanque de dilución de mieles
Esta alternativa tiene como objetivo recircular vinazas al proceso de dilución de mieles, sustituyendo del 10 - 60 % del agua de dilución de la miel por vinazas (PRAJ 2013). Tiene como objetivo disminuir el volumen de vinazas obtenido al fondo de la columna destiladora y lograr de esta forma un ahorro económico en los

costos, desde el punto de vista del volumen de vinazas a manipular y del ahorro de agua en el proceso de dilución de miel. Al recircular vinazas hasta sustituir el 60 % del agua de dilución de miel el flujo de vinazas al fondo de la columna disminuye en 39 %. En la **Figura 1** y **2** se muestra cómo varían algunos parámetros estudiados en función del porcentaje de vinazas a recircular al proceso de dilución de mieles.

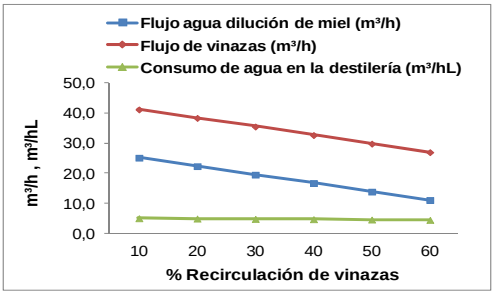


Figura 1. Variación del flujo de agua de dilución de miel, el flujo de vinazas y el consumo de agua en la destilería en función del % de recirculación de vinazas al proceso de dilución de miel

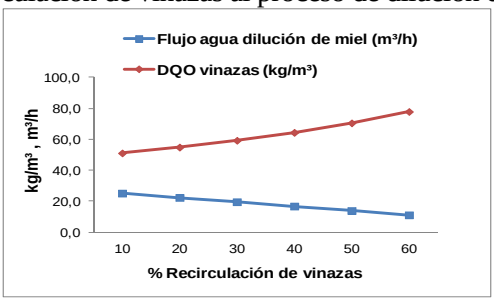


Figura 2. Variación del flujo de agua de dilución de miel y la DQO de las vinazas en función del % de recirculación de vinazas al proceso de dilución de miel

Desde el punto de vista medio ambiental la alternativa que se recomienda implementar es la alternativa de tratar las vinazas mediante la concentración e incineración (***Alternativa 3***), debido a que se realiza el aprovechamiento integral del residual, tiene como ventajas la obtención de cenizas potásicas comercializable como fertilizante, la generación de energía y la reducción de los residuales. La **Tabla II** muestra un resumen de los resultados obtenidos en la simulación de las alternativas estudiadas.

Tabla II. Tabla resumen de alternativas estudiadas

Alternativas	**F $_{Vz}$ (m³/h)**	**Índ. $_{Vz}$ (L $_{vinaza}$/L $_{etanol}$)**	**F$_{ADM}$ (m³/h)**	**DQO $_{Vz}$ (kg/m³)**
CB	44,04	15,89	28,03	47,88
1	35,59	12,84	28,03	59,52
2	27,05	9,76	11,21	77,96
Combinación (1 - 2)	18,53	6,69	11,21	114,32

La **Tabla III** muestra un resumen de los resultados económicos obtenidos en la simulación de las alternativas estudiadas.

Tabla III. Resultados económicos de alternativas estudiadas

Alternativas	**Ganancia anual ($)**	**Inversión ($)**	**VAN ($)**	**TIR (%)**	**PRC (años)**
1	29 697,26	38 320,07	12 124,26	46,59	3,61
2	86 010,96	186 835,42	30 032,45	40,06	3,79
Combinación (1 - 2 - 3)	2 189 881,20	3 074 136,25	628 251,90	57,77	3,10

CONCLUSIONES

1. Con las alternativas analizadas se obtuvo que el flujo de vinazas a la salida del fondo de la columna destiladora y el índice de generación de vinazas disminuye en las dos alternativas estudiadas, mostrándose el mejor resultado al combinar las alternativas tecnológicas.

2. Los cambios tecnológicos analizados son factibles económicamente, se obtienen TIR mayores que la tasa de interés utilizada y el PRC se encuentra entre 3,10 y 3,61 años.

RECOMENDACIONES

1. Estudiar la influencia de la recirculación de vinazas en el proceso de fermentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez, I.; Garrido, N. Tratamiento de efluentes de la industria alcoholera. Ventajas y desventajas. Ingeniería Química N° 455: p. 148-157, 2008.
2. Pérez, O. Modelación, simulación y análisis con fines energéticos de destilerías de etanol hidratado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Ingeniería Química. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, 2011.
3. PRAJ (2013) "PRAJ's Answers to the questions from Staatsolie, Suriname on LGFL Plant designs".

ASPECTOS TECNOLOGICOS A TENER EN CUENTA EN LA EFICIENCIA DE UNA DESTILERIA.

TECHNOLOGICAL ASPECTS TO TAKE INTO ACCOUNT IN THE EFFICIENCY OF A DISTILLERY.

Norge A. Garrido Carralero, Dania Alonso Estrada
ICIDCA
norge.garrido@icidca.azcuba.cu
dania.alonso@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Este trabajo muestra la implementación de técnicas de análisis de procesos buscando el incremento de la eficiencia energética en destilerías de etanol hidratado. Se desarrolló un método de simulación en Excel mediante el uso de los balances de masa y energía para considerar los factores fundamentales que determinan la eficiencia energética. La aplicación se utilizó para evaluar las condiciones actuales de la destilería "Jesús Rabí" estudiándose dos alternativas tecnológicas. El modelo realizado permite efectuar la simulación del proceso de obtención de etanol hidratado y de esta forma conocer el comportamiento de algunos indicadores de interés. Según el análisis económico preliminar todas las alternativas son factibles técnica y económicamente obteniendo TIR mayores que la tasa de interés utilizada y el PRC entre 3,45 y 3,82 años.
Palabras claves: etanol hidratado, eficiencia en fermentación, eficiencia energética.

ABSTRACT

This work shows the implementation of process analysis techniques looking for increasing energy efficiency on ethanol distilleries. A simulation method in Excel, using mass balances and energy, to consider the fundamental factors determining energy efficiency was developed. The application was used to evaluate the current conditions of the distillery "Jesus Rabi", two technology alternatives. According to the preliminary economic analysis, all alternatives are technically and economically feasible with TIR higher than the interest rate used and the PRC between 3,45 and 3,82 years.
Keywords: hydrated ethanol, fermentation efficiency, energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

En Cuba la tecnología instalada en las destilerías es convencional y conserva esquemas de hace más de 60 años. Las destilerías cubanas se caracterizan por tener bajas eficiencias (75 - 78 %) y grado alcohólico (4,5 - 5,5 % (v/v)) en fermentación si se comparan con los valores que se reportan internacionalmente, que son superiores a 90 % y 8 % (v/v) respectivamente (Saura, Domenech et al. 2006)

El consumo específico de combustible (fuel oil) a nivel nacional en la producción de etanol es alto (0,38-0,42°kg/hL), lo que evidencia la necesidad de analizar y poner en práctica diferentes vías para lograr un uso más eficiente de la energía en estas fábricas (Jiménez 1991).

En el presente trabajo se presentan diferentes alternativas tecnológicas en el proceso con el fin mejorar la eficiencia energética de la destilería y balance su económico, a partir de los datos básicos obtenidos de la instalación existente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con la visita realizada a la destilería se evidenció que la fábrica presenta alto índice de consumo de vapor y agua de proceso, así como baja eficiencia en el proceso de fermentación y destilación. Sobre esta base se

propuso evaluar dos alternativas tecnológicas con vista a mejorar los resultados de los parámetros analizados.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Alternativa 1: Operando el sistema de destilación con intercambiador de calor (vino - vinazas)
El objetivo de esta alternativa es utilizar el flujo de vinazas que sale por el fondo de la columna destiladora para calentar la corriente de vino que sale del calienta - vinos.
Con el fin de hacer la comparación con el CB (Caso Base) y determinar los posibles ahorros de vapor en el sistema de destilación, se incorporó un intercambiador de calor de tubo y coraza a la salida de las vinazas por el fondo de la columna destiladora y se realizó la simulación del proceso para el caso en que la temperatura del vino a la entrada del intercambiador sea de 60 °C y así la temperatura de alimentación del vino a la columna destiladora pueda ser aumentada hasta aproximadamente 90 °C y determinar las variaciones en el esquema energético de la destilería. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los parámetros determinados para esta variante y se comparan con los del CB.

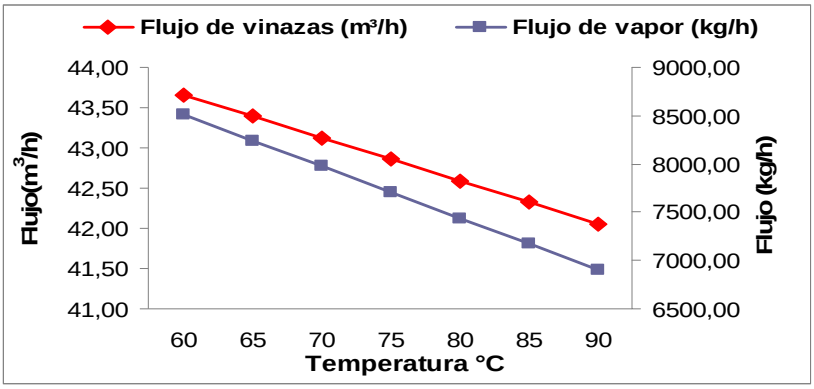


***Figura 1*:** Sistema de destilación con intercambiador de calor (vino - vinazas)

Tabla 1. Resultados económicos

Indicador	Valor
Valor actualizado neto (VAN) ($)	3 726,19
Tasa de retorno de la inversión (TIR) (%)	52,98
Tiempo de recuperación de la inversión sin descuento (años)	3,45
Tiempo de recuperación de la inversión con descuento (años)	3,82

El cálculo para la recuperación de la inversión tiene como base que se recupera la inversión con las ganancias obtenidas a partir del ahorro de petróleo en la destilería.

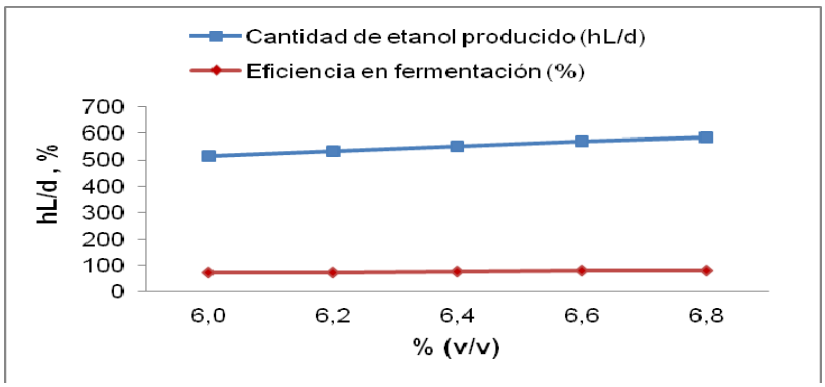


Figura 2. Variación de la cantidad de etanol y la eficiencia en fermentación en función del grado alcohólico.

En la **Figura 2** se muestra gráficamente cómo varía la cantidad de etanol producido y la eficiencia en la fermentación en función del aumento del grado alcohólico según la variante propuesta.
Se considera que al mantener la temperatura dentro del intervalo recomendado (32-34°C), se logra disminuir las pérdidas por evaporación en un 0,58 %. Las pérdidas de etanol en el área de fermentación se determinaron teniendo en cuenta la temperatura alcanzada en el proceso de fermentación de 36 °C aproximadamente, valor reportado por la fábrica en verano y su relación con el grado alcohólico de 5,8 % (° GL) valor promedio reportado en los partes diarios de la fábrica. Las pérdidas de etanol en este caso son de 652,9 L/d. En la Tabla 2 se observa cómo se incrementan las pérdidas de etanol con el aumento de la temperatura en el proceso de fermentación en función del grado alcohólico.

Tabla 2. Pérdidas de etanol (L/d) en fermentación en dependencia de la temperatura y el grado alcohólico (Formaggio y Finguerut 1990)

Temperatura (° C)	Grado alcohólico (° GL)					
	5	6	7	8	9	10
30	449,1	501,90	552,3	613,0	673,7	704,0
32	487,30	550,50	613,0	685,8	752,6	801,1
34	528,0	600,8	673,7	758,6	831,5	892,2
36	586,9	669,4	752,6	831,5	922,5	1 001,4
40	733,1	851,5	934,6	1 013,5	1 134,9	1 238,1

Tabla 3.. Resultados económicos

Indicador	Valor
Valor actualizado neto (VAN) ($)	28 603,34
Tasa de retorno de la inversión (TIR) (%)	49,41
Tiempo de recuperación de la inversión sin descuento (años)	3,45
Tiempo de recuperación de la inversión con descuento (años)	3,87

El cálculo para la recuperación de la inversión tiene como base que se recupera la inversión con las ganancias obtenidas a partir del ahorro de miel, agua en el proceso de obtención de etanol y las pérdidas de etanol al ambiente, considerando que se eliminaron por concepto de garantizar la temperatura adecuada en el fermentador.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de este análisis ha permitido realizar el estudio del caso real de la destilería “Jesús Rabí”.
2. Con la simulación realizada en Excel, fue posible simular satisfactoriamente el proceso de obtención de etanol en la destilería y evaluar distintas variantes tecnológicas.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de factibilidad de las alternativas más promisorias para valorar la posibilidad de su implementación en la destilería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garrido, N. (2004). “SIDEL: Sistema de diseño y simulación de destilerías”. VIII Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña, DIVERSIFICACIÓN 2004. Hotel Habana Libre Trip.

2. Garrido, N. (2008). Producción de Alcohol (Fermentación). Seminario Científico. ICIDCA.

3. Formaggio y Finguerut (1990) "Uso y Reuso de Agua en la Industria Suroalcoholera", Brasilia, 2009 .

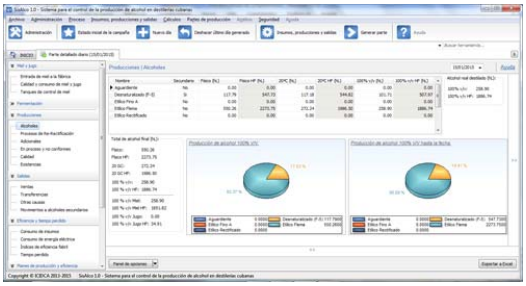
4. Jiménez, O. (1991). "El ahorro de energía en el proceso de producción de alcohol por vía fermentativa." Folleto CNCA.

5. Saura, G., F. Domenech, et al. (2006). Desarrollo del programa integrado de producción de alcohol en la industria azucarera. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Cuba: Informe Final de Proyecto, Departamento de Alcohol.

EXPERIENCIAS EN LA IMPLANTACIÓN DEL SOFTWARE SISALCO PARA EL CONTROL DE LA CONTABILIDAD ALCOHOLERA EN CUBA

EXPERIENCES ON SISALCO SOFTWARE INSTALLATION FOR CONTROLLING THE ALCOHOL ACCOUNTING IN CUBA

Arnaldo Díaz Molina arnaldo.diaz@icidca.azcuba.cu
Mauricio Ribas García mauricio.ribas@icidca.azcuba.cu
Gustavo Saura Laria gustavo.saura@icidca.azcuba.cu
Roberto Estévez Báez roberto.estevez@icidca.azcuba.cu



RESUMEN

SISALCO es un software diseñado para garantizar la eficiencia y confiabilidad del proceso de contabilidad de alcohol en destilerías. Surge debido a la necesidad de estandarizar los cálculos y procedimientos empleados por todas las destilerías cubanas. Implementa todos los cálculos publicados en el Manual de cálculo para el control de la producción de alcohol[1], y garantiza la consistencia y seguridad de los datos almacenados durante las campañas productivas. Con este sistema, se cuenta a nivel nacional con un producto actualizado que ayuda y obliga a los tecnólogos y jefes de laboratorio de las destilerías a conformar partes de producción confiables. Con este sistema, la obtención de los indicadores de eficiencia, de producción y consumos es muy rápida y se facilita el estudio del proceso para la toma de decisiones oportuna. En este trabajo se publican las principales prestaciones del software y las primeras experiencias adquiridas durante su generalización en Cuba.

Palabras clave: destilería, alcohol, control, producción, software.

ABSTRACT

SISALCO is a software designed for guarantying the efficiency and confidence of the alcohol production process in distilleries. It was created due to the standardization necessity of the calculus and proceedings used in all Cuban distilleries. It implements all the calculus published in the Manual for the calculus and control of alcohol production[1], and guarantees the consistency and security of stored data during productive campaigns. With this system, obtaining of efficiency, production and consumption indices is faster and the process study for making on time decisions is facilitated too. In this paper have been published the main tools of the software and the first experiences acquired during its generalization in Cuba.

Keywords: distillery, alcohol, control, production, software.

INTRODUCCIÓN

La producción de alcohol es una de las actividades económicas más importantes del país. El control estricto de esta actividad y la generación confiable de partes productivos se ha convertido por lo tanto en una prioridad para el grupo empresarial azucarero AZCUBA. Sin embargo, a pesar de haberse realizado múltiples esfuerzos para la estandarización de la contabilidad alcoholera en Cuba, la no existencia de una herramienta automatizada ha imposibilitado que esta tarea se cumpla. Como consecuencia, persisten aún en nuestras destilerías soluciones propias, escasamente validadas y de mantenimiento incierto. Esto trae como consecuencia que los partes de producción que se le entregan a AZCUBA no tengan la seguridad que una

actividad de este tipo merece. El software IPlusDerivados, de la empresa DATAZUCAR, permite que los tecnólogos envíen el resumen del día productivo diariamente, pero los números resultantes de la contabilidad son calculados por el método en particular de cada destilería, por lo que este software cumple otro objetivo y no resuelve el problema planteado en este artículo.

El manual de cálculo para el control de la producción del alcohol, escrito por especialistas del ICIDCA y destilerías seleccionadas, sintetiza toda la metodología necesaria para realizar una contabilidad alcoholera confiable. Sin embargo, varios intercambios con los tecnólogos de las destilerías han puesto de manifiesto la necesidad de automatizar estas metodologías. El objetivo fundamental es que todas las destilerías realicen su contabilidad igual, lo cual potenciaría la seguridad y consistencia de los datos que reciben los directivos, y facilitaría los estudios comparativos entre destilerías. El software SISALCO, desarrollado por el Departamento de Análisis de Procesos del ICIDCA, automatiza todos los cálculos del manual referido e incluye todas las variantes de producción de nuestras destilerías para garantizar un alto grado de personalización. La ventaja de este sistema con respecto al manual tradicional en formato duro, es que permite de una manera fácil controlar las transacciones diarias del control de miel, jugo, sala de fermentación, producciones, calidad de las producciones, ventas o transferencias de alcohol, de miel u otras producciones derivadas, índices de eficiencia, tiempo perdido, y planes de producción.

Con este sistema, el tecnólogo solo tiene que escribir unos pocos datos para generar el parte de producción. Durante la creación de dicho parte, el sistema realiza una compilación del día productivo e identifica los errores cometidos, impidiendo continuar si existiera alguno. Gracias a sus prestaciones, el tecnólogo no tiene que intervenir en ningún cálculo, por lo que los números generados son realmente confiables y permite que el especialista se concentre únicamente en el estudio del proceso para identificar posibles anomalías y tomar decisiones más oportunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte del proceso de generalización, se instalaron prototipos de la aplicación en las destilerías Melanio Hernández y Jesús Rabí. Se tomaron además todos los datos de las campañas productivas de Heriberto Duquesne desde el año 2013 en lo adelante, que son los más actualizados. Durante la instalación se realizaron sesiones de trabajo para discutir con los especialistas los requisitos funcionales del sistema. Surgieron varias diferencias significativas en la metodología de trabajo empleada por cada destilería, lo cual tiene que resolverse. Ha quedado claro que el diseño de cada destilería es indendiente, es decir, cada una tiene distintos fermentadores, columnas destiladoras, tanques de control de miel y métodos de medición. Todas estas variaciones han sido incluidas en el software y son opciones de fácil configuración. Sin embargo, el momento en que se declara la producción como final, la discriminación entre alcohol en proceso y alcohol en almacén, el cálculo de los indicadores de eficiencia, el cumplimiento de los planes de producción, el registro de los procesos de re-rectificación y la forma en que se declaran los alcoholes de baja calidad como los de cabezas y colas; son datos que todas las destilerías cubanas deben controlar de forma estándar, y es lo que se persigue con la generalización de este sistema.

Algunos de los problemas identificados e informados a los tecnólogos del ICIDCA y de AZCUBA son: 1-) Declaración de los alcoholes de cabezas y colas como alcohol Etílico Flema para cumplir con el plan de producción del Flema; 2-) Diferencias en la actualización de las producciones hasta la fecha cuando se realiza el reproceso del alcohol; 3-) Declaración de producción final cuando el alcohol está aún en los tanques de proceso y no ha sido trasladado al almacén; 4-) Contabilidad de los fondajes de alcohol como alcohol final el primer día de producción aún cuando ese alcohol no ha sido enviado al almacén; 5-) Mal manejo de los equipos de medición de miel y omisión de algunos parámetros establecidos por el fabricante en el cálculo del peso de la miel en toneladas.

Los problemas antes mencionados son bastante serios, por ejemplo, un fondaje de alcohol en un tanque de control, según los especialistas puede contener entre 2000 y 3000 litros de alcohol que se consideran como alcohol final y nunca ha pasado al almacén, por lo que no puede venderse. Por otro lado, en el caso del PNeumakator Americano para medir el peso de la miel en los tanques de control, hay que considerar un factor de temperatura que oscila entre 16 y 37 grados Celsius con factores de conversión entre 0.999928 y 0.995526 respectivamente. La ecuación para realizar la conversión de la lectura del PNeumakator a kilogramos de miel es la siguiente:

$$L * F * A * 0.45359 = Kg\ de\ miel$$

Donde, L=lectura (pie cuadrado), F=factor de temperatura, A=Área del tanque (pie cuadrado)

En varias destilerías sin embargo han ignorado el factor de temperatura, aproximándolo a uno en todos los casos. Como resultado, una lectura en un tanque de control relativamente lleno puede dar una diferencia de 0.5 toneladas. Entonces, si la destilería tiene dos tanques de control de miel, y trabaja como promedio 200 días al año, hay una diferencia de miel de 200 toneladas que no pueden justificarse.

En este sentido, se realizó en la destilería Melanio Hernández una reunión en donde participaron los especialistas de todas las destilerías cubanas. En esta reunión se discutió el tema de los planes de los índices de consumo y las diferencias antes mencionadas encontradas durante la instalación del sistema. Se plantearon las propuestas implementadas, en la que el alcohol se considera como alcohol final solo cuando va al almacén, y mientras no ha llegado se considera como alcohol en proceso. De esta forma, se calcula la producción real del día, utilizada en el cálculo de los indicadores de eficiencia y del cumplimiento de la norma diaria de producción; y la producción final cuando va al almacén; que se utiliza para calcular el cumplimiento de los planes de producción anuales por producto. Las cabezas y las colas son consideradas alcoholes en proceso hasta que se reprocesan, se destinan al alcohol desnaturalizado o se le da salida por otra causa. Los fondajes de alcohol en los tanques de control también son alcoholes en proceso y solo se les considera como producción real del día el primer día de producción, siendo restados los siguientes días. El factor de temperatura se infiere automáticamente dada la especificación de la temperatura registrada por el PNeumakator, según las especificaciones del fabricante.

No es un proceso fácil convencer a los tecnólogos de estas implementaciones, pues cambia su esquema de trabajo. No obstante, han reconocido la importancia de unificar esfuerzos para estandarizar la contabilidad alcoholera en Cuba. Entre las destilerías priorizadas se encuentra Jesús Rabí, pues realizaba el parte de producción manualmente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La industria alcoholera cubana requiere de una solución que abarque desde la destilería hasta los tecnólogos que estudian y controlan los principales índices de eficiencia en el grupo empresarial. En este sentido ha sido diseñado el sistema SisAlco. Para el jefe de laboratorio de la destilería, se ha implementado el sistema para el cálculo y generación de los partes de producción, donde se controlan además todos los indicadores del proceso de producción, incluyendo consumo de insumos, producciones diarias por surtido, calidad de producciones, caracterización de la miel y el jugo, indicadores de eficiencia, procesos de re-rectificación, ventas, transferencias, baticiones en fermentadores, pérdidas en fermentación, producciones derivadas de la producción de alcohol como la Levadura, consumo de energía eléctrica, tiempo perdido, y planes de producción. Toda esta información debe llegar de forma segura a los tecnólogos de niveles superiores. El software IPlus Derivados resuelve en parte este problema, pero, envía muy poca información. Debido a esto, no es posible hacer un estudio profundo de las destilerías si se identifica un problema. Lo que se pretende con el SISALCO es que el directivo pueda navegar por los indicadores generales de cada destilería, y si

detecta un problema, profundice en la información y pueda llegar a los detalles del proceso productivo, que puede incluir las caracterizaciones de la miel y el jugo, e incluso el desempeño de los fermentadores. Para ello, se está diseñando una base de datos central con la granularidad requerida, de forma tal que puedan aplicarse luego herramientas para el apoyo real a la toma de decisiones. También se están implementando herramientas de análisis estadísticos y análisis exploratorio de datos que le permitan a los tecnólogos identificar patrones recurrentes durante las campañas productivas. Con todo este conjunto de soluciones, los especialistas contarán con una herramienta nacional que les permitirá controlar y estudiar el proceso de producción de manera confiable en los niveles de control requeridos, lo cual resuelve realmente el problema planteado por AZCUBA.

CONCLUSIONES

Constituye una necesidad para las destilerías cubanas la instalación de un sistema de control como el SISALCO. La primera etapa de desarrollo es un paso de avance importante, pues se dispone de una aplicación actualizada que homogeniza la contabilidad alcoholera en todas las destilerías del país. La automatización de todos los cálculos para generar el parte de producción diario evita que se cometan errores y complementa el trabajo realizado por los autores del Manual de cálculo para el control de la producción de alcohol. El estudio de este manual y el empleo de esta plataforma, garantizan que la información generada en los procesos de producción de alcohol sea segura y consistente, lo que posibilitará realizar estudios estadísticos confiables y aplicar herramientas para el descubrimiento de patrones que faciliten la toma de decisiones a nivel de destilería y del grupo azucarero AZCUBA.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la generalización del sistema en las destilerías cubanas.
2. Incorporar nuevas herramientas para el estudio estadístico y el descubrimiento de patrones recurrentes sobre el proceso productivo, en aras de facilitar la toma de decisiones oportunas.

REFERENCIAS

1. Cuellar, H; Rodríguez, J; Estévez, R; Saura, G; Garit, C; de la Guarda, M. Manual de cálculo para el control de la producción del alcohol. ISBN: 978-959-7165-34-7. ICIDCA.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA E ÍNDICES DE CONSUMO DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL EN DESTILERÍAS.

EFFICIENCY ASSESSMENT METHODOLOGY AND INDICES OF CONSUMER OF PRODUCTION OF ALCOHOL IN DISTILLERIES.

Autores: Ing. Gustavo Saura Laria; Ing. Roberto Estévez Báez.
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar ICIDCA
Vía Blanca 804 y Carretera Central, S M. del Padrón, Habana, Cuba
gustavo.saura@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
En el presente documento se expone de manera sintética, pero comprensible, el análisis y evaluación de los índices de consumo fundamentales para las destilerías. Para la ejemplificación de la metodología fue seleccionada como modelo una destilería típica del sistema AZCUBA.
La predicción de indicadores globales en cualquier proceso productivo es una tarea altamente compleja y en rigor solo puede ser descrita en términos probabilísticos, ya que resulta imposible llegar a establecer un dictamen con certeza total; sin embargo es imprescindible para la planificación. Esta metodología, aún en desarrollo y perfeccionamiento, encierra o comprende distintos acercamientos o enfoques al tema, como son la utilización de las técnicas estadísticas y análisis de procesos.
Palabras clave: alcohol, eficiencia.

ABSTRACT
In this paper is exposed in a synthetic, but comprehensible manner, the analysis and evaluation of the main input indexes for distilleries. In an effort to demonstrate the methodology, a typical AZCUBA system´s distillery was selected as a model.
The prediction of global indicators in any productive process is a highly complex task and it can be strictly described just by means of probabilistic terms, since it is impossible to establish a verdict with a whole certainty; however it is indispensable for planning. This methodology, still in development and improvement, contains different approaches or focuses to the topic, like the use of the statistical techniques and process analysis.
Key words: Alcohol, efficiency

INTRODUCCIÓN

En la actualidad este procedimiento puede permitir el análisis y la evaluación de los siguientes indicadores y de sus eficiencias asociadas:

- **Índice de Capacidades**
- Índice de Caña y Jugos
- Índice de Nutrientes
- Índice de Agua de proceso y enfriamiento
- **Índice de Mieles**
- **Índice de Combustible**
- Índice de Ácido

Debido a que desde el punto de vista del costo de la producción de alcohol, el consumo de miel y el de combustible representan mayoritariamente más del 75 % del costo total, éstos son los que con mayor rigor se requieren evaluar y se necesitan planificar. Sobre ellos reseñamos los aspectos metodológicos más relevantes.
El análisis esta soportado por las siguientes valoraciones:

1. **Análisis Estadístico.**
   - Estadística aplicada a los estudios de características de las mieles finales de caña

- Análisis de mieles recibidas por la destilería entre 1-3 años anteriores al analizado.
- Estadística del comportamiento de los indicadores de insumo y eficiencias.
- Estadística de producción por tipo de alcoholes, de los tiempos perdidos y de las capacidades productivas efectivas

2. Análisis Técnico.-

• Balance de materiales y energía..
• Análisis de los tipos de destilados producidos y a los sistemas específico de destilación.
• Análisis de la sala de fermentación de la destilería.
• Análisis teórico para establecer las eficiencias o potencialidades máximas límites acorde a la materia prima empleada y los índices que esto implica.
• Estimado energético de la combustión para la generación de vapor, se estiman los gastos del mismo acorde a la estructura de calidades de los alcoholes.

3. Análisis Empírico y Experiencia.-

• Comportamiento productivo del pasado inmediato y mediato de la planta.
• Factores exógenos y endógenos que influyen sobre la capacidad y eficiencia del proceso y la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de los indicadores de eficiencia

- **Índices de miel.-**

Se planifican como mieles físicas normalmente expresadas como kg/hl. Pueden ser mieles finales o “C” o mieles intermedias de segunda extracción o “B u otra fuente de carbono a emplear.
El procedimiento consiste en realizar el análisis sobre la base de un contenido de reductores fermentables en miel (52%RF) y posteriormente este se convierte a física acorde al pronóstico del contenido real del %RF en la miel promedio anual futura, lo cual debe estimarse por el historial reciente del comportamiento de éstas provenientes de los tributarios usuales y de sus condiciones de conservación o almacenamiento.
Se calculan los llamados Índices Potenciales de Referencia, que representan la máxima eficiencia lograble posible, y los Índices Estimados que toman en cuenta las eficiencias tecnológicas logrables.
Matemáticamente los Índices Potenciales son función de la Eficiencia o Rendimiento Potencial de la Miel (determinado por Test de Fermentación Alcohólica), la Recuperación General de Etanol (determinado evaluando las pérdidas), el Tiempo Perdido Operacional planificado y finalmente la estructura de Calidades de Alcoholes Planificada.
Por su parte también matemáticamente los Índices Estimados son función directa de la Eficiencia General o Global de la destilería y ésta a su vez lo es de la Eficiencia Real de Fermentación o Síntesis de Etanol y de la de Recuperación, que se estiman mediante un análisis técnico de las posibles pérdidas y de la conversión de azúcar a alcohol en los corbatos.
Matemáticamente se cumple que la Eficiencia General o Global es numéricamente igual al producto de la Eficiencia Real de Fermentación o de Síntesis de Alcohol y de la Eficiencia de Recuperación.

- **Índice de combustible.-**

Se desarrolla mediante la estimación del Calor de Combustión del combustible en cuestión, la Eficiencia de Generación de las calderas, los consumos de vapor por tipo de destilado y finalmente estableciendo rangos de comportamiento para las Eficiencias Térmicas y los Índices de Generación de Vapor. Se expresa como kg fuel físico por hl de alcohol puro. (kg/hl)

- **Indicadores de Capacidades.-**

Características y estado de sus sistemas de destilación.
Capacidades por tipo de alcohol.
Características de los equipos tecnológicos fundamentales y de sus capacidades.
Los resultados de la valoración de estos índices generan un:

Dictamen y Conclusiones.-
Los pronósticos o estimados se brindan para un valor central con un intervalo de confianza al 95% de probabilidad.
Se comparan con los indicadores propuestos o los ya instruidos y se califican como Concordantes o No Concordantes.
En caso de no concordancia se establece la condición que se requiere para que sí lo sea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ejemplo de aplicación de la metodología para una destilería A hipotética. la Metodología para una destilería A

Plan Año

Alcohol hl	Fino hl		Rectificado hl		Flema hl			Aguardiente hl		Desnat hl
100º	**100º**	**Físico**	**100º**	**Físico**	**100º**	**Físico**	**Insum F-5 100º**	**100º**	**Físico**	**Físico**
100898	11412	12000	52074	55000	32310	35150	12021	5102	6819	13000

Análisis de Capacidades y Tiempos.-

- Capacidad Nominal Total: 500 hl/d
- Capacidad Operacional Total: 450 hl/d
- Aprovechamiento de Capacidad o Efectividad Operacional: 90%
- Tiempo Efectivo de Operación: 224 d
- Tiempo de Trabajo Estimado: 240 d (incluye16 días adicionales por requerimientos tecnológicos, 2/28 días)

Estructura de Calidades.-

Total	**Fino**	**Rectificado**	**Fino+Rectificado**	**Flema Total**	**Flema p/F-5**	**Aguardiente**
%	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
100	11.3	51.6	62.9	32	11.9	5.1

F5/Flema	**Cabezas+Colas**	**Ca+Co/Flema p/F-5**	**Flema T-Flema pF-5**	**Flema p/Otros/FlemaT**
%	%	%	%	%
34,2	7,3	61,2	20,1	62.8

Análisis de Capacidades y Tiempos.-

1. Alcohol Fino: Concordante con capacidad instalada
2. Alcohol Rectificado: Concordante con capacidad instalada
3. Alcohol Flema: Concordante con capacidad, pero requiere distinguir Flema para desnaturalizar (requiere tan solo grado), del flema para comercializar para otros fines y con especificaciones adicionales.

Dado el estimado de Cabezas+Colas para uso de Alcohol Desnaturalizado (F-5), cabe no esperar necesidad del reproceso de aquellas.
Nota.- Flema Total - Flema p/F-5 = Flema p/Otros

Análisis de Índices de Miel.-

Valor esperado RF en Miel **Año**: 53 % (Información de la destilería)

Valores Potenciales de Indicadores

Miel Física	**Miel52%RF**	**RF**	**Ef.Ferm.**	**EfRec**	**EfDest**	**EfGeneral**
kg/hl	kg/hl	kg/hl	%	%	%	%
378	385	200	81.2	96	98.4	77.2

Valores Estimados o Pronosticados

Miel Física	**Miel52%RF**	**RF**	**Ef.Ferm.**	**EfRec**	**EfDest**	**EfGeneral**
kg/hl	kg/hl	kg/hl	%	%	%	%
391 ± 8	399 ± 8	207 ± 4	78.4 ± 1.6	95	97	74.5 ± 1.4

Dado que el valor propuesto en el plan como índice de miel física se encuentra dentro del rango estimado o pronosticado, se considera que hay **CONCORDANCIA** con el posible de alcanzar por la destilería.

Combustible (Fuel-Oil).-
Indicadores estimados y valoración

Vap. Gen.Teor.	**Vap. Req.Teor.**	**Eff. Gen. Req**	**Ind. Gen. Req**	**Valoración**	**Valoración**
kg/hl	kg/hl	%	g/kg	Ind. fuel	Eff. Gener.
461	337	73	92	suficiente	suficiente

La eficiencia de generación de vapor requerida se encuentra entre 70 - 80 % de eficiencia térmica y el índice de consumo de combustible por vapor requerido se halla entre 77 – 100 g/kg, se considera que hay **CONCORDANCIA** entre el indicador planificado y el estimado o valorado.

Dictamen y Conclusiones.-
Para ninguno de los indicadores evaluados se ha hallado no concordancia con lo estimado o pronosticado.
Aparentemente no parece que sea necesario reprocesar cabezas y colas, ya que éstas pueden destinarse junto a cierta cantidad de Flema para elaborar F-5.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos, permiten con un alto nivel de certeza, pronosticar los indicadores productivos de las fábricas de alcohol.
2. Esta metodología permitió evaluar las 10 destilerías de sistema AZCUBA en la campaña 2015, con resultados satisfactorios**.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Consumo Específico de Insumos en Destilerías (CEI).Aplicación Computacional en dBase (FOXBase)
2. Metodología para la planificación y el control de la producción de alcohol. Minaz 1990

ALIMENTO ANIMAL

USO DE DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA ELEVAR LA PRODUCCIÓN DE FITASA FÚNGICAS EN UN MEDIO DE CULTIVO A BASE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE TRITICALE

OPTIMIZATION A CULTURE MEDIUM FOR PRODUCTION PHYTASE BY FERMENTATION IN SOLID MEDIUM USING AGROINDUSTRIAL RESIDUES OF TRITICALE AS SUBSTRATE

A. A. Neira Vielma[a], C. N. Aguilar González[a] A. Iliná[b], M. Carneiro-da-Cunha[c]; A.J. Lozano del Rio[d], G. Michelena[e], J.L. Martínez Hernández[a]*

[a]*Departamento de Investigación en Alimentos, Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza S/N. Col. República, CP 25280, Saltillo, Coahuila, México.*
[b] *Cuerpo Académico de Nanobiociencias. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza S/N. Col. República, CP 25280, Saltillo, Coahuila, México.*
[c] *Departamento de Bioquímica, Universidad Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Prof. Moraes Rego s/n, CEP 50.670-420, Recife, PE, Brasil*
[d] *Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Domicilio conocido. Buena vista 25315. Saltillo Coahuila.*
[e] *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca #804 y Carretera Central. Zona postal 10, código 11 000. San Miguel del Padrón Ciudad de La Habana*
**Corresponding author: +52 844 4161238. +52 844 4159534*
Email: jose-martinez@uadec.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se estudió la producción de fitasa en residuos de triticale, producida por fermentación en estado sólido (SSF), utilizando un *Aspergillus niger*. Dicho proceso en un medio sin aditivos, solamente suplementado con una fuente de nitrógeno, produjo 5,6 U / g Ss de actividad fitasa. El proceso suplementado mediante la adición de dextrosa, lactosa, tween 80, fosfato de potasio, cloruro de potasio y $EDTA^{+}$, logró aumentar la producción de fitasa a un máximo de 12,52 U / g Ss. Este estudio se llevó acabo utilizando un diseño experimental exploratorio Plackett-Burman (PBD); el cual se utilizó para evaluar el efecto de siete variables relacionadas con la producción de la enzima de interés, así como su nivel de significación sobre el proceso. Con lo anterior se logró demostrar la eficiencia del uso del triticale como sustrato para la producción de fitasas, así como los beneficios que aporta el uso de diseños experimentales.

Palabras claves: *fitasa, fermentación en estado sólido, residuos agroindustriales, triticale*

ABSTRACT

In work this was studied the production of phytase on triticale of waste, by solid-state fermentation (SSF), using an *Aspergillus niger*. The process in a medium without additives, only supplemented with a nitrogen source, produced 5.6 U / g Ss of activity phytase. The process supplemented by addition of dextrose, lactose, tween 80, potassium phosphate, potassium chloride and $EDTA^{+}$. With the use of these additives, it came about a maximum of enzyme of 12.52 U / g Ss. This study carried out using an exploratory experimental design Plackett-Burman (PBD); which it used to evaluate the effect of seven variables related to the production of the enzyme of interest and its level of significance of the process. With the above, it was possible to demonstrate the efficiency of the use of triticale substrate for the production of phytase, as well as the benefits of using experimental designs.

Key words*: phytase, solid-state fermentation, agroindustrial waste, triticale*

INTRODUCCIÓN

La materia prima de origen vegetal, principalmente leguminosas y granos de cereal, contienen ácido fítico (AF), que es uno de los principales factores anti-nutricionales que afectan el metabolismo de los rumiantes [1].

Este compuesto es un ácido orgánico que comprende una molécula de mioinositol y seis moléculas de fosfato, el cual tiene la capacidad de formar enlaces iónicos altamente estables con minerales lo cual provoca la formación de compuestos de alto peso molecular, principalmente de quelatos insolubles que no pueden ser absorbidos por el organismo [2]. Debido a lo perjudicial que es el AF, en los últimos años se han buscado alternativas para reducir su cantidad en los alimentos dirigidos a monogastricos, de entre los cuales destaca el uso de la enzima fitasa.

Las fitasas son enzimas hidrolíticas de tipo fosfatasas, y son las responsables de catalizar la hidrólisis de los enlaces fosfomonoéster (sales mio-inositol hexakisfosfato) o fosfato de 6-hexakisdihidrógeno myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, (ácido fítico) [3,4]. Su principal aplicación es en la industria de la alimentación animal, en los que utiliza como suplemento en la alimentación de animales no rumiantes. Tales como cerdos, pollos y pavos principalmente. (Bhushan, & Banerjee, 2009). Cuando se utiliza como un suplemento, se ha demostrado que es capaz de reducir considerablemente el fosforo inorgánico excretado en el estiércol, aproximadamente en un 33%. Lo que asegura minimizar la contaminación ambiental proveniente de este sector y favorecer la nutrición del animal que lo consume [7,8].

Esta enzima, que es producida principalmente por fermentación en medio sólido (FMS) debido a que se han reportado rendimientos más elevados y menores riesgos de contaminación del medio [1]. Para su producción se utilizan diversos microrganismos, entre los que destacan los hongos filamentosos. Esto por la facilidad para desarrollarse casi sobre cualquier sustrato y por su maquinaria enzimática altamente desarrollada, capases de producir una gran cantidad de metabolitos de alto interés industrial [9], entre ellos la enzima de interés. Y como sustrato se han probado diversos residuos agroindustriales los cuales demostraron tener las características necesarias para su desarrollo adecuado. Triticale es un híbrido de trigo y centeno. Este ha sido propuesta como un cereal alternativa en la alimentación de los animales debido a su potencial combinación de características de alimentación de trigo y resistencia al invierno el centeno y la resistencia a las enfermedades [10]. El cual ha sido poco estudiado como una fuente de sustrato para su aplicación en los sistemas de producción biotecnológicas. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo la mejora de un medio a base de residuos de triticale, utilizando diseños experimentales que permitan determinar de los suplementos a adicionar cuáles de ellos tiene una incidencia significativa sobre el proceso de producción de la enzima de interés.

METODOLOGÍA

Preparación del inoculo

La cepa pertenece actualmente al Departamento de Investigación en Alimentos la cual fue aislada del semidesierto de Coahuila, México. Antes de los experimentos esta fue cultivada en agar de dextrosa y patata (ADP). Se recolectaron las esporas de 7 días de crecimiento, con una solución de 0,1% de Tween 80 en agua destilada. Estos son la activación caldo de inóculo a una tasa de $3,5 \times 10^5$ esporas / mL [1]. Estos se incubaron en agitación a 180 rpm / 28 ± 1 ° C / 36 horas.

Condiciones de fermentación

Se colocaron 5 g de sustrato pre-tratado en una placa de Petri. Estos suplementado con 3 mL de solución de NH_4NO_3 que contenían 1,8 g de N_2 / 100 mL de agua destilada, esto para ajustar la humedad a 60% [9]. El sustrato se inoculó con 0,5 mL / g Ss de Pellets de *Aspergillus niger*, y fue completamente homogeneizada. El experimento se incubo a 28 ± 1 ° C durante 5 días. Todos los experimentos llevaron a cabo por triplicado. Por lo tanto, en la presente memoria los promedios de los experimentos mostrados.

Los métodos para determinaciones analíticas

La actividad fitasa se determinó a partir de los extractos de cultivo (FMS). La enzima bruta como extrae de la muestra con una solución de Tween-80 0,1%. En agitación, durante una hora. La suspensión se centrífuga (10.000 g, 10 min) y el sobrenadante se almacenó a 4 ºC hasta que se realizaron los ensayos [11].

Actividad fitasa se determina midiendo el fósforo inorgánico liberados de la solución de fitato de sodio utilizando el método descrito por Harland y Harland (1980). La mezcla de reacción consistía en 1 ml de 0,1 M $MgSO_4$ * $7H_2O$, 2,4 ml 6,82 mM de ácido fítico y 0,6 ml de solución de enzima en bruto diluido apropiadamente. Las reacciones se incubaron a cabo a 55 ° C durante 60 min, y se detuvieron mediante la adición de 0,5 ml de ácido tricloroacético al 10%. A continuación se añade reactivo Taussky-Schorr. El contenido se mezcló y se dejó reaccionar durante 30 min. La absorbancia se leyó a 660 nm.

Diseño Plackett-Burman (PBD)

Basado en la literatura, se seleccionaron siete variables que representan un efecto sobre el proceso de producción de la enzima fitasa de acuerdo con varios autores. Se trabajaron dos valores un máximo y un mínimo de acuerdo con la literatura (tabla 1). La FMS realiza bajo las condiciones descritas anteriormente. El nivel de significación de cada una de las variables determinadas por la prueba t-student.

Tabla 1. *Rango de trabajo de las variables independientes*

Codigo	**Variable**	**Nivel**	
		+	-
A	Dextrosa %(p/p)	8	0.8
B	Lactosa %(p/p)	8	0.8
C	Tween 80 % (v/p)	0.6	0.3
D	KCl mg/g Ss	0.5	0.25
E	K2PO4 mg/g Ss	1	0.5
F	EDTA mg/g Ss	1	0.5
G	Ac. Fosfórico mL/kg Ss	2	1

Tabla 2. *Matriz experimental PBD y respuesta en actividad enzimática*

Experimento	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	$\bar{X}$ **act. Fitasa U/g Ss**
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	12.5
8	1	1	1	1	1	1	1	11.37
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	8.43
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	7.54
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	8.6
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	8.1
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	10.35
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	12.13

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Triticale en un medio basal produce 5.6 U / g Ss, de enzima fitasa en FMS en el quinto día. Debido a que el Triticale es un sustrato, económica y de poco uso comercial. Por lo tanto seleccionado para los experimentos de mejora como medio de fermentación. El triticale al ser complementado con los aditivos, mostro tener gran potencial para la producción de la enzima de interés aumentando su producción más del 50 % con respecto al medio basal (tabla 2). Donde se aprecia una amplia variación en la actividad desde 8,1 a 12,50 U / g Ss. Esta variación es un signo de la importancia de la suplementación del medio para alcanzar una mayor productividad. El la regresión simple que se realizó así como la determinación la prueba t-student se muestra en la tabla 3 para el diseño de experimento, la cual mostró que las variables, todas las variables incluidas en el proceso tienen incidencia significativa a excepción de G

Tabla 3 Resultados de la regresión PBD.
Coeficiente de determinación, r2=0.90

Codigo	Coeficiente	*t*-value	*P*-value
Intercepta	8.97	55.14	0.0000
A	0.775	4.769	0.0002
B	-0.800	-4.922	0.0002
C	0.830	5.107	0.0001
D	-1.002	-6.162	0.0000
E	0.650	4.003	0.0010
F	0.669	4.113	0.0008
G	0.295	1.818	0.0878

CONCLUSIÓN

El uso de residuos de Triticale como sustrato para la producción de enzima fitasa por FMS, mostro ser un sustrato con alto potencial debido a los buenos resultados que dio su mejora en las condiciones del medio. Con esto da un paso importante para plantear un trabajo a futuro en la optimización de un medio de fermentación a base de este sustrato así como su posible escalado del proceso para analizar la rentabilidad del mismo en cuanto a costo-producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Costa M, Torres M, Magariños H, Reyes A. Production and partial purification of Aspergillus ficuum hydrolytic enzymes in solid state fermentation of agroindustrial residues. *Rev Colomb Biotecnol*. 2010;XII(2):163-175.
2. Villarroel F. Level Pre-production pilot Aspergillus ficuum phytase enzyme, fermentation Systems Using Liquid State and Solid. 2009.
3. Albarracín M, González RJ, Drago SR. Effect of soaking process on nutrient bio-accessibility and phytic acid content of brown rice cultivar. *LWT - Food Sci Technol*. 2013;53(1):76-80. doi:10.1016/j.lwt.2013.01.029.
4. Saad N, Esa NM, Ithnin H, Shafie NH. Optimization of optimum condition for phytic acid extraction from rice bran. *African J Plant Sci*. 2011;5(March):168-175.
5. Fei B, Xu H, Zhang F, et al. Relationship between Escherichia coli AppA phytase's thermostability and salt bridges. *J Biosci Bioeng*. 2013;115(6):623-627. doi:10.1016/j.jbiosc.2012.12.010.
6. Vats P, Bhushan B, Banerjee UC. Studies on the dephosphorylation of phytic acid in livestock feed using phytase from Aspergillus niger van Teighem. *Bioresour Technol*. 2009;100(1):287-291. doi:10.1016/j.biortech.2008.06.021.
7. Haefner S, Knietsch A, Scholten E, Braun J, Lohscheidt M, Zelder O. Biotechnological production and applications of phytases. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2005;68(5):588-597. doi:10.1007/s00253-005-0005-y.
8. Selle PH, Cowieson AJ, Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livest Sci*. 2009;124(1-3):126-141. doi:10.1016/j.livsci.2009.01.006.
9. Bogar B, Szakacs G, Linden JC, Pandey A, Tengerdy RP. Optimization of phytase production by solid substrate fermentation. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2003;30(3):183-189. doi:10.1007/s10295-003-0027-3.
10. Jondreville C, Genthon C, Bouguennec a, Carre B, Nys Y. Characterisation of European varieties of triticale with special emphasis on the ability of plant phytase to improve phytate phosphorus availability to chickens. *Br Poult Sci*. 2007;48(6):678-689. doi:10.1080/00071660701691292.
11. Mittal A, Singh G, Goyal V, Anita Y, Aggarwal NK. Optimization of medium components for phytase production on orange peel flour by Klebsiella sp. DB3 using response surface methodology. *Inov Romnian Food Biotechnol*. 2011;9:35-44.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD DE AGUA SOBRE LA VIABILIDAD Y ESTABILIDAD DE FORMULACIONES DE UN ADITIVO PROBIÓTICO

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ACTIVITY OF WATER ON VIABILITY AND STABILITY OF A PROBIOTIC ADDITIVE FORMULATIONS

Ing. Dervis Jorge Febles Remón[1] *, Ing. YorleyNegrín Bandera[1], Dr. Fidel Domenech López[2].
1. Facultad de ingeniería Química del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE. Calle 114, No. 11901, entre Ciclovía y Rotonda. Marianao. Habana. Cuba.
2. Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA
e-mail: dfebles@quimica.cujae.edu.cu, fidel.domenech@icidca.edu.cu

RESUMEN
El PROBICID® seco, producido en la planta Cuba10 del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), se obtiene mediante un proceso en el que se pierde casi el total de la viabilidad celular en la operación de secado por aspersión. Con el objetivo de eliminar esta etapa y minimizar las pérdidas, en el estudio se obtuvieron formulaciones de un preparado probiótico utilizando represores químicos de la actividad de agua, con la aplicación de un diseño de experimentos 3^2. Se determinaron las isotermas de adsorción de los formulados, a partir del ajuste de modelos a los datos experimentales. Se analizó la influencia de la actividad de agua de los formulados sobre las variables dependientes viabilidad y estabilidad, obteniéndose que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el valor que toman las variables respuesta para los niveles del factor analizado.
Palabras claves: PROBICID®, probiótico, actividad de agua, viabilidad, estabilidad

ABSTRACT
Dry PROBICID® produced in Cuba10 the Cuban Institute of Derivatives Research Cane Sugar (ICIDCA) plant is obtained by a process in which lost almost all of cell viability in the drying operation spray. In order to eliminate this stage and minimize losses, the study of a probiótico formulations prepared using chemical repressors water activity, with the application of a design of experiments 3^2were obtained adsorption isotherms were determined formulated, from fitting models to experimental data. The influence of water activity of the formulations on viability and stability dependent variables analyzed, yielding no statistically significant difference between the value taken by the response variables analyzed for levels of factor.
Keywords: PROBICID®, probiotic, water activity, viability, stability

INTRODUCCIÓN

El PROBICID®, es un aditivo probiótico obtenido por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en la planta CUBA 10. Se obtiene por un proceso fermentativo en el que interviene la bacteria *Lactobacillus rhamnosus*. En el proceso de obtención del PROBICID® seco se aplica una operación de secado por aspersión, que constituye la fase crítica debido a que por las condiciones utilizadas actualmente en la planta, se produce una pérdida considerable de la viabilidad (Reyes, 2007). Con el presente estudio se pretende obtener una formulación del bioproducto utilizando controladores químicos de la actividad del agua, con el objeto de obtener un producto que conserve su viabilidad y estabilidad sin necesidad de condiciones especiales de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la formulación se utilizó el producto final de un proceso de fermentación en zaranda a partir de la cepa *Lactobacillus rhamnosus* LB/ 103-1-5, procedente del banco de cepas del Departamento de Microbiología de la Subdirección de Derivados del ICIDCA. Se utilizó como soporte sólido al bagacillo que aporta el 30% de los sólidos totales de cada formulado, con un tamaño de partícula inferior a 2mm. Se realizó una siembra en placa de muestras de cada formulado, utilizando el medio selectivo Agar Diferencial WL. Se estudió de forma preliminar la contaminación microbiana por inspección diaria para identificar algún tipo de contaminación apreciable a simple vista, con el objetivo de estudiar en investigaciones posteriores, las formulaciones aparentemente inalteradas. Todo el proceso tuvo una duración de 42 días. Para analizar la influencia de la actividad de agua en los formulados sobre las variables dependientes viabilidad y estabilidad, se realizó un análisis de varianza unifactorial para el día 42 utilizando el software *Curve Expert* versión 1.34.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las formulaciones se tuvieron en cuenta el factor composición mostrado en la Tabla I y el factor humedad con los niveles 15%, 30% y 45% másico.

Tabla I. Niveles de composición de los formulados

Tipo de Formulado	A	B	C
% miel - %$CaCO_3$	100 – 0	50 - 50	0 - 100

La composición expuesta para la miel y el $CaCO_3$ corresponden al porcentaje de sólidos totales restante de los sólidos aportados por el bagacillo y el probiótico.
En el estudio se registró el incremento de la masa por ganancia de humedad, de muestras previamente secadas al vacío a 65^{O}C por 24 horas, que fueron puestas en contacto con una atmósfera generada por disoluciones saturadas de las sales expuestas en la Tabla II.

Tabla II. Soluciones saturadas con humedades relativas conocidas a 30^{o}C.

Sal	**$CaCl_2$**	LiCl	$MgCl_2$	NaBr	NaCl	KCl
%HR	**0,04**	**11,5**	**32,3**	**53,2**	**75,1**	**83,4**

Se ajustaron los modelos GAB, *Hailwod-Horrowin*, *Peleg* y un modelo polinomial de cuarto orden a los datos experimentales. El buen ajuste se determinó a partir del análisis del porciento de error medio relativo (%Er).Este parámetro no debe ser superior al 10%. En todos los casos el modelo polinomial presentó el mejor ajuste. Con el uso de este modelo se determinó el valor de la actividad de agua de cada formulación, en función de su contenido de humedad (Gaston, 2005).

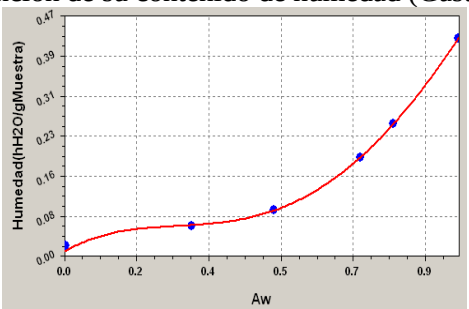


Fig. 1 Isoterma de adsorción del formulado A

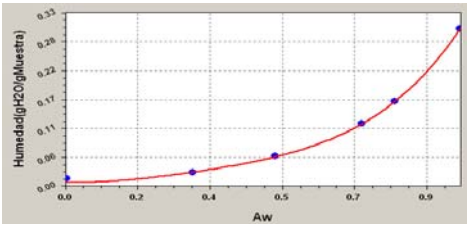


Fig. 2 Isoterma de adsorción del formulado B

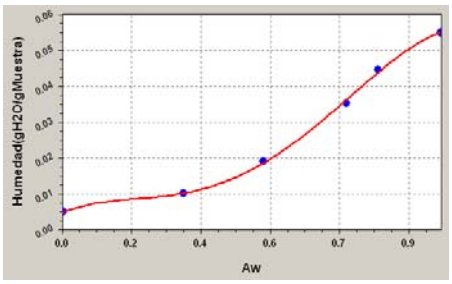


Fig. 3 Isoterma de adsorción del formulado C

Estudio de la viabilidad celular

Con el estudio se encontró que las formulaciones que contienen solo al represor $CaCO_3$ en su composición, muestran una disminución gradual de la viabilidad en el tiempo, según muestra la Tabla III. Estos formulados alcanzan el máximo valor de actividad de agua para bajos porcientos de humedad. La causa directa de la disminución de la titulación es la ausencia de nutrientes disponibles en el medio.
En los formulados que presentan igual proporción de los represores en su composición se observó una disminución de la viabilidad en algunos casos y un incremento de la viabilidad en otros. El incremento se debe a la presencia de miel final. Esta fue utilizada como fuente de carbono por los microorganismos en sus procesos metabólicos, lo que les permitió desarrollarse y multiplicarse. El decremento de la viabilidad, en los otros casos, puede estar condicionada por la presencia de sustancias inhibidoras del crecimiento celular, que forman parte de la composición de la miel. El predominio de un comportamiento u otro estuvo en dependencia principalmente del contenido de miel en cada formulado. Las formulaciones que contienen a la miel como único represor químico tuvieron una disminución gradual de la viabilidad. El Comportamiento se observó a pesar de que presentan un valor de Aw máximo. Los resultados están en correspondencia con la posibilidad de la presencia de inhibidores en mayores concentraciones por las propias composiciones de los formulados.

Tabla III. Conteo de bacterias lácticas y actividades de agua de las formulaciones.

No	Tipo	% Humedad	Aw	Día 0	Día 14	Día 28	Día 42	
1	C	15	1	$4{,}00*10^{6}$	$3{,}10*10^{6}$	$1{,}10*10^{4}$	0	
2	B	30	1	$2{,}14*10^{7}$	$1{,}96*10^{7}$	$6{,}83*10^{7}$	$1{,}10*10^{8}$	
3	A	45	1	$2{,}80*10^{7}$	$6{,}10*10^{6}$	$2{,}22*10^{6}$	0	
4	A	15	0,88	$1{,}22*10^{6}$	0	0	0	
5	C	30	1	$1{,}45*10^{7}$	$1{,}30*10^{7}$	$4{,}30*10^{6}$	$3{,}53*10^{4}$	
6	B	45	1	$6{,}25*10^{7}$	$1{,}36*10^{11}$	$5{,}80*10^{11}$	$8{,}00*10^{7}$	UFC/g
7	B	15	0,99	$1{,}33*10^{7}$	$4{,}31*10^{6}$	$1{,}16*10^{6}$	0	
8	A	30	1	$2{,}01*10^{7}$	$5{,}02*10^{6}$	$1{,}25*10^{6}$	$5{,}00*10^{4}$	
9	C	45	1	$1{,}80*10^{7}$	$1{,}59*10^{7}$	$4{,}85*10^{6}$	$1{,}10*10^{5}$	

Estudio preliminar de la contaminación microbiana.
En la mayor parte de los casos se observó el desarrollo de hongos y levaduras. Solo las formulaciones 4, 6 y 7 se mantuvieron sin alteraciones visibles al término del estudio. En trabajos posteriores se hace necesario realizar una siembra en medios selectivos de muestras de estos tres formulados.

Análisis de la influencia de la actividad de agua (Aw) sobre la viabilidad celular y la contaminación microbiana.
En el análisis se obtuvo que se puede afirmar con un nivel de confiabilidad de un 95%, que no existen

diferencias estadísticamente significativas para el comportamiento de las variables respuesta entre un nivel y otro del factor Aw.
Los mejores resultados, se obtuvieron para el formulado seis, que presenta en su composición 116,5 gramos de bagacillo, 21,09 gramos de miel, 19,20 gramos de carbonato de calcio y 43,21 mL de probiótico. La viabilidad en este formulado tuvo un incremento hasta el orden de 10^{11}. El formulado tuvo una Aw máxima, sin embargo se mantuvo aparentemente sin contaminación durante el análisis.

CONCLUSIONES

1. Con el estudio se encontró que en algunas formulaciones experimentaron una disminución gradual de la viabilidad y en otras un incremento, como consecuencia de la concentración de miel en cada formulado.
2. En el estudio preliminar de estabilidad se encontró que solo tres formulaciones (formulados 4, 6 y7) se mantuvieron sin alteraciones visibles durante los 42 días.
3. Se determinó, mediante un análisis de varianza, que no existen diferencias estadísticamente significativas para el comportamiento de las variables viabilidad y estabilidad entre un nivel y otro del factor Aw.
4. El formulado que presentó un mejor comportamiento fue el formulado seis

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Reyes I et al. Diseño del Sistema de Gestión de la Calidad para producciones biológicas en Cuba 10. Cuba 10, ICIDCA. 2007.
C. Gastón Peña. Determinación de las isotermas de adsorción y desorción de probióticos a partir de bacterias ácido lácticas. Departamento de Química Analítica ICIDCA. 2005.

LA INTRODUCCIÓN DE DIETAS INTEGRALES EN CONDICIONES DE SEMI-ESTABULACIÓN, BASADA EN FORRAJES TROPICALES. UNA OPCIÓN FACTIBLE BIO - ECONÓMICAMENTE

THE INTRODUCTION OF COMPLETE DIETS IN SEMI-STABLING, BASED ON TROPICAL FORAGES. A FEASIBLE OPTION BIO - ECONOMICALLY

Sara Rey[1], Julio J. Reyes[1] y Ernesto Rebollar[2].

[1] Instituto de Ciencia Animal. [2] Empresa Agropecuaria "Bacauranao".
srey@ica.co.cu

RESUMEN.

Teniendo en cuenta la necesidad de incrementar la eficiencia de utilización de los sistemas de producción vacuna, durante los últimos cuatro años (2009-2011), en la provincia La Habana, se evaluó la alimentación de bovinos con dieta integral fraccionada varias veces al día. Desde el punto de vista económico se reportaron en la producción de carne en pie, costos de producción de 4,01 CUP kg carne^{-1} y rentabilidad de 2.20; obteniéndose en la producción de leche, costos de producción de 1,32 CUP kg de leche^{-1} y rentabilidad del 1.59. El trabajo demostró que la introducción de la dieta integral en condiciones de semi-estabulación, incrementa la productividad en 59,8 y 35,1 por ciento y disminuyen los costos unitarios en 0,14 y 0,54 CUP, para la leche y carne con relación al sistema que se aplica en las unidades tradicionalmente.

Palabras clave: dieta integral, costo de producción, rentabilidad.

ABSTRACT

Given the need to increase the utilization efficiency of beef production systems during the last four years (2009-2011), in Havana province, feeding cattle with fractional comprehensive diet several times daily was evaluated. From the economic point of view were reported in meat production up, production costs 4.01 $ kg meat^{-1} and profitability of 2.20; obtained in milk production, production costs 1.32 $ kg of milk^{-1} and profitability of 1.59. The work demonstrated that the introduction of comprehensive diet semi-housing conditions, increases productivity in 59.8 and 35.1 percent and reduce unit costs by 0.14 and 0.54 CUP for milk and meat relative to system applied in traditional units.

Key words: comprehensive diet, cost of production, profitability.

INTRODUCCIÓN

La ganadería cubana no está exenta de las fuertes restricciones económicas que atraviesan el país y el mundo. Los compromisos sociales del suministro de leche y carne a segmentos vulnerables de nuestra población hacen necesario el incremento de la eficiencia productiva de nuestros rebaños. La baja disponibilidad de los pastos en la seca afectan la vida útil y productividad de los pastizales, por lo que la explotación del ganado bovino en condiciones de semi-estabulación, con dietas integrales basada en forrajes tropicales puede ser una alternativa real y viable (Senra, A. 2005) que contribuirá al incremento productivo y el ahorro de importaciones.

El uso de la caña de azúcar como alimento para rumiantes, tiene vital importancia bajo las condiciones de Cuba, ya que es poco probable que los forrajes tradicionales, logren rendimientos superiores a esta gramínea, en condiciones de secano (Martín, 2004 y Fundora, 2007*)*; la utilización de ración integral con otra fuente de

forraje fresco, mejora el consumo del forraje de caña (Rodríguez, 2009). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto económico de la dieta integral en el sistema de semi-estabulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la propuesta tecnológica del uso de las dietas integrales en la producción bovina (leche y carne), se partieron de los resultados de Reyes y col (2011), que informaron rendimientos consumibles de los forrajes de caña de azúcar y CT-169 de 26 508.3 y 16 501.6 kg de materia seca hectárea^{-1}, respectivamente. La proporción de alimentos voluminosos en la unidad fue de 32 % de forrajes (caña de azúcar representó el 40 % y el CT-169 el 60 %) y el pasto representó el 68% restante.
Bajo estos principios se modelo un sistema productivo de leche o carne, en unidad de 45 hectáreas, utilizando los datos tecnológicos anteriormente descritos. Los animales de leche se suplementaron con mezcla de materias primas a razón de 0.4 kg litro de leche producido^{-1} a partir del tercer litro y en la ceba a razón de un kg animal^{-1} día^{-1}. Los precios utilizados y los datos económicos son los que se obtuvieron en la unidad de estudio.

RESULTADOS

Partiendo de estandarizar la unidad a 45 hectáreas, la propuesta tecnológica estará basada en la siguiente distribución, 5.8 hectáreas de forraje de caña de azúcar, 8.6 hectáreas de forraje de CT-169 y 30.6 hectáreas de pasto basado fundamentalmente en gramíneas, permitiendo una carga de 1.7 UGM hectárea^{-1} (tabla I), en el caso de la producción de leche permite un total de 92 vacas totales al año (425 kg de peso vivo) y en la ceba 198 animales (325 kg de peso vivo promedio) totales al año (130 animales por ciclo y se pueden hacer 1.52 ciclos anualmente).

Tabla I. Capacidad de carga de la propuesta tecnológica, basado en materia seca kg materia seca consumible.

Base alimento	Hectáreas	Época lluviosa (155 días)	Época poco lluviosa (210 días)	Total año
Caña azúcar	5.8	54 528.12	99 218.31	153 746.42
CT-169	8.6	71 576.90	70 336.80	141 913.70
Pasto	30.6	88 357.50	41 769.32	130 126.82
Disponibilidad total de MS (kg)		214 462.52	211 324.43	425 786.94
UGM permisibles		92	67	78
Carga (UGM ha$^{-1)}$		2.04	1.49	1.7

La factibilidad económica del modelo tecnológico propuesto (Tabla II), refleja que el gasto de mayor cuantía dentro del costo de producción son los salario, que llegó a representar alrededor del 68.4 por ciento, lo cual está motivado a que un gran porcentaje de las mismas fueron servicios pagados(electricidad, agua, gastos veterinario, entre otros), así como otras acciones habituales en la unidad fueron manuales (ordeño, corte, molinaje, atención animal, etc), el resto de las partidas de gasto se mantienen muy similares en el transcurso del tiempo. Estos resultados fueron superiores a los logrados por Rey y Reyes (2005), que informan valores del orden del 23.3–28.6 por ciento, independientemente que trabajaron con condiciones de bajos insumos, pero no se tenía una vinculación directa del obrero a los resultados productivos.
De igual forma, se aprecia un incremento de los ingreso por la venta de la leche, no tanto por la mejora de la calidad, sino por su aumento en el volumen de leche a comercializar, en más de un 50.0 por ciento, por el incremento de las vacas en ordeño, lo que se traduce en una disminución de gastos por animales improductivos (Murray, 2009).

La tecnología analizada, semi-estabulación y empleo de dietas integrales, mostró un costo de producción entre los 1.32 CUP kg de leche^{-1}, y una relación beneficio/costo positiva, lo cual demuestra sus posibilidades de implementación, según describen Martín y Rey (1998), de que una tecnología con esta relación superior a 1.2 en la producción láctea, es factible de implementar.

Tabla II. Análisis de factibilidad de la producción de leche bajo régimen de semi-estabulación (moneda total kilogramo de leche^{-1}).

Partidas	Moneda total
Depreciaciones (CUP)	21466,28
Gastos de alimentación (CUP)	22680,12
Salarios (CUP)	124252,03
Otros gastos (CUP)	3755,41
Gastos indirectos (CUP)	6446,78
Otras producciones (CUP)	8050,00
Total de gastos (CUP)	120885,74
Costo de producción (CUP kg^{-1})	1,32
Producción de leche total (kg)	91580
Producción de leche venta (kg)	84284
Precio de venta (CUP kg de leche^{-1})	2,28
Ingresos por leche (CUP)	192167,52
Relación beneficio/costo	1,59

La factibilidad económica en la producción de carne vacuna, del modelo tecnológico propuesto (Tabla III), muestra que el gasto de compra de animales expresa el mayor valor dentro del costo de producción, representando el 50,02 por ciento, estando acorde a lo expresado por Cino (comunicación personal), que en estos sistemas de producción el gasto por compra de animales representa entre el 45 y 55 por ciento del costo. El gasto de salario representa el 24.51 por ciento, este incremento salarial esta en consecuencia con la vinculación directa del obrero a los resultados productivos.

Tabla III. Análisis de factibilidad de la producción de carne bajo régimen de semi-estabulación (moneda total kilogramo de carne^{-1}).

Partidas	Moneda total
Depreciaciones (CUP)	10431,24
Gastos de alimentación (CUP)	26097,52
Compra de animales (CUP)	101257,38
Salarios (CUP)	38220,66
Otros gastos (CUP)	5280,20
Gastos indirectos (CUP)	9064,35
Total de gastos (CUP)	190351,35
Costo de producción (CUP kg^{-1})	4,01
Producción de carne total (kg)	47450
Ingresos por carne (CUP)	385294
Relación beneficio/costo	2.02

Con la introducción de la propuesta de innovación, se incrementaron los ingreso por la venta de la carne, tanto por la mejora de la calidad de los animales como por aumento del volumen total de carne, en unos

494.0 kg, lo que posibilita una disminución de los costos de producción en 12.3 por ciento 4.01 CUP kg de carne^{-1}. Resultados similares, reportó Rodríguez (2009), que logró costo desde 3.5 a 4.0 CUP kg de carne^{-1}. La relación beneficio/costo fue positiva, revelando resultados de 2.02 pesos ingresados por unidad gastada.
Para la propuesta tecnológica se hace un cálculo de inversión inicial (Tabla IV), basado en los datos que se obtuvieron en dicha unidad pero puede ser ajustado en los lugares donde se aplique en dependencia de los niveles de gastos que tengan las unidades variables y fijos no difiriendo en gran cuantía de los obtenidos y es recuperada en el primer año de la inversión.

Tabla IV. Gastos de inversión inicial para el establecimiento de la propuesta tecnológica.

Concepto		Moneda total
Establecimiento	5.8 hectáreas de forraje de caña	4216,31
	8.6 hectáreas de CT-169	9921,82
	30.4 hectáreas de gramíneas	11540,14
Moledora de forraje		15000,00
Carretón para bueyes		4300,00
Total		44978.27

CONCLUSIONES

Estos resultados demuestran que la introducción de las dietas integrales y fraccionadas su oferta, así como pastoreo en la mañana, se puede obtener rentabilidades del 59 y 102 por ciento para la leche y la carne vacuna, respectivamente; oscilando los costos de producción entre los 1,32 y 4,01 monedas totales kilogramo^{-1}, para la leche y la carne, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

Senra, A. 2005. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:415.

Martín, P.C. 2004. La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos. Ed. EDICA 259 p.

Fundora, O. 2007. La caña de azúcar. Valor nutritivo y utilización en el ganado bovino. En: Estrategia de alimentación para ganado bovino en el trópico. EDICA. Instituto de Ciencia Animal. P-63.

Rodríguez, D. 2009. Contribución al estudio del comportamiento productivo, características de la canal, conducta alimentaria e indicadores ruminales de toros alimentados con dietas basadas en caña de azúcar.Tesis de Dr Ciencias Veterinarias. ICA.

Reyes, J. J., Rebollar, E., García, A., Scull, J., Álvarez, A., Redilla, C., Rey, S. y Gómez, R. Producción de leche y carne vacuna con animales mestizos Siboney en condiciones de estabulación, empleando dieta integral fraccionada, basada en forrajes tropicales.2011. Premio Innovación Tecnológica CITMA Territorial Habana.

Rey, S. y Reyes, J.J. 2005. Efecto económico de dos métodos de pastoreo rotacional con vacas lecheras y dos intensidades de pastoreo. Revista cubana de Ciencia agrícolas. 107:114.

Murray, R. 2009. ¿Cuánto nos cuesta preñar las vacas?, influencia de los paramtros reproductivos en los costos. Htpp://www.engormix.com/_cuanto_nos_cuesta _s_articulos_2264_GDL.htm.

Martín, P. C. y Rey, S. 1998. Relación entre la tecnología y la economía en la producción de leche. Rev. cubana Cienc. agríc., 32:361.

EFECTO DE DIETAS BASADA EN FORRAJE DE CAÑA DE AZÚCAR, EN EL CONSUMO Y EFICIENCIA PRODUCTIVA DE BOVINOS MESTIZOS SIBONEY, MANEJADOS EN CONDICIONES DE SEMI-ESTABULACIÓN.

EFFECT OF DIETS, BASED ON SUGARCANE FORAGE, ON THE INTAKE AND PRODUCTIVE EFFICIENCY OF SIBONEY CROSSBRED CATTLE, USED UNDER SEMI- STABULATION CONDITIONS.

Julio J. Reyes[1], Ernesto Rebollar[2], Carmen Redilla[2], Sara Rey[1], Ricardo Gómez[2], Aida Noda[1], María R. González [1], y Wilfredo Fernández[1].

[1] Instituto de Ciencia Animal. [2] Empresa Agropecuaria "Bacauranao".
jreyes@ica.co.cu

RESUMEN

Se utilizaron 138 machos y 54 vacas, mestizos Siboney, distribuidos en dos tratamientos: I ración sin fraccionar y II fraccionada cuatro veces al día. Se demostró que al fraccionar la ración se favoreció (P< 0.01) el consumo de MS en 7.84 y 5.68%, para los toros y vacas. La ganancia media diaria de los machos, fue mayor 19.48 y 13.92% con el fraccionamiento en ambas épocas (0.605 vs 0.56 y 0.505 vs 0.49 kg animal^{-1} día^{-1}, para lluvia y seca); mejorando (P<0.001) la conversión en 10.26%. La producción de leche incrementó (P<0.001) en 5,39% al fraccionar la dieta (7,24 vs 6,87 kg vaca^{-1} día^{-1}), así como se incrementaron (P<0,05) en 1,9, 0,9, 2,58 y 1,23 % la proteína, sólidos no graso, grasa y sólidos totales El fraccionamiento cuatro veces al día, mejoró el consumo de MS, ganancia y conversión; así como la productividad láctea y calidad de la misma.
Palabras clave: ganancia de peso vivo, producción de leche, calidad, consumo

ABSTRACT

A total of 138 males and 54 cows, Siboney crossbred were used, distributed into two treatments. The first one without fractioning and the second, fractionated four times a day. It was demonstrated that fractioning favors (P< 0.01) DM intake in 7.84 and 5.68%, for males and cows. The daily gain of males was higher, with 19.48 and 13.92% during rainy and dry seasons (0.605 vs. 0.56 and 0.505 vs. 0.49 and kg animal^{-1} day^{-1},for rainy and dry, in one and four times), improving (P<0.001) the conversion in10.26%.Milk production increased (P<0.001) in 5.39% when fractioning the diet (7.24 vs. 6.87 kg cow^{-1} day^{-1}), as well as protein, non fatty acids, fat and total solids increased (P<0.05) in 1.9, 0.9, 2.58 and 1.23 %. The fractionation four times a day improved the DM intake, gain and conversion, as well as milk productivity and quality.
Key words: live weight gain, milk production, quality, intake

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen diferentes estrategias del manejo en la producción bovina, desde los sistemas basados en pastoreo solamente hasta los de condiciones de estabulación, basados en la utilización de ensilajes y concentrados (Ferris *et al.*, 2011) o en las condiciones del trópico con forrajes y frescos y suplementos. Estos sistemas difieren en los costos, complejidad de las labores, manejo del alimento, producciones obtenidas e impactos ambientales que producen al medio (Senra, 2005 y Ferris *et al.*, 2011).

El uso de la caña de azúcar como alimento para rumiantes, tiene gran importancia bajo las condiciones del trópico, ya que es poco probable que los forrajes tradicionales, logren rendimientos superiores a esta gramínea que en condiciones de secano es posible producir la materia seca suficiente para satisfacer las

necesidades de 7-9 UGM hectárea^{-1} (Fundora, et al., 2007), una de las formas de mejorar su uso es mediante el empleo de dietas integrales, las que consisten en mezclar todos los alimentos que se ofertan al animal (Da Costa, 2003). El objetivo del presente trabajo, fue la evaluación de utilización de dieta integral y fraccionada en la producción vacuna, en condiciones de semi-estabulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los estudios de la ceba, se utilizaron 138 machos lecheros mestizos Siboney, divididos aleatoriamente en dos tratamientos, I. Pastoreo más dieta integral suministrada una vez al día y II. Pastoreo más dieta integral fraccionada en cuatro partes iguales al día. La dieta integral fresca utilizada fue: 40 % de caña de azúcar (*Sacharum officinarun*), 45 % de CT 169 (*Pennisetum purpureum vc Cuba CT-169*), 13.5 % de concentrado y salvado de trigo, 1 % de urea y 0.5% de sales minerales. Los animales pastaban juntos en la mañana en pastos como el saca cebo (*Paspalum notatum)* y jiribillas (*Dichantium caricosum*), permaneciendo en las naves el resto del tiempo, donde recibían la dieta integral, según tratamiento y contaban con agua y sales minerales a voluntad.

La producción de leche, se estudió con 54 vacas durante dos lactancias, las que se dividieron aleatoriamente en dos tratamientos I. Pastoreo más dieta semi-integral suministrada una vez al día y II. Pastoreo más dieta semi-integral fraccionada en cuatro partes iguales al día. La ración semi-integral estaba basada en 35 % de caña de azúcar, 48.5 % de CT 169, 10 % de leucaena (*Leucaena leucocephala*), 1 % de urea y el 0.5 % de sales minerales. Las vacas realizaban el pastoreo juntas en los horarios de la mañana y tarde, el pasto empleado fue una mezcla de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y jiribillas. En las naves se les ofreció la dieta semi-integral, según tratamiento, donde contaban con agua y sales minerales a voluntad. La suplementación con concentrado se ofreció en partes iguales en cada ordeño.

Las mediciones realizadas fueron: consumo de la dieta integral y del pasto (mensualmente), composición bromatológica de los alimentos (mensualmente), según AOAC (1995), pesos vivos, ganancias medias y conversión del alimento (mensualmente), la producción y calidad de la leche (mensualmente) y la condición corporal (CC), se estimó según la escala del 1 al 5, propuesta por Edmonson *et al.*, (1989).

El análisis matemático empleado para la producción y calidad de la leche fue un análisis de varianza según modelo multiplicativo, los datos se transformaron según LN (x). Para el resto de las medidas se hizo análisis de varianza según modelo de clasificación simple en arreglo factorial (2x2); se analizaron las posibles interacciones. El software estadístico utilizado fue el Infostal Versión 12.0 (Balzarini *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo total de materia seca realizado por los animales se incrementó ($P< 0.01$) en 7.84 % en los toros y 5.7% en las vacas, al suministrar la dieta cuatro veces al día; estando estos incremento asociados al incremento ($P< 0.01$) en 11.58% y 8,63 % de la propia dieta integral, para los toros y vacas, respectivamente; ya que los consumos estimado del concentrado, no difieren entre tratamientos (Tabla I).

Los resultados productivos, obtenidos en la ceba con el fraccionamiento de la dieta integral, indicaron una interacción tratamiento por época ($P<0.001$), donde la ganancia diaria de peso vivo fue mayor en el orden del 19.48 y 13.92% en la lluvia y seca. De igual forma se produjo una mejora ($P<0.001$) en la conversión del alimento en 10.26% al fraccionar la dieta (Tabla II). Estos resultados puede estar dado por el incremento del consumo total de materia seca y por ende de nutrientes y la mejora en la eficiencia de utilización de los alimentos a nivel del rumen, cuando son suministrado mezclados y varias veces al día, ya que estabilizan las condiciones ruminales (Martín, et al. 2005 y Rodríguez, et al. 2006).

Tabla I. Consumo de materia seca, con el fraccionamiento o no de la dieta integral.

Tratamientos Medidas	Un vez al día	Cuatro veces al día	Sign
Animales en ceba			
Consumo total (kg MS animal^{-1} día^{-1}) ±EE	7.84 0,14	8.46 0,14	**
Consumo de dieta integral (kg MS animal^{-1} día^{-1}) ±EE	6.06 0,20	6.76 0,21	**
Vacas lecheras			
Consumo total (kg MS animal^{-1} día^{-1}) ±EE	10,91 0,14	11,53 0,14	***
Consumo dieta semi-integral (kg MS animal^{-1} día^{-1}) ±EE	5,56 0,13	6,04 0,13	*
Consumo concentrado (kg MS animal^{-1} día^{-1}) ±EE	1,51 0,13	1,67 0,13	-

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

Tabla II. Comportamiento de productivo de machos lecheros, con el fraccionamiento o no de la dieta integral.

Tratamientos Medidas		Un vez al día	Cuatro veces al día	Sign
Peso Vivo inicio (kg) ±EE		217.15 1,17	218.04 1,29	-
Ganancia (kg animal^{-1} dia^{-1})	Lluvia ±EE	0,54 ^{b} 0,005	0,64 ^{c} 0,006	***
	Poco lluvioso ±EE	0,46^{a} 0,005	0,52 ^{b} 0,005	
Conversión (kg MS kg ganancia^{-1}) ±EE		16.61 0,13	14.92 0,13	***

*** P<0.001

La producción de leche se incrementó (P<0,001) en 0,37 kg como promedio, al fraccionar la dieta (7,24 vs 6,87 kg vaca^{-1} día^{-1}) (Tabla III). Esta mejora en la producción láctea está asociada al incremento del consumo total de materia seca, que manifestaron los animales y por ende una mayor ingestión de nutrientes. Estas mejoras en el consumo y utilización de los alimentos, también puede influir positivamente en la composición de la leche (Galvis, et al. 2007), que se incrementaron (P<0,05) en 1,9 y 0,9 % la proteína y sólidos no graso, mientras que se mejoro (P<0,001) en 2,58 y 1,23 % la grasa y los sólidos totales.

Tabla III. Producción y calidad de la leche de vacas, en condiciones de semi-estabulación, con dieta integral fraccionada o no.

Variables / Tratamientos	Prod. leche (kg/ vaca/día)	Grasa (%)	Proteína (%)	SNG (%)	ST (%)
Una vez al día	1,89 ±0,046 (6,87)	1,25 ±0,005 (3,49)	1,15 ±0,003 (3,17)	2,16 ±0,001 (8,70)	2,50 ±0,002 (12,19)
Cuatro veces al día	1,95 ±0,045 (7,24)	1,27 ±0,005 (3,58)	1,16 ±0.,003 (3,23)	2,17 ±0,001 (8,78)	2,51 ±0,002 (12,32)
Sign.	***	***	*	*	***

* P<0.05 *** P<0.001 () datos reales.

CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que el fraccionamiento de la dieta, permite un incremento el consumo total de materia seca entre los 7.8 y 5.7 % para los animales en ceba y producción láctea, respectivamente; de igual forma se mejoran las ganancias de peso vivo en un 20.6 y 15.4% en la lluvia y poco lluvioso. La producción de leche en se incrementó en 5.4 %, y la composición láctea en 2.6, 1.9, 0.9 y 1.1 % en la grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales, respectivamente.

REFERENCIAS

Ferris, .C.P.; Vance, E.R.; Elliot, C. and Kilpatrick, D. Comparison of the performance of two cow genotypes within a total confinement and low input grazing system. Final Report for AgriSearch (Project D-45-08). Agri-Food and Bioscience Institute, Agriculture Branch, Hillsborough, County Down, Northern Ireland. 101 pp. Disponible en http:// www.agrisearch.org/dairy/completed-dairy/geneticsdairy-completed/158-comparison-of-the-performanceof-two-cow-genotypes-within-a-low-input-grazing-systemand-a-high-input-total-confinement-system-d-45-08 [Agosto del 2012].

Senra, A. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 2005. 39:415.

Fundora, O.; Martin, P.C; Vera, A.M. and Hernandez, J.L. Productive perfomance, feeding behavior and carcass composition of fattening Zebu bull fed sugar cane and concentrates mixed or not. Cuban journal of agricultural Science, 2007. 41 (1)29:32.

Da Costa, D. Criação de Bovino. Consultoria Veterinária e Publicações. Belo Horizonte. 2003. pag.128-199.

AOAC. Official methods of analysis. 1995. 16th Ed. off. Agric. Chem., Washington, D.C, U.S.A.

Edmonson, A.J.; Lean, I.J.; Weaver, L.D.; Farver, T. and Webster, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J Dairy Sci 1989. 72: 68-78.

Balzarini, M. G., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., González, L. A. y Robledo, C. W. *Software estadístico Infostal.* Versión 2012. Córdoba. Argentina

Rodríguez, D; Marrero Y. ; Martín, P.C.; Alfonso, F; Vera, A.M.; Moreira, O. y Noda, A. Efecto de diferentes formas de suplementación de bovinos alimentados con forraje de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) en la población microbiana ruminal. Rev cubana Cienc. Agric. 2006. 40:3

Martín, P.C., Rodríguez, D., Marrero, Y., Vera, A.M. y Alfonso, F. Optimización del forraje de caña en la ceba. 2005. Informe final de Proyecto MINAG

Galvis, R.D., Agudelo, D. y Saffon, A. Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancias tempranas. Col. Cienc. Pec. 2007. 20(1):16-29

USO DEL ALIMENTO ENSILADO CUBANO (AEC), EN LA ALIMENTACIÓN DE TERNEROS
USE THE CUBAN FOOD SILAGE (CFS), IN CALF FEEDING

Rolando Ybalmea Puldón, Pedro Lezcano Perdigón, Arelis Vázquez Pena y Damaris Fontes Jerez.

Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central km 47.5, apartado postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. rypuldon1@gmail.com, ribalmea@ica.co.cu

Resumen

Se utilizaron 20 terneros de ambos sexos, de genotipo Holstein x Cebú, de 10 días de edad y 32 kg de peso vivo promedio, distribuidos en dos tratamientos A (Control): Reemplazante lechero (Kalvowin 21.5 % de PB, 16 % de EE. Intercontinental Specialty Fats S.A.), y B: Alimento Ensilado Cubano (AEC), según diseño completamente aleatorizado, con el objetivo de evaluar el AEC, en la alimentación del ternero. Fue menor el promedio de diarreas por ternero, (P<0,001), en el tratamiento A, respecto al B, con valores de 0.51 vs 1.41 casos.ternero^{-1}, respectivamente, valores bajos para la categoría. No hubo diferencias en las GPV durante todo el período experimental, con valores de 0,431 vs 0,460 g.ternero.día^{-1}, a los 90 días de edad y 0,530 vs 0,510 g.ternero.día^{-1}, a los 120 días de edad, respectivamente. Tampoco hubo diferencias en el consumo de Ración Integral de Inicio (RII) y en el consumo de MS en base al alimento líquido y total. Se concluye la posibilidad de empleo del AEC en la alimentación de terneros, aunque se recomienda continuar estudios a fin de esclarecer el efecto de este alimento en aspectos de la fisiología y salud del ternero prerumiante.
Palabras claves: Ternero, alimentos, alimentación, comportamiento, ensilado.

Abstracts

Twenty calves of both sexes, Holstein x Zebu genotype, 10 days old and 32 kg of live weight, divided into two treatments A (Control): Milk replacer (Kalvowin: 21.5% CP, 16% EE. Intercontinental Specialty Fats SA), and B: Cuban Food Silage (CFS), according a completely randomized design, with the objective of evaluating the CFS, in calf feeding. The average of diarrhea per calf was lower (P <0.001), in the treatment A with respect to B, with values of 0.51 vs 1.41 cases.calf^{-1}, respectively, lower values for the category. There were no differences in the ADG throughout the experimental period, with values of 0.431 vs 0.460 g.calf.day^{-1} at 90 days old and 0.530 vs 0.510 g.calf.day^{-1}, at 120 days old, respectively. There were no differences in the consumption of Starting Complete Ration (SCR) and DM intake based on liquid feed and total. Employability of the CFS in calves' feeding is concluded, but it is recommended further studies to clarify the effect of this food in aspects of physiology and health of preruminant calf.
Key words: Calf, feeds, feeding, performance, silage.

Introducción

En Cuba se emplean reemplazantes lecheros (RL) en la alimentación del ternero en los rebaños lecheros de mayor productividad, para garantizar la obtención de beneficios económicos. Sin embargo, hay una gran parte de los terneros que nacen en el país, que se crían en sistemas de amamantamiento restringido, con el empleo de leche fresca. Sea RL o leche fresca, el ternero consume alimentos que implican inversiones de divisas al país, ya sea por su importación o por el costo de producción que implica la obtención de un litro de leche fresca. Recientemente se inició en el país la construcción de plantas para la elaboración de Alimento Ensilado Cubano (AEC), elaborado en base a viandas tropicales, vinaza, crema de levadura y miel final. El proceso de fermentación de estos alimentos da como resultado un alimento que contiene alrededor del 34 % de MS y entre 8 y 10 % de PB en base seca, alimento que ha ofrecido excelentes resultados en la alimentación de cerdos en todo el país. Teniendo en cuenta las características y potencialidades de este

alimento y las particularidades del sistema digestivo de los terneros, se diseñó una variante del AEC, en base a los mismos productos, con el objetivo de evaluar su uso en la alimentación líquida del ternero, como sustituto de una parte del RL que estos consumen.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 20 terneros de ambos sexos, de genotipo Holstein x Cebú, de 10 días de edad y 32 kg de peso vivo promedio, con 10 repeticiones por tratamiento, A (Control): Reemplazante lechero (Kalvowin 21.5 % de PB, 16 % de EE. Intercontinental Specialty Fats S.A.), según diseño completamente aleatorizado. En el tratamiento A (control), los terneros recibieron 450 g de reemplazante lechero por día (36 kg en total), desde la entrada a la recría, hasta los 90 días de edad, momento en que se aplicó el destete. El esquema de alimentación de los terneros del tratamiento B, que recibieron el AEC, aparece en la tabla I. En los alimentos líquidos se utilizó una mezcla de harina de soya (50 % PB)/RL, en proporciones 60/40, respectivamente. Para la preparación de la mezcla de alimentos, primero se dispersó el RL en el agua a 55-60 ºC, se agregó la harina de soya, por último se agregó el AEC y se homogenizó toda la mezcla. Esta mezcla se ofreció inmediatamente después de su preparación. La composición de la Ración Integral de Inicio (RII) que se utilizó, aparece en la tabla II. Esta se ofreció a los terneros de ambos tratamientos, como única dieta sólida desde la entrada a la recría hasta los 120 días de estancia en la recría. Además, se les ofreció agua de buena calidad a libre disposición. La composición de los alimentos se determinó según los métodos de AOAC (1965). A partir de los 90 días de estancia en la recría, los terneros se destetaron, momento en que culminaron el consumo de RL o AEC, según el tratamiento. Los terneros de ambos tratamientos permanecieron en cunas durante todo el período experimental.

Tabla I.- Distribución de los alimentos en los terneros del tratamiento B.

Días en recría	RL (g)	AEC (g) (BMF) *	Soya + RL(g) **	Agua tibia (L)	Tomas	Reconsti-tución, %	DI y agua
10 a 20	450	50	-	3	2	11,34	Desde inicio a 120 días de estancia en la recría, RII y agua a voluntad
21 a 30	350	100	65	3	2	11,18	
31 a 40	250	200	120	3	2	11,75	
41 a 90	--	500	260	1,5	2	11,09	
Destete							
91 a 120	--	--	--	--	--	--	

* BMF: Base materia fresca, o sea, tal cual es el alimento. **Se preparó una mezcla de soya H-20/RL en proporciones 60/40, para mezclar según las cantidades que aparecen en la tabla. Consumo de alimentos estimado por ternero; **RL:** 14,44 kg, **Harina de soya (50% PB):** 8,91 kg y **AEC**: 28,5 kg.

Tabla II.- Composición y bromatología de las RII.

Composición		**Bromatología**	
Componentes	**%**	**Componentes**	**Valor**
Maíz	44,75	Materia seca (%)	88,36
Torta de Soya	28	Proteína bruta (%)	16,23
Heno molido	15	E.M. (MJ/Kg M.S.)	10,49
Salvado trigo	10	Fibra bruta (%)	10,26
Vitaminas y Minerales	1	--	--
Fosfato Dicálcico	1	--	--
Sal común	0,25	--	--

Mediciones en los animales: *Consumo de alimentos:* Diariamente en el horario de la mañana, por el método del peso de la oferta y rechazo y con estos valores se determinó el consumo MS total.
Peso vivo: Se determinó al inicio del experimento y, posteriormente a los 30, 60, 90 y 120 días de edad.
Salud: Se observó diariamente en el horario de la mañana por parte del veterinario de la unidad.
Tratamiento estadístico: Los resultados fueron analizados según diseño completamente aleatorizado. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico **InFosTat** (Robledo, et al 2001). Para los pesos vivos y ganancias, se realizó análisis de varianza con modelo de clasificación simple.

Resultados y discusión

En la tabla III aparecen los resultados de ganancias y peso vivo de los terneros de ambos tratamientos. Se puede observar que no hubo diferencias entre tratamientos en ninguno de los indicadores de peso vivo y ganancia evaluados. Esto indica que el uso del AEC, puede ser incluido, de manera estratégica, en la alimentación del ternero. Ganancias similares obtuvo Ybalmea (2011), con el empleo de reemplazantes lecheros, también elaborados con alimentos no lácteos. Solo hubo diferencias en la incidencia de diarreas en los terneros que consumieron el AEC, aunque fueron valores realmente bajos para esta categoría. Según las características de las diarreas, al parecer solo fueron de tipo nutricional (Merck 2000), como consecuencia del consumo de alimentos no lácteos (Toullec *et al.* 1975 y Plaza e Ybalmea 2008), pues no condujeron a la reducción de las GPV. Por el contrario, se constató el incremento constante de las GPV con la edad, a pesar del incremento de la oferta de AEC, que llegó a sobrepasar los 500 g.ternero.día^{-1}, en el período de 61 a 90 días. Todo esto indica que los terneros que consumieron AEC, utilizaron eficientemente el alimento, pero gracias al método de alimentación, que permitió ajustar la oferta del AEC de acuerdo a las posibilidades fisiológicas del ternero lactante.

Tabla III.- Pesos vivos y ganancias de peso vivo de los terneros.

Indicadores	Tratamientos		ES±
	A	B	
Peso de inicio, kg	32,5	32,63	1,0480
Peso 30 días, kg	34,88	35,81	1,9450
Peso 60 días, kg	48,06	47,81	3,6088
Peso 90 días, kg	61,0	61,75	8,5982
Peso 120 días, kg	76,94	77,06	9,1914
Ganancia Inicio a 30 días, kg/día	0,110	0,150	0,0021
Ganancia 31 a 60 días, kg/día	0,440	0,400	0,0016
Ganancia 61 a 90 días, kg/día	0,431	0,460	0,0031
Ganancia 91 a 120 días, kg/día	0,530	0,510	0,0037
Diarreas (casos.ternero^{-1})	0.51	1.41	0,283*

(A)- solo RL y (B)- RL y AEC. * P<0,001. Duncan (1955)

En correspondencia con los resultados anteriores, en la tabla IV se observan los valores de consumo de RII y de MS. No hubo diferencias entre tratamientos para estos indicadores y se corresponde con las ganancias observadas en todo el período experimental. La no existencia de variaciones en el consumo de RII, indica las condiciones fisiológicas y digestivas estables, de los terneros que consumieron el AEC. El consumo de piensos iniciadores son necesarios para el buen comportamiento del ternero (Plaza *et al.* 2000), sobre todo, a partir de la tercera semana, cuando el consumo de alimento seco se incrementa y pudiera contribuir en un 45% con los requerimientos de la EM. Así mismo, en este período también aparecen nuevas enzimas intestinales, que garantiza la digestión de alimentos no lácteos, (Quigley y Mills 2006).

Tabla IV.- Consumo de ración integral y de MS total.

Indicadores	Tratamientos		ES±
	A	B	
Cons. de RI del Inicio a 30 días	0,090	0,100	0,0006
Cons. de RI de 31 a 60 días	0,834	0,712	0,0105
Cons. de RI de 61 a 90 días	1,898	2,063	0,0119
Cons. de RI de 91 a 120 días	2,676	2,761	0,0030
CMS del alimento líquido total	34,20	34,11	0,2850
CMS total	180,58	180,17	9,7437

(A)- Solo RL y (B)- RL, harina de soya (50 % PB) y AEC.

Según el esquema de alimentación que se empleó en el Tratamiento A, los terneros recibieron 36 kg de RL, mientras que los terneros que consumieron AEC (Tratamiento B), recibieron 14,44 kg de RL, 8,91 kg de harina de soya y 28,5 kg de AEC. Esto significa que se pudo sustituir 21,96 kg de RL, con el empleo de las cantidades de soya y AEC que se indicaron anteriormente. Con los precios de los RL importados en cuna (2000.00 USD.t^{-1}), esta cantidad de RL, representa el ahorro de $ 43,92 USD por cada ternero criado, que al restarle 8,73 USD, costo de la harina de soya utilizada (980 USD.t^{-1}) y 0,88 USD por el costo del AEC (29,72 USD.t^{-1}), permite ahorrar alrededor de 34,31 USD por ternero. Si se tiene en cuenta la posibilidad de aplicar esta tecnología en alrededor de 50 000 terneros que se crían de forma artificial con reemplazantes lecheros hoy en día en el país, esto representaría un ahorro de 1,7 millones de USD.$año^{-1}$, aproximadamente.

Conclusiones

Se concluye que el AEC, ofrecido según el sistema de alimentación utilizado en el presente experimento, puede ser utilizado en la alimentación del ternero lactante, sin afectar su comportamiento. Aunque se precisa de la continuación de estudios a fin de evaluar la influencia del alimento en la fisiología digestiva y salud del ternero lactante.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. Official Methods of analysis ED. Ass Off. Anal. Chem. 1995. Washington. DC.
2. Robledo, C.W., di rienzo, J.A., Guzmán, W., Mónica, G., Balzarini, F., Laura A. y Elena M. Tablada. Infostat. Software estadístico. Versión 1. 2001. Universidad nacional de córdoba, argentina.
3. Ybalmea, R. Contribución al uso de reemplazantes lecheros de producción nacional en la alimentación. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, 2011. 100 pp.
4. Merck Veterinary Manual. CD-Room. Eighth Edition. 2000. Published by Merck and Co., INC. Whyte House Station. NY. USA.
5. Toullec, R., Mirant-Patureau, P., Thivend, P. y Vermorel, M. Bases physiologiques de la réalisation des aliments d´allaitement pour veaux. L´alim.et la Vie. 1975, 63 :70.
6. Plaza, J. e Ybalmea, R. Efecto de la leche entera y los reemplazadores lecheros en el comportamiento de las terneras de reposición. Rev. cubana Cienc. Agric. 2008, 42:351.
7. Duncan, D.B. Multiple range and multiple F tests. 1955. Biometrics. 11:1
8. Plaza, J., Ybalmea R., Enríquez A. V. y Hernández, J.L. Piensos iniciadores para la crianza de terneros en Cuba. 2000. Informe final. Formato digital. ICA. La Habana
9. Quigley, J.D. y Mills, D. Desarrollo ruminal de becerros. XXII Conferencia Internacional de Ganado Lechero. Hotel Milton Guadalajara. 2006. Disponible en: http://www.calfnotes.com. [Fecha de consulta: 20/2/2010].

EVALUACIÓN DE AUMENTO DE DIGESTIBILIDAD POSTERIOR A UN TRATAMIENTO ALCALINO EN ALIMENTO PARA GANADO BOVINO SUPLEMENTADO CON RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE TRANSGLUTAMINASA MICROBIANA

INCREASED DIGESTIBILITY EVALUATION AFTER ALKALINE TREATMENT INTO SUPPLEMENTED FOOD WITH WASTES FROM THE PRODUCTION OF MICROBIAL TRANSGLUTAMINASE AND DESTINED TO CATTLE

Diana Isis LLanes Gil López[a], *Jorge Aurelio Lois Correa*[a], *María Elena Sánchez Pardo*[b]
[a] Centro de Investigaciones en Ciencia Aplicada y Tecnología de Avanzada, CICATA-IPN. Km 14.5 carretera Tampico –Puerto Industrial Altamira, Tamps., México CP 89600, Tel: (833) 264 9302.
diana.llanes@ymail.com
[b] Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México DF. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México.

RESUMEN
Se presenta el desarrollo de un alimento base pre-digerido alcalinamente a partir de bagazo de caña, para ganado bovino suplementado proteicamente con un subproducto de la producción de la enzima Transglutaminasa. El incremento de la digestibilidad se debió a un tratamiento alcalino con hidróxido de sodio (2N). Se realizaron pruebas de digestibilidad *in vitro*, contenido de proteína, residuo mineral, humedad y extracto etéreo. Microscopia confocal con barrido laser se empleó para la caracterización física de las fibras integrales y post-tratamiento. El cuadrado de *Pearson* y el software *CONFOR* se empleó para la formulación del alimento. Con base al incremento de la digestibilidad se predijo la mejora en aumento en peso en ganado bovino. De acuerdo a los resultados obtenidos fue posible corroborar que el tratamiento alcalino le confiere una mayor digestibilidad al bagazo y por tanto, sus resultados pueden ser aplicados en tecnologías de alimentación animal de bovinos.
Palabras clave: alimento animal, bagazo, digestibilidad, Transglutaminasa.

ABSTRACT
The development of a basic pre-digested food from bagasse is presented; this food is supplemented with a by-product of the transglutaminase enzyme. Increased digestibility was due to an alkaline treatment with sodium hydroxide (2 N). *In vitro* digestibility, protein and minerals, moisture content were performed. Laser scanning confocal microscopy was used in order to do the physical characterization of fibers and comprehensive post-treatment techniques. Pearson Square and *CONFOR* software was used for making formulation. Based on the increased digestibility was improved by weight predicted increase in cattle. According to the results it was possible to corroborate the alkali treatment gives higher digestibility bagasse and therefore their results can be applied in technologies of cattle feed.
Keywords: animal feed, bagasse, digestibility, transglutaminase.

INTRODUCCION
Teniendo de panorama a los grandes problemas de contaminación que experimenta México, surgen como alternativas, las tecnologías verdes y, dentro de estas, se encuentra el aprovechamiento de uno de los cultivos más promisorios del siglo XXI, la caña de azúcar, cuyo nombre botánico es *Saccharum officinarum*. Esta gramínea produce nueve subproductos de alto valor agregado para muchos países y muchos de ellos lamentablemente vistos como desecho y/o contaminación en nuestro país. El bagazo es el resultado de moler los tallos de la caña, de su saturación con agua y su posterior separación en parte sólida, (bagazo integral) y diluida (guarapo). Este subproducto está formado por un conjunto de partículas de diferentes tamaños cuyo promedio oscila alrededor de 2.5 mm

Necesidad de suplementación proteica en la alimentación de ganado bovino a base de residuos de la agroindustria cañera.

Puesto que el nitrógeno es un nutriente limitante en los forrajes de baja calidad, la suplementación con nitrógeno proteico o nitrógeno no proteico (NPN) se ha utilizado para suministrar el amoníaco (NH_3) a los microbios del rumen y para aumentar la ingesta voluntaria (Mathis et al., 2000). Sin embargo, el impacto de la suplementación de nitrógeno en forrajes de baja calidad también puede depender de la fuente y la disponibilidad de hidratos de carbono fácilmente fermentables ofrecidos (Mathis et al., 2000). Los procesos microbianos en el rumen confieren la capacidad de convertir alimentos fibrosos y nitrógeno no proteico en nutrientes valiosos para los rumiantes (Dewhurst et al., 2000). En el presente trabajo se exploró la suplementación proteica con un subproducto hidrolítico de la producción de la enzima MTgasa; dicho residuo resulta económico y de muy buena calidad proteica, ya que la proteína es fácilmente digestible por los rumiantes.

Hidrolizado de Transglutaminasa Microbiana (H-MTgasa) como aporte de nitrógeno. Se trata de un sub-producto micelial obtenido durante el proceso de producción de transglutaminasa microbiana (MTGasa), como hidrolizado, en estado de gel. Para su producción se utiliza glucosa obtenida de harina de sorgo la cual pasa por dos procesos: Hidrólisis enzimática con amilasa y α-amilasa seguido de una centrifugación para separar la glucosa del resto de los componentes de la harina. El subproducto derivado de esa producción, contiene una alta concentración de proteínas, considerándose por tanto un buen suplemento para alimento animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El bagazo fue donado por el ingenio SAPI, S.A. de C.V., ubicado en la ciudad de Panuco, Veracruz, México, recibiéndose con una humedad aproximada de 40 g/100 g. Se utilizó hidróxido de sodio ACS de la marca *Fermont* con número CAS 1310-73-2 en presentación de lentejas.

Metodología

El bagazo integral es sometido a un proceso de tamizado en equipos clasificadores oscilantes (*tumbling screen*). La fracción gruesa mayor de 30 mm es separada para ser reprocesada ulteriormente; por su parte, la fracción aceptada es mezclada continuamente con una solución de hidróxido de sodio 2 Normal (Figura 1), manteniéndose durante 10 min en impregnación. Posteriormente, se añade una solución de miel + urea + sales minerales. Se suplementó proteicamente, con maralfalfa (*Pennisetum sp*), caña fresca, y biomasa micelial resultante de la producción de transglutaminasa. Para evaluar la digestibilidad del alimento elaborado se realizó la determinación de digestibilidad por el método de *Tilley* y *Terry* utilizándose líquido ruminal obtenido de una vaca fistulada. Con la finalidad de visualizar la ganancia en peso diaria de los bovinos de una forma teórica se generó un modelo, que sirviera para observar los diferentes pesos que se podrían esperar con los tres puntos de control (bagazo integral, bagazo pre-digerido y formulación final BPS) así mismo se compara con el aumento en peso alimentando al ganado con un pasto Bufel. El modelo considera las variables de comida (entre 2 y 3 g/100 g del peso vivo), el agua (35 L), las excretas y un factor para los riesgos en la salud. La rutina se realizó en *Microsoft Excel* y los datos se graficaron paralelamente en *Origin pro versión 8.*

RESULTADOS

Para caracterizar el subproducto de *MTgasa* se realizó un análisis bromatológico obteniéndose como resultados relevantes, un contenido de proteína total de 11 g/100 g en base seca y cenizas de 1.7 g/100 g. Estos contenidos permiten la inclusión de este residuo en la alimentación animal de forma prometedora. En el Cuadro 1 se reflejan parámetros importantes del alimento formulado, como son la proteína cruda en la que se puede observar un aumento considerable en la formulación final **BPS**; lo anterior, debido a la correcta suplementación proteica; también, se observa un aumento en el contenido de cenizas lo que significa un aumento en el contenido de minerales. Otro resultado importante es la disminución del contenido de

Cuadro 1 Análisis químico proximal de alimentos formulados.

Muestra g/100 g muestra	Humedad	MS	PC Proteina Total BS	Ceniza	EE Extracto Etéreo	FC BS	ELN BS	FDA Fibra Detergente Acida bs	LDA Lignina BS
Bagazo Integral	7.4	92.5	4.2	4	1.7	80.7	2	63.89	25.36
Bagazo Predigeido	8.7	91.2	6.1	7.8	1.8	46.0	29.4	50.22	13.23

lignina, ya que el Bagazo Integral contenía 25 g/100 g y se logró una disminución de 12 g/100 g de lignina. En la Figura 2, se presentan las imágenes obtenidas por la técnica de MCBL, la Figura 2.b es una imagen comparativa de bagazo post-tratamiento alcalino en la que se aprecia la fragmentación del material fibroso como reacción al agente alcalino, se aprecia la delignificacion de la fibra debido a la fluorescencia de la lignina (Tiango, 2014) comparada con la imagen 2.a perteneciente al bagazo integral sin tratamiento. En la prueba de Digestibilidad *in vitro* DIIV (Mishra, 2000) se observa un aumento de la digestibilidad del bagazo integral con 32 g/100 g al bagazo pre-digerido con un 60.33 g/100 g, cuyos resultados son notablemente mayores al del pasto estrella, que reporta una digestibilidad de 51 g/100 g.

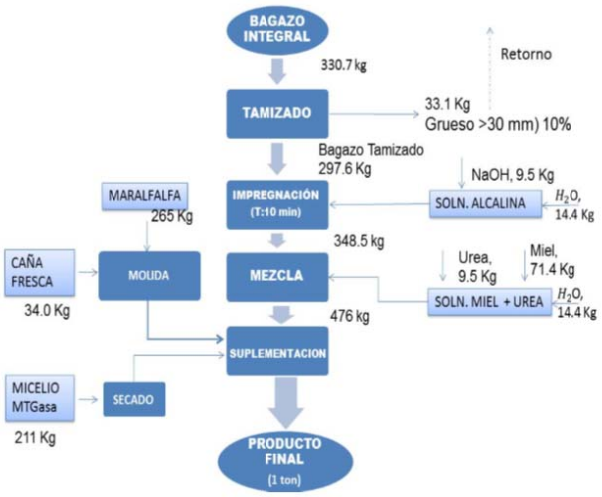


Figura 1 Diagrama de flujo de alimento animal a base de bagazo suplementado con Hidrolizado de MTgasa.

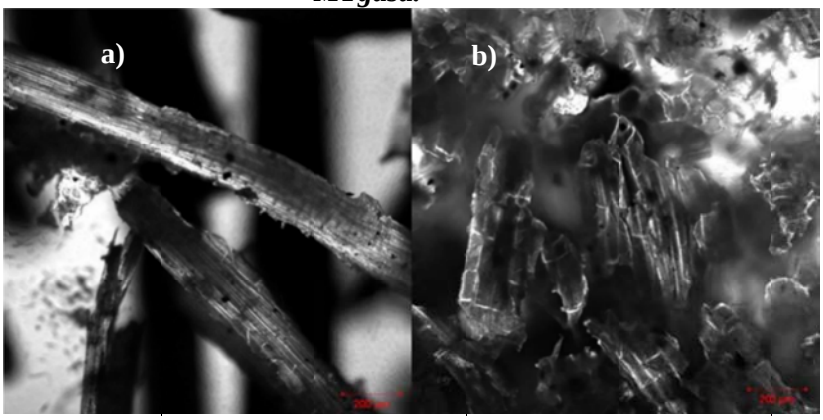


Figura 2. Microfotografías por MCBL (a) Bagazo Integral; (b) Bagazo tratado alcalinamente. (Nanociencias- IPN)

Se realizaron cuatro corridas de la rutina de ganancia en peso desarrollada, en la Figura 3 se aprecia claramente un mayor aumento en peso para los individuos alimentados con la formulación final; ya que en comparación con las alimentadas con bagazo integral la diferencia en ganancia en peso por un periodo de 100 días es de 351 kilos. Si hiciéramos la comparación del alimento final (Bps) vs el Zacate bufel

observamos una ganancia en peso con el alimento final de 640.1 kg, en comparación con 439.6 kg obtenidos con el zacate bufel, lo cual equivale en kilos de carne a 200.5 kg (Figura 3).

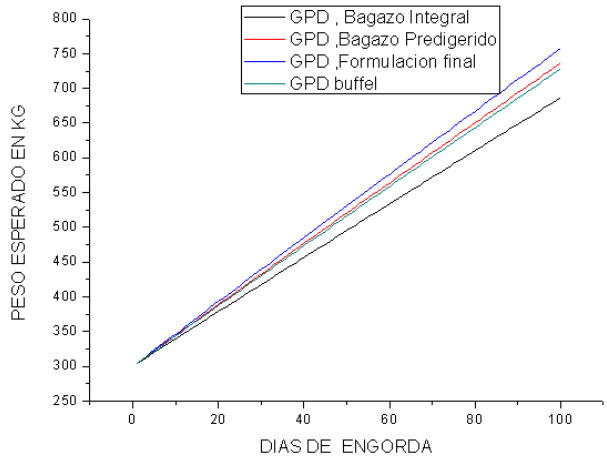


Figura 3 Gráfica peso esperado vs días de engorda

CONCLUSIONES

El pre-tratamiento alcalino, basado en una solución al 12.5 g/100 g de NaOH, con un tiempo de retención de 10 minutos, permitió la pre-digestión del componente fibroso del bagazo de caña de azúcar, mostrando en los estudios morfológicos por MCBL cambios y rupturas en la textura de la fibra, de igual manera, en el análisis bromatológico se observa una disminución de un 12 g/100 g de lignina gracias a la delignificación del NaOH, siendo la información complementada con el aumento significativo del porcentaje de la digestibilidad en DIIV. La inclusión de insumos no convencionales como la maralfalfa y el subproducto de la transglutaminasa MTGasa, representa un aporte novedoso en el desarrollo de un alimento proteicamente balanceado en forma de harina forrajera que, a su vez puede contribuir a paliar la influencia de factores climáticos adversos en el sector agropecuario de Tamaulipas y otras zonas del país.

AGRADECIMIENTOS

A los Proyectos **SIP20140206** y **SIP 20151141** del Instituto Politécnico Nacional IPN, a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y al Instituto Tecnológico de Altamira.

REFERENCIAS

1. Bandyk et al., 2001, C.A. Bandyk, R.C. Cochran, T.A. Wickersham, E.C. Titgemeyer, C.G. Farmer, J.J. Higgis, Effect of ruminal vs post-ruminal administration of degradable protein on utilisation of low quality forages by beef steers. *J. Anim. Sci.,* 79, pp. 225–231
2. Camolezi Gaspar Ana Luisa, Silvana Pedroso de Góes-Favoni 2014. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *F. Chemistry.* Volume 171, Pages 315–322 doi:10.1016/j.foodchem.2014.09.019
3. Dewhurst R.J, D.R. Davies, R. J. Merry 2000. Microbial protein supply from the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 85, pp. 1–21.
4. ICIDCA, 1988. "Manual de los derivados de la caña de azúcar" Instituto Cubano de investigaciones de los derivados de Azúcar, Colección GEPLACEA, pag.3.
5. Mathis R.C. C., J.S. Heldt, B.C. Woods, I.E.O. Abdelgadir, K.C. Olson, Mishra A.S., O.H. Chaturvedi, A.Khali, R. Prasad, A. Santra, S. Parthasarathy, R.C. Jakhmola 2000. Effect of sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide treatment on physical and chemical characteristics and IVOMD of mustard Straw. *Animal Feed Science and Technology* 84, 257-264.
6. Ortiz-Rubio M.A. E.R. Ørskov, J. Milne. Effect of different sources of nitrogen on *in situ* degradability and feed intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*Saccharum officinarum*), *Animal*

Feed Science and Technology, Volume 139, Issues 3–4, Pages 143–158. Doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.01.016.

7. Pereda S.M., González M.S.S., Arjona S.E., Bueo A.G. y Mendoza M.D. 2005. Ajuste de modelos de crecimiento y cálculo de requerimientos nutricionales para bovinos Brahman en Tamaulipas, México. *Agrociencia* 39, (1): 19-27.
8. Russell J.B., D.B. Wilson, Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH. *J. Dairy Sci.,* 79 (1996), pp. 1503–1509.
9. Tiago A. Chimenez , Gehlen M.H, Marabezi K., Curvelo A.S. 2014. Characterization of sugarcane bagasse by autofluorescence microscopy. *Cellulose* 21:653–664 DOI 10.1007/s10570-013-0135-9.

DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE ALIMENTO BALANCEADO USANDO CÁSCARA DE LIMÓN Y SUBPRODUCTOS DE INDUSTRIAS AZUCARERA Y DE PASTAS SECAS

DESIGN OF AN INDUSTRIAL PLANT FOR BALANCED FOOD USING LEMON PEEL, AND SUGAR AND DRY PASTE INDUSTRY SUBPRODUCTS

Borkosky[1] Daniel; Barnes[1], Norma G., Correa[1], Carlos; Agullo[2] Patricio; Paz[1] Dora; Albarracín[2], Patricia M

(1) Dpto. Ingeniería de Procesos y Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Avenida Independencia 1800, 4000 S.M. de Tucumán, Argentina
(2) Dpto. de Ciencias Básicas, facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 1100, 4000 S.M. de Tucumán, Argentina pmariaalb@yahoo.com.ar

RESUMEN

Las empresas cítricas obtienen como residuo de su proceso industrial grandes volúmenes de cáscara de limón. Por poseer alto valor energético, nutrientes digeribles totales y bajo costo, es posible de ser utilizada como materia prima principal de alimentos para rumiantes. En investigaciones previas a escala laboratorio, se formuló un alimento balanceado usando cáscara de limón como componente mayoritario y subproductos de industrias azucarera (melaza y crema de levadura) y de pastas secas. Este trabajo consistió en diseñar un proceso de producción industrial del alimento anteriormente formulado. Para ello se definieron 6 etapas de elaboración y se dimensionaron los equipos tomando como base de producción 8000 kg/h de alimento en un sistema de producción continua. Para definir tanto la factibilidad técnica como económica del proyecto, se calcularon la VAN y TIR como parámetros de evaluación para un plazo de 5 años. Las conclusiones fueron satisfactorias dado que la posibilidad de producir nuevos productos utilizando residuos cítricos, fomenta el desarrollo económico de la región. Respecto al medioambiente se reduce considerablemente la contaminación al emplear los residuos como materia prima. Desde el punto de vista social genera nuevos puestos de trabajo permanente para la operación y mantenimiento del proceso.
Palabras clave: Cáscara de limón, melaza, crema de levadura, pasta seca

ABSTRACT

Citric industries obtained as residue high-volumes of lemon`s peel. To possess high energy, total digestible nutrients and low cost, it is possible to be used as the main raw material of feed for ruminants. In previous research laboratory scale, a balanced feed was formulated using lemon peel as a major component, and subproducts from cane sugar and dry paste industry (yeast cream and molasses). This work was to design a process of an industrial production for a food previously formulated. Based in a production of 8000 kg / h of food in a continuous production system, there were defined six processing steps and were dimensioned the equipment for each step. The technical and economic feasibility of the project was assessed by calculating VAN and TIR parameters for a term of five years. The findings were satisfactory given the possibility of producing new products using citrus waste. Environment pollution is greatly reduced by using industrial waste as raw material. Further, new permanent jobs were generated.
Keywords: Lemon peel, molasses, yeast cream, dry paste

INTRODUCCION

En la provincia de Tucumán, Argentina, el principal residuo generado por las industrias citrícolas es la cáscara húmeda del limón, la cual posee un gran contenido en fibra y un costo relativamente bajo, comparado con su valor nutritivo [1]. Contiene un alto porcentaje de pectina y carbohidratos solubles.

Este subproducto agroindustrial, de bajo costo en la región, se revela eficaz, en diversos estudios, para ser utilizado sin adición nitrogenada como suplemento invernal en ganado adulto en cría extensiva sobre praderas naturales, asegurando de esta manera la posibilidad de elaborar de un alimento balanceado para ganado [2].

Los balanceados comerciales presentan ciertas características generales similares, como ser contenido de proteína, materia seca, lípidos, etc. Comparando los formulados con las dietas antes mencionadas, se observa una proximidad en su valor nutricional, lo cual, considerando experiencias realizadas en la provincia de Entre Ríos [3] , verifica la posibilidad de incorporar residuos de la industrialización del limón en la alimentación del ganado vacuno. Se concluyó que la pulpa de citrus suplementado con proteínas constituye un recurso excelente para la alimentación del ganado.

La cáscara húmeda del limón es un subproducto que posee nutrientes digeribles totales de aproximadamente 80% sobre la base de materia seca, alto contenido energético y es de bajo costo, lo que hace que se considere posible su utilización como materia prima principal de alimentos para animales [4]. En este sentido, en investigaciones previas a escala laboratorio, se formuló un alimento balanceado para ganado bovino a partir de cáscara de limón como componente mayoritario suplementado con melaza, urea, maíz y premezclas comerciales de vitaminas y minerales [5], [6].

El presente trabajo se centró en el diseño del proceso y de los equipos necesarios para implementar una planta de elaboración a nivel industrial del alimento balanceado empleando fundamentalmente residuos de cáscara de limón y subproductos de industrias azucarera (melaza y crema de levaduras) y de pastas secas. Además, se realizó el análisis económico del proyecto a los fines de evaluar su factibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La disponibilidad de materia prima es un factor limitante del proceso por lo que se adoptó un almacenamiento de materia prima con capacidad de alimentar al proceso durante 12 hs (1/2 Jornada).

Se adoptó para el cálculo la cáscara húmeda de limón equivalente a la generada por una planta de industrialización de cítricos de 200.000 toneladas de fruta fresca anuales, para asegurar una disposición para elaborar el alimento: 21.000 kg/h de cascara húmeda durante los 180 días de zafra. Los parámetros dimensionados fueron: capacidad, humedad, granulometría de los ingredientes y potencia requerida por los equipos.

El proceso de elaboración del alimento balanceado se diseño determinando las condiciones de operación de los equipos involucrados adoptando un sistema de producción continua y considerando las siguientes etapas de proceso: Acondicionamiento de la materia prima (extracción, filtrado y lavado de los flavonoides presentes en la cascara del limón y responsables del sabor amargo del efluente); Formulado del alimento (agregado, mezclado y homogenización de los constituyentes); Preparación del producto (secado y pelletizado para su comercialización); Envasado y Almacenamiento del producto final [7]. Se realizaron en cada etapa los balances de materia y energía para definir las magnitudes de las corrientes involucradas en el proceso que permitió calcular los equipos necesarios [8].

Se adoptó el tamaño de pellet de 15 mm de diámetro por 25 mm de longitud, considerando las características de pellets comerciales de alimento balanceado.

Para definir tanto la factibilidad técnica como económica del proyecto, se calcularon el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como parámetros de evaluación. Para los cálculos se consideró un plazo de 5 años que es el tiempo estimado de duración de los equipos en las condiciones de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los balances de masa y energía de cada etapa del proceso se calcularon las magnitudes de cada corriente y

se definieron los equipos necesarios para cada operación involucrada como se lo muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Magnitud de cada corriente del proceso y equipos necesarios

Corriente	Equipo	Descripcion	Magnitud Kg/h
Cáscara húmeda de limón	Extractor	Efluente industrialización del limón	21.000
Solución Etanol-Agua		Etanol Recuperado	61.703
Crema de levaduras	Enmelazadora	Industria Sucro-alcoholera	10.741
Residuo de Pasta seca	Mezcladora	Efluente Industrias de Pastas Seca	351
Residuo de Pasta seca	Mezcladora	Efluente Industrias de Pastas Seca	351
Melaza	Enmelazadora	Efluente Industria Azucarera	670
UREA	Mezclador	Distribución Comercial	30,5
Pre-mezcla de vitaminas y minerales		Distribución Comercial	30,5
Agua salida secadero	Secadero	Agua evaporada proceso de secado	7846,5
Pellet de Alimento Balanceado seco		Producto final deseado	7.628
Solución de Flavonoides	Filtro lavador	Sobrenadante expulsado por Pared Filtro Lavador	91.378
Solución de extracción	Extractor	Solución obtenida en el Extractor	83.115,2
Agua de lavado	Filtro lavador	Agua recuperada proceso	Agua de lavado
Cáscara tratada		Salida sólidos filtro - lavador	Cáscara tratada
Sólidos Alimento	Molino	Salida Mezclador de sólidos	4.520
Solido molido		Salida Molino con granulometría deseada	4.520
Harina Húmeda de alimento	Granuladora	Alimento no preparado para comercializar	15.930,9
Pellet húmedo	Secadero	Producto obtenido a la Salida de la granuladora	15.930,9

Del proceso de elaboración calculado se obtendrá un producto de 8000 kg/h lo que equivale a 6400 bolsas de alimento balanceado, de 30 kg cada una, por día. El producto final obtenido presenta una granulometría, homogeneidad y humedad acorde a los requisitos del mercado, y se encuentra preparado para su comercialización y distribución.

Como resultado del trabajo, se definieron y/o diseñaron los equipos correspondientes: un tanque cisterna de acero inoxidable con una capacidad de stock de 6 días de funcionamiento; un tanque agitado discontinuo de extracción de flavonoides para procesar 3500 kg de efluente de limón diarios; un sistema de mezcla y homogeneización, un secadero continuo rotatorio, un molino de discos, una prensa peleteadora y una empaquetadora.

Se adoptó el tamaño de pellet de 15 mm de diámetro por 25 mm de longitud, considerando las características de pellets comerciales de alimento balanceado.
Del análisis económico del proyecto, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de 33.565.063 $ y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12,58%, como parámetros de evaluación, resultando un proyecto rentable.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados muestran como una opción rentable el proyecto de obtención a nivel industrial de un alimento balanceado empleando residuos agroindustriales locales, de las industrias citrícola, azucarera y de pastas secas.
Considerando el medioambiente, este proyecto tendría un impacto positivo ya que impide la contaminación de recursos hídricos, y ahorraría energía evitando el secado de cáscara y la contaminación del aire mediante la no generación de efluentes gaseosos.
Desde el punto de vista social la implementación de este trabajo generaría nuevos puestos de trabajo para la operación y mantenimiento del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Federcitrus. Federación Argentina de Citrus. La Actividad Citrícola Argentina. [en linea] 2013. Disponible en: http://www.federcitrus.com
2. Coppo J.A. y Mussart de Coppo N.B. Bagazo de citrus como suplemento invernal en vacas de descarte. 2006. Cátedra de Fisiología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar.
3. Revidatti, M.A.; Capellari, A.; Coppo, N.B.; Coppo, J.A.; Fioranelli, S.A.; Navamuel, M. Utilización de residuos cítricos en la suplementación de vacas de invernada. Evaluación de las ganancias de peso y condición corporal. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Facultad de Ciencias Veterinarias. UNNE Universidad Nacional del Nordeste. 2000.
4. Gohl B.I. Citrus by-products for animal feed [en linea] 2006. Disponible en: http://www.fao.org/DOCREP/004/X6512E/X6512E08.htm.
5. Albarracín P; Prieto D.; Barnes N; Paz D y Genta H (2011). Elaboración de dietas utilizando cáscara de limón en alimento para ganado bovino. www.ergomix.com
6. Albarracín P.M., Tereschuk M.L., Prieto D., Gonzalez M., Paz D. Extracción de flavonoides en cáscara de limón para ser incorporada en un alimento balanceado. Congreso Mundial Ingenieria 2010. Buenos Aires. Argentina
7. Perry, r. h., Green, d. w., Maloney, j. o.; (1992); "Manual del ingeniero químico"; McGraw-hill; México d. f. 6ta edición
8. Martín I., Salcedo R., Font R., (2011) Mecánica de fluidos. Transporte cantidad movimiento sólido-fluido, Universidad de Alicante, España.

PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES. VERSIÓN TÉCNICO COMERCIAL FUTURA

INDUSTRIAL NUTRITIONAL BLOCKS PRODUCTION. TECHNICAL & COMMERCIAL FUTURE STYLE

Autores: Ing. Raúl Costales Sotelo e Ing. Carlos Bravo Pino.
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
raul.costales@icidca.azcuba.cu - carlos.bravo@icidcamy.azcuba.cu

RESUMEN
El desarrollo de la producción industrial de bloques multinutricionales está llegando a su conclusión, los resultados técnicos obtenidos y los ajustes en el equipamiento se plasman en la ejecución de 9 de las 11 plantas acordadas de realizar en este programa. Se estudió durante el proceso la influencia de la logística en cuanto a ingredientes, productos finales y su interacción con las capacidades productivas entre otros reclamos necesarios para proyectar el desarrollo futuro de estas instalaciones. Se presenta un renovado compromiso de diseño para esta producción a escala industrial, desprovista de elementos superfluos y que minimiza la actividad humana asegurando acciones de proceso destinadas a mejorar la calidad del producto final. La alternativa mantiene los elementos de carácter económico que satisfacen las premisas económicas del programa de forma que se faciliten las decisiones inversionistas para el país y al mismo tiempo contar con un proyecto potencialmente comercializable en el extranjero.
Palabras clave: bloques multinutricionales, producción industrial, logística de producción.

ABSTRACTS
The development of industrial production of multinutrient blocks is nearing its conclusion, the technical results obtained and adjustments to the equipment are reflected in the execution of 9 of the 11 plants agreed to perform in this program. The influence of logistics, throughout the process in terms of ingredients, finished products and their interaction with the productive capacity among other claims needed to project the future development of these facilities. Presents a renewed commitment to this production on an industrial scale, without unnecessary elements and minimize the actions of human activity in a process to improve product quality. The alternative remains the economic elements that meet the economic assumptions of the program so the investment decisions are available in the country meanwhile having a potentially marketable project abroad at the same time.
Key words: multinutrient blocks, industrial production, logistic of production.

INTRODUCCIÓN

AZCUBA por espacio de 2 años ha ejecutado un proceso inversionista en el cual ya se han culminado 9 de las 11 instalaciones previstas en el programa.

De este tomamos una amalgama de situaciones, las buenas y no tanto soluciones a un mismo problema, las iniciativas no contempladas y el deseo de hacer a pesar de todo. De aquí surgió la idea de emprender una versión actualizada del proyecto que resolviera los problemas detectados en el proceso y contuviera sus aciertos, a fin de que procesos futuros se sustentaran en esta concepción; de aquí su inclinación futurista y que potencialmente le da carácter de exportación.

MÉTODO

El método empleado se sustentó en los siguientes procedimientos, comunes a los trabajos de ingeniería aplicada.

- Desarrollo de la tarea técnica del proyecto en cuestión.
- Estudio de los procesos y basamento teórico de la producción, que incluye el estudio de las materias primas y sus características, desarrollo de las operaciones mecánicas por equipos así como el estudio de los problemas desde la construcción y montaje de planta, que contribuyeron a que la instalación no haya resultado totalmente acorde a los principios que la originaron.
- Observación y análisis de ingeniería que dan lugar a la tarea que se propone en este trabajo.

Problemas detectados, fundamento para las soluciones adoptadas

Debido a la estrategia de trabajo establecida por AZCUBA, la detección y enfrentamiento a los problemas resultó ser fácilmente manejable, debido a que la mayoría de los equipos que intervienen en el proceso, fueron considerados como prototipos en el programa y construidos tipológicamente por un constructor seleccionado a manera de producción seriada; de aquí, que los problemas y errores introducidos en los mismos resultaron similares y repetitivos. Se descartan en el asunto de interés los problemas provocados por errores de montaje.

Cada equipo se analizó en cuanto a comportamiento mecánico, efectividad del diseño empleado, índice de complejidad y capacidad, costo del equipo y volumen de modificaciones entre otros indicadores de interés.

Se seleccionaron para ser comentados en el presente trabajo por su elevada influencia en el comportamiento de la planta: el mezclador principal y la prensa hidráulica que definen el volumen y la calidad de la producción.

- Prensa: Se encuentra integrada por dos sub sistemas:
  - Conjunto estructural: perfiles y laminados varios de acero estructural.
  - Sistema operacional: oleo hidráulico, presión de trabajo 120 a 150 bar.

Ambos subsistemas se estudiaron atendiendo a sus principios de trabajo empleando soluciones mecánicas encaminadas a resolver los problemas de estabilidad y evitar las deformaciones mecánicas ocurridas durante su operación continua, resultando de ello la necesidad de ser rediseñados. El comportamiento del sistema hidráulico en sentido general resultó adecuado; sin embargo, particularizando en cuanto a peligrosidad y ocurrencias de accidentes del trabajo entre otros elementos de interés, se decidió introducir modificaciones en los sistemas de tuberías, promover la automática del proceso y colocar una válvula de descarga al tanque de fluido hidráulico, cualquiera sea su forma operacional (manual o automático).

El mezclador principal se logró ajustar para brindar una operación adecuada en tiempo y mezcla en el entorno de los 20 a 25 minutos de trabajo, para este; las revoluciones del eje, el ángulo de las paletas a 45°, direccionadas en forma alterna de 3 al frente y 2 en reversa, logró que el material del batch de carga cumplimentara los requisitos de dispersión de los componentes y periodo de transporte en el término seleccionado aproximadamente. En sentido general el equipo no ha brindado un comportamiento fiable por lo que se decide sustituir por otro modelo para el futuro.

Los órganos de transporte de ingredientes de la planta; alimentador de cachaza e ingredientes mezclados a la prensa, resultaron modificados para mejorar el funcionamiento de los equipos alimentados. Ver tabla No 1.

Tabla No 1. Características de los órganos de transporte de materiales

Equipo	Capacidad	Características
Alimentador de cachaza	3.5 t/h	Banda con tacones transportando desde el nivel de suelo hasta el mezclador principal.
Alimentador a la prensa	1.44 t/h	Tornillo sinfín interconectando el mezclador con la prensa.

Fuente: propia

Los sistemas de movimiento de los equipos de mezcla al igual que los anteriormente analizados, fueron modificados acorde las experiencias en su explotación e influencias en el normal comportamiento de la producción que nos ocupa; los resultados finales en cuanto a la capacidad requerida de estos se muestran en la tabla No 2.

Tabla No 2. Regímenes de revoluciones a los cuales deberán trabajar los equipos tecnológicos

Equipo	Régimen de movimiento	Características
Mezclador de sales	60 a 75 rpm	Mezclador de doble cinta, invertidas. Rotación en el sentido horario.
Mezclador principal	40 a 50 rpm	Mezclador de paletas con arreglo en sentido para garantizar patrones de mezcla y conducción.

Fuente: propia.

Para las mediciones de los regímenes operacionales se empleó; un cronometro digital y un tacómetro acorde al régimen de revoluciones del equipo, los patrones comparativos de la mezcla fueron estimados a partir de la calidad de la mezcla y distribución de colores según ingredientes en la misma. En particular las aproximaciones en el mezclador principal no solo resultaron ser las más complicadas sino también primordiales para lograr la calidad de la producción de los bloques. Para el mezclador de sales se corroboró la hipótesis sobre su capacidad de romper terrones de sales o de la propia urea y homogenizar la mezcla en escaso periodo de tiempo, estimándose imprescindible modificar y forma de controlar su descarga. Se le otorgó a la operación de preparación de estos valiosos componentes hasta 10 minutos.

RESULTADOS

El resultado del trabajo conduce inevitablemente a modificar el proyecto de la instalación, realizando un diseño más compacto y seguro operacionalmente al actualmente empleado. La figura No 1 muestra esquemáticamente la nueva concepción de este proyecto, resultando posible apreciar por su grado de compacidad que se suprimen las elevaciones de cargas a todos los niveles y con ello humanizar la producción y además beneficios esperados al eliminar por las modificaciones implementadas los problemas de diseño mecánico de esta instalación que fuera generalizada en el programa de alimento animal.

Esta configuración resuelve algunos de los problemas que desfavorecieron estas plantas con la manipulación y transporte de la cachaza reduciendo el tiempo de carga y operacional de un batch formulado, permite la adición de las sales desde el nivel de piso terminado erradicando la estiba de los sacos de sales y la necesidad de contar en cada planta con un piso para la manipulación de las sales facilidades que reducen igualmente el desgaste humano que se traduce por cansancio en la perdida de capacidades productivas.

Se erradica la adición de la cal en el mezclador debido a la propuesta de empleo de un mezclador tubular de elevados patrones de mezcla a la vez que se eliminan los problemas anteriormente enunciados en relación al modelo de mezclador de paletas. Se asume por la reingeniería de la instalación y las modificaciones propuestas al cumplimiento de los propósitos de incrementar la seguridad, compacidad así como mejor atención a la higiene y seguridad del trabajador.

Desde el punto de vista económico, los gastos incurridos por la inserción y modificación de equipos estimativamente están compensados con la reducción de aceros estructurales, polipasto para la elevación de cargas, acondicionar un piso de sales de paredes protegidas y piso de concreto para la protección de los insumos y protección a la corrosión respectivamente. Sin considerar que la nueva alternativa puede finalmente lograr las capacidades de producción que se habían analizado para estas plantas, es decir, lograr los indicadores que se proclamaron para este programa de desarrollo.

Resulta importante destacar que muchos de los aspectos enunciados están legitimados y carentes de dudas debido a las experiencias logradas y resultados alcanzados en una de las más recientes plantas asesoradas,

que fuera modificada muy cercana a la que se enuncia, en lo cual la UEB asumió como propia parte de los cambios ante las evidencias de los problemas presentados en otras instalaciones pertenecientes a este programa.

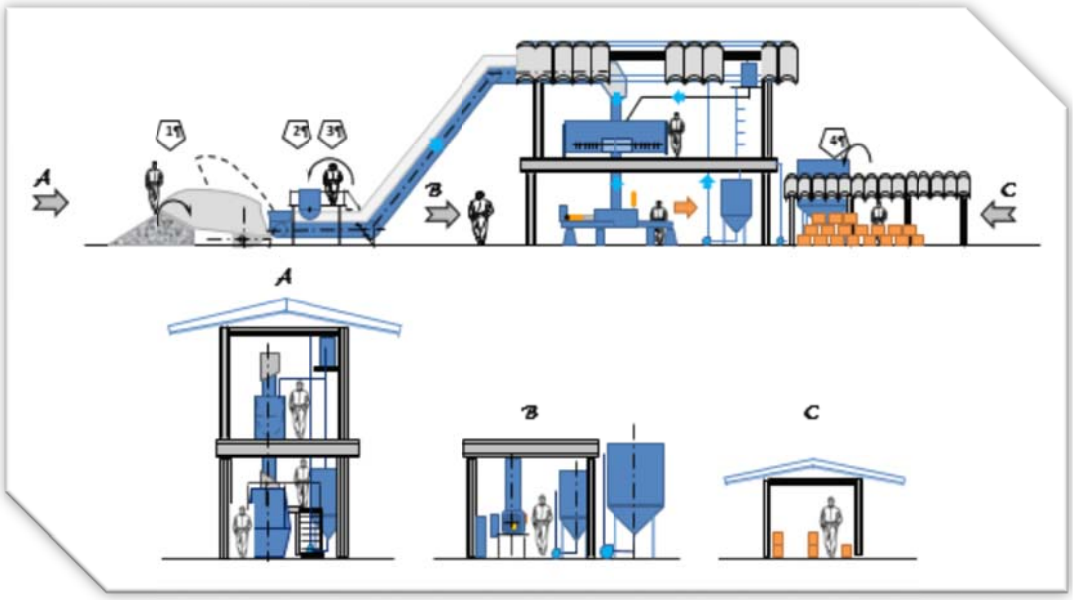


Fig. No1. Representación esquemática de la nueva planta de Bloques Multinutricionales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El desarrollo del programa de introducción industrial de los BMN en el país no solo ha permitido la generalización del resultado nacionalmente sino que los beneficios esperados están en camino de cumplimentarse a plenitud, siempre y cuando se trabaje sin violar los principios tecnológicos de la producción.
2. La asimilación de conocimientos a través de las asesorías para las modificaciones y puesta en marcha de 9 instalaciones constituye una base irrefutable para el desarrollo de esta instalación cuyo carácter de terminación y elegancia puede hacer de la misma un bien de carácter exportable, toda vez que en la mayoría de las literaturas analizadas se reportan solamente producciones de carácter artesanal.
3. La conclusión del trabajo realizado implica la realización de la Ingeniería Básica para el desarrollo de esta instalación y elaborar el estudio de factibilidad correspondiente a fin de recalcular los valores de inversión y el impacto de la misma en relación a las evaluadas anteriormente en el programa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Costales, Sotelo. R. (abril de 2012), Ingeniería Básica plantas de BMN ICIDCA.
2. Saenz, Coopat. T., Costales Sotelo, R., (mayo de 2012), Estudio de factibilidad de BMN ICIDCA.
3. Costales, Sotelo. R, Bravo, Pino. C. (2014/2015), Informes internos sobre asesorías en la construcción, montaje y puesta en marcha de 9 instalaciones del programa. ICIDCA.
4. Bravo, Pino. C, Costales, Sotelo. R. (2014/2015), Actas de trabajos de modificaciones y aceptación funcional de las plantas de bloques multinutricionales. ICIDCA.

VALIDACIÓN DEL USO DE LA LEVADURA FORRAJERA (*Candida utilis* NRRL Y-660), A PARTIR DE VINAZA Y MIEL EN LA FABRICACIÓN DE LOS SUSTITUTOS LECHEROS PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOS TERNEROS(AS) EN CRÍA ARTIFICIAL

VALIDATION OF THE USE OF FODDER YEAST (*Candida utilis* NRRL Y-660), (FROM VINASSES AND MOLASSES) IN THE PRODUCTION OF A MILK SUBSTITUTE FOR THE NOURISHING OF MALE AND FEMALE CALVES UNDER ARTIFICIAL BREEDING

Carmen A Guevara Rodríguez [(1)], Víctor Rodríguez Domínguez [(1)], Caridad Suárez [(1)], Anais Rodríguez Medina [(2)], y Laura Rodríguez Acosta [(2)].

1. Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
2. Empresa Pecuaria Genética Los Naranjos. Caimito. Provincia Artemisa.
   Email: amarilys.guevara@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Se evaluó la levadura torula (Candida utilis NRRL Y-660) como fuente proteica en un sustituto lácteo, suministrado a 30 terneras de la línea leche, de 31 a 90 días de nacidas, mediante un diseño aleatorio con 3 tratamientos y 10 réplicas cada uno. En el tratamiento control (T1) se suministró Raltec, en el T2 (NUCLIMIX más levadura torula de vinaza) y el T3 (NUCLIMIX más levadura torula de miel). Los datos se procesaron por el sistema de cómputo de datos STATGRAPHIC CENTURION XV. La ganancia media diaria fue superior en los tratamientos 2 y 3, que difieren significativamente del tratamiento control ($P \leq 0,05$) y no muestran diferencias estadísticas entre ellos. El consumo en el T2 fue superior con relación al T3 y T1 en 0.17 y 25 kg respectivamente. Se concluye que con la inclusión de levadura torula de vinaza, se obtienen ganancias de PV de 638 g/animal/día.

Palabras clave: validación, levaduras, sustitutos lácteos, terneras.

ABSTRACT

The Torula yeast was evaluated (*Candida utilis NRRL Y-660*) as a protein source in a milky substitute, supplied to 30 calves of the line milk, of 31 to 90 days of born, distributed at random design with 3 treatments and 10 replicas each one. In the treatment control (T1) Raltec was given, in the T2 (NUCLIMIX more Torula yeast from vinasses) and the T3 (NUCLIMIX more Torula yeast from cane molasses). The data were processed by the system of computation of data STATGRAPHIC XV CENTURION. The daily half gain was superior in the treatments 2 and 3 that differ significantly of the treatment control ($P \leq 0,05$) and they don't show statistical differences among them. The intake in the T2 was superior in relation to T3 and T1 by 0.17 and 25 kg respectively. It was concluded that with the inclusion of Torula yeast from vinasses it's possible to attain gains of living weighs of 638 g/animal/day.

Key words: validation, yeast, milk substitute, calves.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que los terneros en su etapa temprana de vida requieren para su alimentación de leche entera, lo que significa una competencia con el humano por este producto. **(Plaza et al, 1986).**

En Cuba, como parte de la tecnología de la cría intensiva del ganado vacuno se introdujo, desde sus inicios, el sistema de cría artificial de terneros (as) con el suministro de alimentos líquidos en pozuelos de 3-90 días, utilizando reemplazantes de importación y el sustituto Los Naranjos fabricado en la propia Empresa Pecuaria Genética que lleva su nombre, en el cual la levadura torula a partir de miel fue utilizada desde hace más de 30 años como fuente de proteína con resultados satisfactorios **(González, 1990),** pero no así la levadura torula de vinaza (*Candida utilis* NRRL Y-660) que se estudia por primera vez como fuente proteica en este tipo de alimento; orientando nuestro trabajo a su evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en la Empresa Pecuaria Genética "Los Naranjos", con 30 terneras de líneas de leche (Holstein puro y mestizo) de 31-90 días de nacidas, durante 8 semanas, en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y 10 réplicas cada uno.
El procesamiento de los datos se realizó en el sistema de cómputo de datos STATGRAPHIC CENTURION XV. (1982-2007).
El reemplazante lechero evaluado, fue nominado sustituto Los Naranjos TV (50% NUCLIMIX + 50% Levadura torula de vinaza).
La levadura torula de vinaza (*Candida utilis* NRRL Y-660), proteína microbiana obtenida a partir del sustrato vinaza, residual de la producción de alcohol, altamente agresivo al medio ambiente. La composición bromatológica es de 92 % de materia seca y 42% proteína bruta (**Otero, 2008).**
El NUCLIMIX, concentrado lácteo para su uso en la cría artificial de terneros y ovinos - caprino nombrado,(fabricado por la Firma CAMPI, en México), validado para su introducción en Cuba combinado con la Soya H-20 como fuente proteica, por el Instituto de Ciencia Animal (ICA), con resultados positivos (**Rodríguez,2009**).
La levadura torula de miel (*Candida utilis* NRRL Y-660) se empleó para corroborar la eficacia comparativamente teniendo en cuenta los resultados obtenidos por otros autores **(Simón et al, 1984).**
A continuación en la tabla 1, se detalla el diseño por etapas y tratamientos del suministro de los sustitutos

Tabla I: Descripción de los tratamientos

Etapas (días**)**	**T1**. (**control**) (Sust Import. Raltec 2)	**T2**. Sustituto Los Naranjos TV (50% NUCLIMIX + 50% Levadura torula de vinaza)	**T3** . Sust Los Naranjos TM (50% NUCLIMIX + 50% Levadura torula de miel)
11- 30	4 litros	**4** litros. Sust Import. Raltec 2)	**4** litros. Sust Import. Raltec 2)
31 - 60	4 litros	**2** litros. Sust. Import. Raltec 2)	**2** litros. Sust. Import. Raltec 2)
		2 litros. Sust .Los Naranjos TV	**2** litros. Sust. Los Naranjos TM
61- 90	4 litros	**4** litros. Sust Los Naranjos TV	**4** litros. Sust Los Naranjos TM

En todos los tratamientos el suministro de sustituto fue de 4 litros diarios en 2 tomas al día, con una dilución de 115g/litro. El agua potable y pienso de inicio a los terneros fue a voluntad durante todo el experimento. El heno se suministró al libitum a partir de los 61 días de edad.
La dilución de los sustitutos lácteos en el agua potable, se realizó a una temperatura de 48- 50 °C y se suministró a 36 °C.
El análisis del comportamiento de los animales se realizó con el pesado de las terneras al inicio y final de cada etapa, Control diario del consumo de pienso de inicio por ternera, la ganancia media diaria de PV por animal de 31 - 90 días y el control diario de la presentación de procesos entéricos.
Se realizó una valoración económica, utilizando como premisas los precios de Alimport, 2014 y AZCUBA, 2014.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se refieren la ganancia de peso vivo de las terneras en la etapa de 31 - 90 días.

Tabla II. Ganancia de peso vivo de las terneras en la etapa de 31 - 90 días

Tratamientos	Etapa (días)	Peso Vivo Inicial (Kg.)	Peso Vivo Final (Kg.)	Ganancia. g/día	ES
T1	58	33	47	241[a]	17,2
T2	58	40	77	638[b]	34,9
T3	59	39	72	559[b]	48,6

*Letras desiguales, difieren significativamente. (P<0.05).Duncan

Para la ganancia media diaria no se encontró diferencia significativa entre el tratamiento T2 con respecto al T3, (la ganancia en el T2 fue superior en 79 gramos). El T2 y T3 son significativamente mayores que el T1 en un 95 % de confianza, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores, **(González, 1990)** y **(Chongo, 1983),** con el uso de la levadura forrajera de miel (*Candida utilis* NRRL Y-660) como suplemento proteico en el reemplazante entre 30 y 90 días de edad. Con el uso de la levadura de vinaza como fuente proteica en el sustituido lechero se obtienen ganancias de peso vivo de 638 g/animal/día, superiores a las obtenidas por **(González, 1990),** cuando utilizo la levadura de miel como suplemento del alimento lácteo a partir de los 30 días de edad. Según **(Plaza et al, 1986 y 2003),** la levadura también puede utilizarse como suplemento de la leche y obtenerse ganancia en los terneros de 600 g/día.

Tabla III. Comportamiento del consumo (kg) de pienso en la etapa de 31 - 90 días.
*

Tratamientos	Promedio	ES
T1	1.45[a]	0.09
T2	1.70[b]	0.055
T3	1.53[b]	0.048

Letras desiguales difieren significativamente (P<0.05). Duncan.

Los tratamientos T2 y T3 son significativamente mayores que el T1 con un 95 % de confianza. El consumo en el T2 fue superior con relación T3 y T1 en 0.17 y 25 kg respectivamente, correspondiendo con el estado de salud de los animales.

Se observó que en condiciones de almacenamiento a una temperatura ambiente de 22 - 33 °C el sustituto lácteo Los Naranjos TV y TM se mantiene por un período de 30 días sin cambios en las características organolépticas.

La aceptabilidad por los animales del sustituto Los Naranjos TV fue favorable desde el primer día que se le comenzó a proporcionar en el comedero.

Es importante señalar que los eventos diarreicos se mantuvieron en el tratamiento control durante todo el periodo evaluado en el 75 % de las terneras, no así en los tratamientos T1 y T2.

Las utilidades obtenidas respecto al costo/litros con el sustituto lácteo Los Naranjos TV, fueron superiores a las obtenidas con el sustituto de importación en 1.63 MM USD.

El suministro del sustituto Los Naranjos TV, representa un ahorro de leche entera por ternero de 180 litros en la etapa. En 100 000 terneros se podrá sustituir 18 MM de litros de leche anuales que equivale a 1800 t de leche entera en polvo, que implica erogar divisas en el mercado internacional por un valor de 8.87 MM USD/año, que llevado al costo del sustituto de producción nacional representa utilidades anuales en el orden de 6,37 MM $ USD.

CONCLUSIONES

1. Los resultados indican que con la levadura de vinaza se alcanzaron ganancias de peso vivo de 638 g/animal/día y con la de miel 559 g/animal/día.

2. La ganancia en peso obtenida en la totalidad de la población alimentada con el sustituto compuesto por NUCLIMIX más levadura de vinaza, resultó 2.6 veces mayor que la obtenida con el sustituto importado.

3. El sustituto lácteo Los naranjos compuesto por NUCLIMIX más levadura de vinaza, tuvo buena aceptabilidad.

4. No hubo incidencias de diarrea, ni muertes a partir de los 31 días de edad, que se inició el suministro del sustituto lácteo Los Naranjos compuesto por NUCLIMIX más levadura de vinaza.

5. En condiciones de almacenamiento por un período de 30 días mínimo, no se observó cambios en las características organolépticas.

6. Según los costos/litros de la leche entera importada y los sustitutos empleados con el uso del sustituto de producción nacional compuesto por 50% levadura de vinaza (*Candida utilis* NRRL Y-660) + 50 % de NUCLIMIX hay una utilidad de 1.6 MM USD con relación al sustituto importado.

7. En el sustituto de producción nacional compuesto por 50 % levadura vinaza (*Candida utilis* NRRL Y-660) + 50 % de NUCLIMIX se pueden entregar a la Industria, 18 MM de litros de leche entera, con un beneficio para el país de 6,3 MM de USD/año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Plaza, J.; Abreu, M.I.; Fernández, F. Efecto de la cantidad y forma de suministro de leche en el comportamiento de los terneros. Rev. Cubana Cienc.Agric.20:33. 1986.
2. González, I. Métodos de utilización de levadura torula en terneros lactantes. Resumen Tesis cand. Dr. en Ciencias Veterinaria. ISCA. La Habana.1990.
3. Simón, L. R; Lamela, L; González. E. I y Álvarez, J. Sustitución parcial de la leche por levadura torula. ACPA. 1: 51.1984.
4. Alimport. MINCEX. Comunicación verbal de especialista de la actividad. Consultado el 10 de abril del 2014.
5. AZCUBA, 2014. Fichas de costo. Dirección de contabilidad y finanza.
6. Otero, M.A., Saura, G., Martínez, J.A., Almazán del Olmo, O.A. Fodder yeast production: A new approach for distillery vinasse treatment. *Inter Sugar J* 110 (1319), 2008. . 693-696.
7. Rodríguez, V. Nuclimix, concentrado lácteo para su uso en terneros. Campi. Alimentos Balanceados. Mérida. México. 2009.
8. Chongo, Berta y Suau, E. Digestibilidad de nutrientes en terneros alimentados con diferentes niveles de levadura torula (*Torulopsis utilis*) en la leche. Rev. Cubana Cienc.Agric.17:137.1983.
9. Plaza, J. Crianza del ternero. Manual Agro- Red para la Ganadería. Tomo III. Tecnologías para la producción de leche y carne vacuna. 2003.
10. Leyva, A.I. Evolución de los precios en el mercado mundial de cinco alimentos de importación básicos (UM: USD/TM, PUESTO EN CUBA) Granma Internacional Digital. La Habana, 15 de abril del 2011. http://www.granma.cu/.Consultado el 20 mayo del 2011.

PRODUCCIÓN DE CHAMPIÑÓN OSTRA (*Pleurotus spp.*) EN BAGAZO DE CAÑA

OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus spp.)* PRODUCTION IN BAGASSE

Julio Pineda Insuasti[1], Oscar Mosquera Palacios[2], Claudia Soto Arroyave[3], Rubén Guzmán Torres[2], Nelson Santiago Vispo[4].
[1] Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra. Ecuador.
[2] Ingenio Azucarero del Norte (IANCEM), Ibarra. Ecuador.
[3]Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra. Ecuador (cebaecuador@gmail.com).
[4]Universidad Yachay Tech . Ecuador.

RESUMEN
Se estudia el proceso de fermentación sólida del bagazo de caña con la cepa de *Pleurotus ostreatus* ceba-glii-po-010606 aplicando un diseño experimental factorial 2^2, donde los factores estudiados son el tamaño de partícula y el diámetro de la biocelda. Con un 95 % de confiabilidad se evidencia que existen diferencian significativa entre los factores estudiados, se logra una productividad máxima de 15,34 g MSH/(kg MSS.día), cuando se trabaja con 1,8 cm de tamaño de partícula y 30, 48 cm de diámetro de biocelda. Los resultados logrados representan un aporte tecnológico potencial para el desarrollo industrial del champiñón ostra sobre bagazo de caña y una oportunidad para la diversificación de la industria azucarera.
Palabras claves: caña, bagazo, *Pleurotus*, champiñón, biocelda, pretratamiento

ABSTRACT
Solid fermentation process of bagasse was studied using strain Pleurotus ostreatus prime-glii-po-010 606 applying a 22 factorial experimental design, where the factors studied are the particle size and the diameter of the biocelda. With 95% confidence that there is evidence differ significantly between the factors studied, maximum productivity of 15.34 g MSH / (kg MSS.día) is achieved when working with 1.8 cm of particle size and 30 , 48 cm diameter biocelda. The results achieved represent a potential for industrial development of the oyster mushroom on bagasse and an opportunity for diversification of the sugar industry technological contribution.
Keywords: sugarcane bagasse, Pleurotus, mushroom, biocelda, pretreatment

INTRODUCCIÓN
Durante la primera mitad del siglo XXI, a medida que la población mundial aumente hasta alcanzar los 9 000 millones de personas aproximadamente, la demanda mundial de alimentos, casi se duplicará y al mismo tiempo, cada vez más, los cultivos podrían también usarse para producir bioenergía y para otros fines industriales (FAO, 2011a). De 2007 a 2009, la crisis de los precios de los alimentos seguida de la crisis financiera y la recesión económica mundial acarreó un incremento sin precedentes del número de personas que padecen hambre y subnutrición en el mundo, el cual superó la cifra record de 1000 millones en 2009 (FAO, 2011b). Este escenario muestra que nos encestamos frente a una grave crisis de seguridad alimentaria mundial (Pineda, 2014).
En todo el mundo las estrategias de las empresas y los gobiernos para afrontar el cambio climático, la producción energética, agrícola, tecnológica y de materiales están convergiendo cada vez más en torno a un mismo concepto: la biomasa.
La biomasa engloba más de 230 mil millones de toneladas de materia viva que la tierra produce cada año, como árboles, arbustos, pastos, algas, granos, microbios y más (ETC-group, 2010).
La caña de azúcar es un cultivo de grandes potencialidades por sus bondades para la producción de biomasa y su contenido en azucares. Una hectárea de caña con rendimientos de 100 t caña ha^{-1} anuales de materia

verde (peso fresco) puede suministrar más del doble de materia fresca y seca que la mayoría de las plantas, incluyendo el trigo, el maíz, la soya, la cebada y el arroz. El bagazo representa una importante fuente de nutrientes y de bajo costo para la producción de proteína microbiana, el consumo de proteína de origen microbiano es muy antiguo y conocido en todos los continentes

El bagazo, residuo lignocelulósico fibroso remanente de los tallos de caña, constituye un conjunto heterogéneo de partículas de diferentes tamaños que oscilan entre 1 y 25 mm, presentando una fracción promedio de partículas de aproximadamente 20 mm. El bagazo está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina, como principales compuestos naturales(ICIDCA, 2000). A principios del siglo XX se convierte en una opción biotecnológica para el aprovechamiento de desechos de origen agroindustrial (Robles y col., 2012) en la producción de proteína unicelular. Los microorganismos más utilizados para estos fines pertenecen a las familias de las microalgas, bacterias, levaduras y hongos.

Los hongos filamentosos más utilizados para estos fines son de los géneros: *Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia, Volvariella y Flammulina* (Chang y Miles, 2004) y dentro de los géneros de hongos más cultivados a nivel mundial se encuentra el *Pleurotus spp.* La producción del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), se fundamenta en el proceso de fermentación en estado sólido de residuos lignocelulósico, de la literatura consultada se aprecia que existe limitado conocimiento científico en dicho proceso y las variables que lo caracterizan.

El objetivo de este trabajo de investigación se centra en determinar la influencia del tamaño de partícula y el diámetro de la biocelda para la producción del champiñón ostra a partir de bagazo de caña, mediante el bioproceso de fermentación en estado sólido con el hongo *Pleurotus spp*, que permita el máximo aprovechamiento de la materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se investiga a escala de laboratorio la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) a partir de bagazo de caña de azúcar. El trabajo experimental se realizó en la planta piloto de biotecnología fúngica del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizada en la ciudad de Ibarra, a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 ºC.

Cepa, inóculo y sustrato

Como inóculo se utilizó el micelio de champiñón ostra de producción nacional de marca comercial BIODIVERSITY, preparado en granos de trigo (*Triticum aestivum L.*) con la cepa nativa de *Pleurotus ostreatus* ceba- gliie-po-010606, perteneciente a la colección de cultivos del CEBA.

Como sustrato se utilizó bagazo de caña de la empresa Ingenio Azucarero del Norte (IANCEM), ubicada en la ciudad de Ibarra.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció como unidad experimental una muestra de 4000 g de bagazo de caña y se definieron como factores de estudio el tamaño de partícula entre 0,6 y 1,8 cm y el diámetro de la biocelda entre 10,16 y 30,48 cm. Se establecieron como parámetros de operación un tiempo de fermentación de 20 días, temperatura de 18 ºC, pH de 7,2. La variable de respuesta seleccionada fue la productividad del proceso, medida en gramos de materia seca del hongo (g MSH) por kilogramos de materia seca del sustrato (kg MSS) por el tiempo en días. Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS Centurion, para crear un diseño experimental factorial estándar 2^2, con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos.

Procedimiento

Las muestras de bagazo de caña fueron tamizadas en tamaños de 0,6 y 1,8 cm, se ajustó la humedad con agua hasta un 70 %. Se llenaron bolsas de polipropileno con 4000 g de sustrato y posteriormente se pasteurizaron en un esterilizador de presión a 103,46 kPa por un tiempo de 30 min. Cuando el sustrato alcanzó la

temperatura ambiente, se cargó las biocelda de PVC y se realizó la inoculación con 10 % BS de inóculo. Las muestras se incubaron a temperatura constante en una incubadora por un tiempo de 20 días y se realizó la extracción biomasa fúngica, la cual fue pesada y secada para determinar su materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se presenta la muestra de bagazo de caña utilizada en el experimento, su composición química promedio (ICIDCA, 2000) viene dada por 46 % de celulosa, 25 % de pentosanos y 20,7 % de lignina. De igual forma se puede apreciar la producción del champiñón ostra en la biocelda de diferentes tamaños.
En su estructura se encuentra la siguiente composición: proteína (Nx4,38) 10,5-30,4 %; carbohidrato total 57,6-81,8 %; grasa 1,6-2,2 %; fibra 7,5-8,7 %. Entre los aminoácidos, vitaminas y minerales se tienen: leucina, isoleucina, valina, triptófano, lisina, treonina, fenilanina, metionina, histidina, arginina, tiamina (B1), niacina, riboflavina, ácido ascórbico, Ca, P, K, Fe, Na (Chang, 1999). Se conoce que esta especie tiene los siguientes constituyentes activos: 3-Hidroxi-3-metilglutaril-coenzima A-reductasa, proteína ubiquitina de *Pleurotus* y Pleuran (β-glucan) (Stamets, 002).

Figura 1 a) Muestra de bagazo de caña, b) biocelda de 10,16 cm y c) biocelda de 30,48 cm

En la Tabla I, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede apreciar se logra un mínimo de 8,94 g MSH/(kg MSS.día) de productividad y un máximo 15,75 g MSH/(kg MSS.día) de productividad, cuando se trabaja con una partícula de 1,8 cm y 12,48 cm de diámetro de biocelda, este resultado es mayor a los reportados en la literatura para otros residuos lignocelulósicos (Pineda, 2014), debido principalmente al mayor tiempo de retención del agua de la biocelda de mayor diámetro.

Tabla I Matriz experimental de resultados

Tratamiento	Tamaño partícula (cm)	Diámetro biocelda	Producción (g MHH	Producción (g MSH)	Productividad g MSH/(kg MSS.día)
1	1,80	30,48	1.720,00	361,20	15,05
2	1,80	10,16	1.170,00	245,70	10,24
3	0,60	30,48	1.130,00	237,30	9,89
4	0,60	10,16	1.040,00	218,40	9,10
5	0,60	10,16	1.022,00	214,62	8,94
6	0,60	30,48	1.143,00	240,03	10,00
7	1,80	30,48	1.800,00	378,00	15,75
8	1,80	10,16	1.175,00	246,75	10,28
9	1,80	30,48	1.740,00	365,40	15,23
10	1,80	10,16	1.177,00	247,17	10,30
11	0,60	30,48	1.137,00	238,77	9,95
12	0,60	10,16	1.038,00	217,98	9,08

En la tabla II, se presenta el análisis de varianza para la productividad, en este caso, 3 efectos tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla II Análisis de Varianza para Productividad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tamaño partícula	32,9677	1	32,9677	870,69	0,0000
B:Diámetro biocelda	26,7904	1	26,7904	707,55	0,0000
AB	13,0	1	13,0	343,34	0,0000
bloques	0,0602167	2	0,0301083	0,80	0,4939
Error total	0,227183	6	0,0378639		
Total (corr.)	73,0455	11			

La ecuación del modelo ajustado a los datos de productividad es la siguiente:

Productividad = 9,01083 - 0,706944*Tamaño partícula - 0,0578248*Diámetro biocelda + 0,17074*Tamaño partícula*Diámetro biocelda.
Con la ecuación anterior se predice que la productividad optima en el rango estudiado es de 15,3433g MSH/(kg MSS.día), cuando se opera con 1,8 cm de tamaño de partícula y 30, 48 cm de diámetro de biocelda.

CONCLUSIONES

Existe diferencia significativa para el tamaño de partícula y diámetro de la biocelda en el proceso de fermentación sólida del bagazo de caña con *Pleurotus ostreatus*, su productividad máxima lograda es de 15,3433 g MSH/(kg MSS.día), cuando se opera con 1,8 cm de tamaño de partícula y 30, 48 cm de diámetro de biocelda. El bagazo de caña muestra ser una materia prima potencial para la producción del champiñón ostra y una posibilidad para la diversificación de la caña con un enfoque a la seguridad alimentaria.

REFERENCIAS

Chang, S. T. (1999). *Biología de las setas: fundamentos básicos y acontecimientos actuales*. Bogotá, D.C.: ZERI.

Chang, S. T. y Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2da. ed.). New York: CRC.

ETC-group. (2010). *Los nuevos amos de la biomasa. Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad*. Canadá: ETC-group.

FAO. (2011a). Cómo alimentar al mundo en el 2050. Recuperado 21 de abril, 2014, de www.fao.org/

FAO. (2011b, febrero de 2012). El estado mundial de la agricultura y la alimentación: las mujeres en la agricultura. Recuperado 18 de febrero, 2012, de www.fao.org/

ICIDCA. (2000). *Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar*. Ciudad de la Habana.

Pineda, J. A. (2014). *Desarrollo de una tecnología para la producción a pequeña escala de la biomasa del hongo ostra (Pleurotus ostreatus).* Tesis de Doctorado (Ph.D), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loinaz", Camagüey.

Robles, V., Galíndez, J., Rinderknecht, N. y Poggi, H. M. (2012). Treatment of Mezcal Vinasses: A Review. *Journal of Biotechnology. 157* 524-546.

Stamets, P. (2002). *Mycomedicinals: an informational treatise on mushrooms* (3 ra ed.). Olympia, W.A.: MycoMedia.

CARTELES

EFICIENCIA DEL SERVICIO DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZANTES Y ENMIENDAS EN CAÑA DE AZÚCAR EVALUADA EN LAS ÁREAS DE MONITOREO

EFFICIENCY OF AMENDMENT AND FERTILIZERS RECOMMENDATIONS SERVICE IN SUGAR CANE EVALUATED IN MONITORING AREAS

Yudith Viñas[1], Pablo Pablos[2], Mario de León[1], Rafael Villegas[1], Jacinto Campos[1] y Ledya Benítez[1]

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba. Email: yudith@inica.azcuba.cu
2. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Oriente_Sur, Cuba

Resumen

El trabajo expone los resultados de la evaluación de la eficiencia y efectividad del Servicio de Recomendación de Fertilizantes (SERFE), 17 años después de implementado como rector de esta actividad en Cuba. Se analiza información procedente de 681 lotes controles distribuidos y cosechados en el país; abarcan los 10 Agrupamientos Agroproductivos donde se cultiva caña. Cada lote incluyó tres tratamientos: testigo, dosis recomendada y doble dosis. El incremento promedio de rendimiento al comparar la dosis del SERFE con testigo fue 11,5 t caña ha^{-1} y la doble dosis respecto a la del SERFE 3,2 t caña ha^{-1}. Se concluye que la eficiencia es 82 % y la efectividad 23 %. La evaluación técnica-económica pone de manifiesto la necesidad de reajustar las dosis de fertilizantes actuales en mayor o menor cuantía según diferentes escenarios de recomendaciones, para alcanzar más eficiencia en el servicio y obtener mayor efecto sobre los rendimientos agrícolas.
Palabras Claves: caña de azúcar; lotes controles; rendimientos agrícolas

Abstract

This work exposes the results of effectiveness and efficiency evaluation of Fertilizer Recommendation Service (SERFE), seventeen years after their implementation as principal of this activity in Cuba. We analyzed the information from 681 control lots distribute and harvested in the country; which covers 10 agro productive groups where the sugar cane is cultivable. Each lot included three treatments: witness, recommended dose and double dose. The yield average increase to compare the SERFE dose with the witness was 11.5 t cane ha^{-1} and for the double dose with respect to the SERFE dose was 3.2 t cane ha^{-1}. We concluded that the efficiency is 82 % and the effectiveness 23 %. The economic and technique evaluation evidenced the necessity to readjust the current fertilizer doses in smaller and bigger quantities according to the different recommendations sceneries to achieve more efficiency in the service and obtain a bigger effect on the agricultural yields.
Key words: sugar cane; control lots; agricultural yields

Introducción

Resultados de estudios conducidos en diferentes regiones del mundo reportan que al menos 30 a 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados por medio de los fertilizantes comerciales (Stewart *et al.*, 2007*;* Fixen y García, 2007).

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) a partir del desarrollo científico-técnico alcanzado en las investigaciones sobre el uso y manejo de los fertilizantes minerales en Cuba, dirigido a optimizar los criterios y fundamentos para la aplicación de los nutrientes al suelo, conforme a los actuales

requerimientos económicos y ambientales del sector agroindustrial y teniendo en cuenta el desarrollo de la agricultura sobre bases sostenibles, implementó a partir del año 1997 el SERFE, servicio que permite recomendar al productor, al nivel de unidad mínima de manejo (campo de caña) el fertilizante a aplicar de forma racional, donde obtenga mayores beneficios económicos y productivos, así como evite la contaminación del medio ambiente.
Es objetivo del trabajo evaluar a través de los lotes controles, la eficiencia y efectividad del SERFE en el uso racional de los fertilizantes minerales en Cuba.

Materiales y Métodos

Las áreas de monitoreo para evaluar la efectividad de la fertilización recomendada por el SERFE se denominan Lotes Controles. Estos consisten en experimentos en bandas de 6 surcos a lo largo de todo el campo en condiciones de producción que brindan información para comprobar las recomendaciones y en caso necesario, realizar los ajustes pertinentes. Éstos abarcaron los 10 Agrupamientos Agroproductivos donde se cultiva la caña de azúcar en el país.
El trabajo abarca 681 lotes en el período 1998-2013. Todos fueron conducidos en condiciones de secano.
Cada lote control contó con tres tratamientos en bandas: RT1 (Testigo)- no se fertiliza; RT2 (SERFE)- se aplica la dosis recomendada por el SERFE para cada condición; RT3 (Doble SERFE)- se aplica el doble de la dosis recomendada por el SERFE.
Los lotes estudiados comprenden 59 variedades de caña de azúcar, las cepas más evaluadas corresponden a los retoños con el 95 % de las cosechas y 5 % con caña planta: frío y primavera.
El rendimiento agrícola se determinó por el pesaje de los tallos de cada tratamiento en las básculas de los centros de recepción de las empresas.
Los lotes fueron cosechados y se realizaron los análisis económicos según los principios metodológicos del Manual de Procedimientos del SERFE (Villegas *et al.*, 2007). Para estos análisis económicos se tuvieron en cuenta distintas premisas que incluyeron: Área llevada a zafra en 2013: 402 788,4 ha; Rendimiento agrícola obtenido: 40,1 t/ha; Rendimiento industrial obtenido: 9,9 %; Precio azúcar (16,83 ctv/lb)= 370,26 USD/t. Se tuvieron en cuenta los rendimientos alcanzados por los tratamientos en cada lote control: RT1, RT2 y RT3 para obtener la dosis óptima económica.

Resultados y Discusión

Para evaluar el efecto de la fertilización mineral sobre los rendimientos agrícolas a nivel de país a partir de los lotes controles, se comparó la dosis del SERFE y el testigo (Figura 1); los tratamientos fertilizados, independientemente de las dosis aplicadas, superaron al testigo sin fertilizar con un incremento promedio de rendimiento de 11,55 t caña ha^{-1} (27.5 %); mientras que la doble dosis respecto a la del SERFE produjo un incremento de 3,16 t caña ha^{-1}.

Figura 1. Comparación de las medias de los rendimientos por tratamientos.

Como se observa en la Figura 2, en todos los agrupamientos agroproductivos se obtuvo un incremento en rendimiento con la fertilización. Estas variaciones de incrementos que se aprecian en los diferentes suelos se atribuye en lo esencial a los bajos contenidos de materia orgánica, textura gruesa (que facilita el lavado de

nutrientes) y su poca profundidad efectiva en el caso de los Ferralitizados Cuarcíticos, lo cual coincide con Hernández (1996), que reportó para estos suelos valores de materia orgánica inferiores a 2.5 % y alta respuesta del cultivo a la fertilización. En los restantes agrupamientos la respuesta se ve favorecida por las dificultades en el drenaje, con presencia de gleyzación y compactación, que le confieren al suelo malas propiedades físicas, perjudiciales para la toma de nutrientes por las plantas.

Los agrupamientos de formación ferralítica, son los que muestran los mayores incrementos con la dosis doble del SERFE, que como promedio obtienen 4.2 t/ha de caña, esto infiere la necesidad de mayores dosis que las actuales, ya que hay factores que están influyendo en la eficiencia de los fertilizantes no tenidos en cuenta en las recomendaciones vigentes.

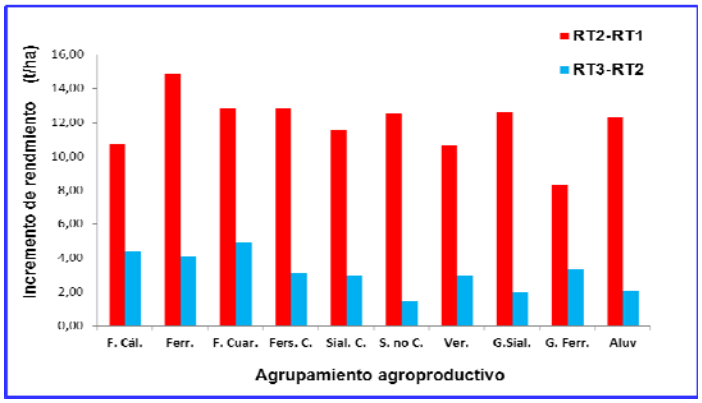


Figura 2. Resultados de los incrementos de rendimientos por Agrupamiento Agroproductivo. Leyenda: F.Cál-Ferralitizados Cálcicos; Ferr-Ferritizados; F.Cuarc-Ferralitizados Cuarcíticos; Fers.C-Fersialitizados Cálcicos; Sial.C-Sialitizados Cálcicos; S.no C-Sialitizados no Cálcicos; Ver-Vertisuelos; G.Sial-Gleyzados Sialitizados; G.Ferr-Gleyzados Ferralitizados; Aluv-Aluvial.

Se estableció el indicador 5 t ha^{-1} como límite de incremento en caña (incremento mínimo probable alcanzado con las aplicaciones de N, P, K porque satisface a nivel nacional, la relación precio fertilizante y precio del producto para el rendimiento medio obtenido y dosis medias empleadas) y 15 t ha^{-1} como incremento máximo probable. La diferencia de rendimiento obtenido entre el tratamiento sin fertilizantes (RT1) y la recomendación del SERFE (RT2), manifestó respuestas en 81.6 % de los casos, y alta respuesta en 24,7 % (Figura 3, izquierda). En cuanto a las diferencias de rendimiento entre el tratamiento correspondiente a la dosis del SERFE y la dosis doble, mostró respuesta en 25,4 % de los casos, y alta respuesta en 4,4 % (Figura 3, derecha). Se concluye de este análisis que el SERFE tiene una eficiencia de 81.6 % y una efectividad de 23 %, ya que en 18 % de los casos se recomendó fertilizante que no incrementó el rendimiento y en 29 % correspondía aplicar una dosis superior.

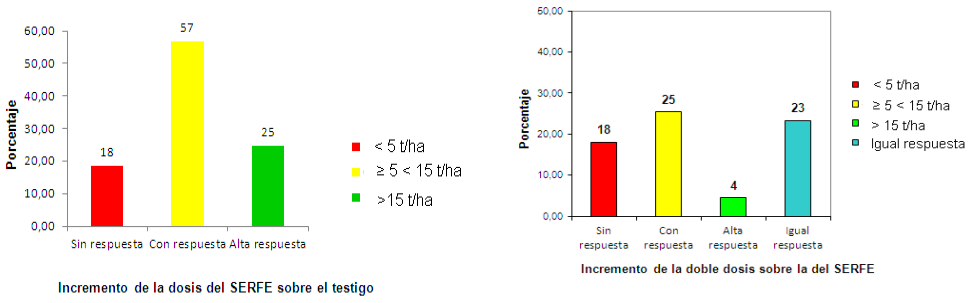


Figura 3. Fertilización con N, P, K en los lotes controles.

Análisis económico

Es prioridad para los agricultores hacer un uso eficiente de los insumos ante el incremento e inestabilidad en el precio de los portadores de nutrientes, como consecuencia de la crisis económica mundial. Al implementar los elementos técnicos que se forman a partir de actualizar las recomendaciones de fertilizantes se beneficia el aumento de los rendimientos agrícolas unido a que se reducen las pérdidas de los nutrientes y se garantiza el manejo de los fertilizantes sin contaminar el medio ambiente.
Con las dosis medias aplicadas en los lotes controles del SERFE, el incremento de nutrientes alcanzado para obtener la dosis óptima económica se presenta en la Tabla I. El valor de esta dosis fue de 254,94 kg/ha y la diferencia entre este valor y la dosis actual aplicada es 55.51 kg/ha.

Tabla I. Incremento de nutrientes requerido para alcanzar la dosis óptima económica.

Recomendaciones del SERFE en nutrientes activos			**Incremento de nutrientes para alcanzar la dosis económica**					
			Nutrientes activos	Portador	Riqueza portador	Dosis portador	Costo portador	
	kg/ha	%	kg/ha		% nut. activo	kg/ha	USD/t	USD/ha
N	68	34,0	18,98	Urea	46	41,3	509,26	21,0
P_2O_5	34	17,0	9,44	SFT	46	20,5	554,96	11,4
K_2O	98	49,0	27,2	KCl	60	45,3	520,43	23,6
Total	200	100	55,51			107,1		56,0

Las aplicaciones del SERFE tuvieron un incremento de 2,41 t/ha y la producción adicional de caña debido al incremento fue de 969.108,89 t área. Esto implica una producción de azúcar de 95.941,78 t, que al tener en cuenta que el precio del azúcar era 370,26 USD/t, equivale a 35.523.403,52 USD. El costo total de nutrientes que se requieren para alcanzar la dosis económica fue 22.553.766,48 USD, con una ganancia de 12.969.637,04 USD.

Conclusiones

- Las evaluaciones realizadas en las áreas de monitoreo del SERFE evidencian el efecto de la fertilización mineral sobre los rendimientos agrícolas, con incremento promedio de 11.55 t caña ha^{-1}.
- Las Recomendaciones de Fertilizantes en la caña de azúcar en la actualidad tiene una eficiencia de 82 % y una efectividad de 23 %.
- La evaluación técnica económica de los lotes controles muestra la necesidad de reajustar las dosis de fertilizantes según los diferentes escenarios de recomendaciones y de acorde a los requerimientos del cultivo.

Bibliografía

- Fixen, P.E. y F.O. García. 2007. Decisiones efectivas en manejo de nutrientes más allá de la próxima cosecha. Informaciones agronómicas 64:5-11.
- Hernández, J. 1996. Evaluación, manejo y corrección de la fertilidad en los suelos Ferralíticos Cuarcíticos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Sancti Spíritus. INICA-MINAZ. 76 pp.
- Villegas, R; M.E. De León; J. Fernández; A. Menéndez; A. Cabrera; M. Pérez. 2007. Manual de Procedimiento del SERFE. Editorial: Publinica. 44 pp.

IMPACTO DEL DIAGNOSTICO EN EL SISTEMA DE EXTENSIÓN AGRARIA PARA LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA GUANTÁNAMO

IMPACT OF THE DIAGNOSE IN THE SYSTEM OF AGRICULTURAL EXTENSION FOR THE SUGAR CANE IN GUANTANAMO SUGAR COMPANY

Odalis Barquié P.; Mariela Forestal; G. Cervera; L. Peña; Marta Barrera; H. Gámez; Midiala Peña; A. Coba; Isora Franco

Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas (GESA) Carretera "El Salvador" Km. 1½ Montesano. Guantánamo, Cuba.
Group of Extension and Agricultural Services (GESA) Highway "El Salvador" Km. 1½ Montesano. Guantánamo, Cuba.
Mail address: gesaguan@inicagm.azcuba.cu
Dirección de correo: **odalis.bp@inicagm.azcuba.cu**

RESUMEN

Se realizó la evaluación del diagnóstico en las Unidades Productoras Cañeras de la provincia Guantánamo, en el año 2012 y 2013, mediante el Sistema de Extensión Agrícola. Se contribuyó al incremento del rendimiento cañero en 1,9 $T.ha^{-1}$, con 197.60 pesos por hectárea de ganancia. Los problemas fundamentales que afectan la producción de caña fueron: la despoblación de las áreas cañeras, el mal estado técnico de la maquinaria e implementos agrícola, el daño animal y humano, seguido por la quema de caña no programada que deja de ser un problema en el 2013 y la falta de organización y capacitación de la fuerza productiva, siendo identificado como quinto problema en el año 2013, la afectación por sequía. La matriz de Leopold fue una herramienta eficaz para la evaluación del impacto del plan de acciones del diagnóstico. Se sugirió elaborar el plan de acción en cada UPC, con nuevas acciones para acometer la solución de los problemas, relacionados con los bajos rendimientos agrícolas y el costo/peso.
Palabras claves: Extensión agrícola; Impacto; Diagnostico

SUMMARY

The evaluation of the diagnose participative is carried of the farms embracing of the county of Guantánamo, in the year 2012 and 2013, by means of the System of Agricultural Extension and their positive impact you achievement to contribute to the increment of the yields cane, in 1,9 $t.ha^{-1}$., with 197.60 weight/ha. of gain. The fundamental problems that affect the cane production are: Depopulation of the sugarcane areas, the not well technical state of the machinery and agricultural implements, the animal and human damage to the plantations, continued for the burns it of not programmed cane that stops to be a problem in the year 2013 and the organization lack and training of the productive force, being identified as fifth problem in the year 2013, the affectation for drought. The womb of Leopold it is an effective tool for the evaluation of the impact of the plan of actions of the diagnose participative. The action plan will be elaborated in each UPC, restating new actions to attack the solution of the problems, related with the low agricultural yields and the cost / weight.
Key words: Agricultural extension; Impact; Diagnose.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), antes con un pérfil diseñado para la investigación, hoy dedica parte importante de sus esfuerzos y recursos al trabajo de innovación, transferencia tecnológica, asistencia técnica, servicios científicos técnicos, capacitación y divulgación hacia los productores, a través del Sistema de Extensión Agrícola para el cultivo de la Caña de Azúcar (Barquié,

2001). Entre los métodos que establecen interacciones acciones para la solución de un problema y que, al mismo tiempo, jerarquizan los impactos, se encuentran las matrices de causa-efecto, incluyendo el uso de ponderaciones. El objetivo del trabajo es evaluar el impacto del diagnóstico en el Sistema de Extensión Agraria para la Caña de Azúcar de la Empresa Azucarera Guantánamo.

MATERIALES Y METODOS

Para la evaluación del Diagnóstico (DP) en la provincia Guantánamo, se realizó la actualización anual, en las 17 unidades productoras cañeras (UPC), los que conformaron el Macro diagnóstico de la Empresa Azucarera (47 acciones por cada año) en conjunto a las visitas de asistencia y supervisión técnica que realizaron los Servicios Científicos Técnicos (SCT) en los años 2012 y 2013. Se analizó el rendimiento agrícola, aplicada la Matriz de Leopold (Espinosa, 2002) para la evaluación del impacto, tomando como criterio de expertos con enfoque multidisciplinario, la importancia y magnitud de cada acción en una escala de 1 a 10, se consideró la ponderación de los valores mayores de 6 como impactos positivos y los valores menores de 5.9 como impacto negativo. Se analizó el efecto económico según metodología para el cultivo de la caña de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los 5 principales problemas (P) que afectaron la producción cañera, por unidad productora, identificados en el diagnostico fueron, como primer y segundo problema en el 100 % de las UPC: la despoblación de las áreas cañeras (P1), el mal estado técnico y envejecimiento de la maquinaria e implementos agrícola (P2), seguido por el daño animal y humano a las plantaciones cañeras (P3), la quema de caña no programada (P4) que deja de ser un problema en el año 2013 y la falta de organización y capacitación de la fuerza productiva (P5), siendo identificado como quinto problema en el año 2013, la afectación por sequía (P6). Se observó avance en las UPC con disminución de P1, P3, P4 en el 5.9, 5.9 y 23 %, respectivamente (Figura. 1). Coincidiendo con Nuñez et al, 1996 al plantear que tanto el seguimiento como la evaluación constituyen instrumentos para la base de datos y la producción de información para la toma de decisiones.

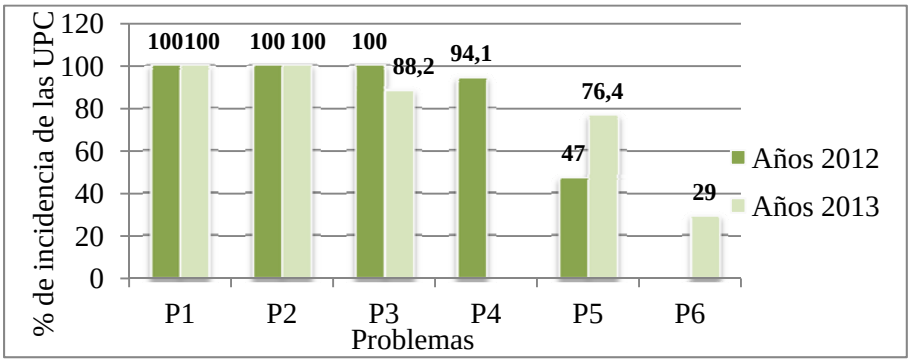


Figura 1. Porcentaje de incidencia de UPC en los problemas que afectan la producción cañera.

En la Figura 2 y 3 se observó que todas las UPC trabajaron en la solución de las medidas recomendadas, aunque no se cumplieron en su totalidad ya que persistieron problemas productivos que continuaron para los próximos años. El cumplimiento general en el año 2012 fue del 78% y en el 2013 del 77%. El mayor número de acciones se realizaron en los meses marzo - abril y septiembre - octubre, similar en ambos años, coincidiendo estos con inicio o fin de campañas agrícola, por lo que el proceso puede catalogarse en avance.

Resultados de la matriz de Leopold. En la Figura 4, se puede observar la mayor magnitud de impacto positivo en el año 2013 que en el 2012 en el 100% de las UPC.

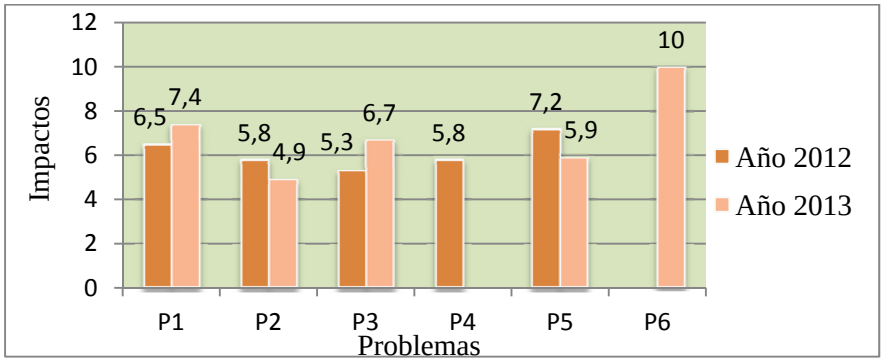


Figura 4. Impactos resultantes de la Matriz de Leopold por año

Los impactos resultantes de los problemas/año fueron:

Año 2012
Impacto +: Despoblación de las áreas cañeras y falta de capacitación y organización de la fuerza productiva
Impacto –: Mal estado técnico de la maquinaria e implementos agrícolas, el daño animal y humano y la quema de caña no programada.

Año 2013
Impacto +: Despoblación de las áreas cañeras, el daño animal y humano y la afectación por sequía a las plantaciones cañeras.
Impacto -: Mal estado técnico de la maquinaria e implementos agrícolas y la falta de capacitación y organización de la fuerza productiva.

Los impactos positivos generaron beneficio para la producción cañera. Los impactos negativos sugirieron confeccionar un plan de manejo para ejecutar las acciones, de manera que sean eliminados o minimizados, criterios similares son planteados por Espinosa, 2002.

Análisis del rendimiento agrícola. El rendimiento agricola por UPC fue de forma ascendente, con un incremento de 1.9 T/ha a nivel provincial, entre la liquidacion de la zafra 2012 y 2013, que significó un incremento de 15 448.7 T/ha de caña, generando 162 211.1 toneladas de azucar, con un reporte de 3 406 432.18 USD, teniendo en cuenta el precio actual de 21 centavos por libra en el mercado mundial (Boletín 87 – 2013)
Al relacionar los resultados productivos obtenidos en el periodo 2012 – 2013 con el cumplimiento de las acciones del diagnóstico por UPC (Tabla 1), puede observarse que la UPC líder fue la CPA 21 de septiembre, y las de peores resultados la UBPC La Cristalina y Hermanos Sánchez. Esto confirmó, que la aplicación del Sistema de Extensión Agrícola y su impacto lograron contribuir al incremento de los rendimientos cañeros, con la recuperación paulatina e integral de la agricultura cañera y por tanto, elevar el nivel de vida de los productores.

Tabla 1. Relación entre el porcentaje de cumplimiento del Diagnóstico y la liquidación de la zafra 2012-2013

% de cumplimiento	Logros en T/ha	Unidades Productoras Cañeras	
		2012	2013
Entre 90 -100	Más de 60.0	CPA 21 de Septiembre	CPA 21 de Septiembre
Entre 61 – 89	Entre 31 – 59	**UBPC:** M. Sánchez, La Esperanza, A. Reynoso, E. Guevara, 13 de Sept., J. Menéndez, L. Cabrera, A. Escalante, H. Sánchez, V. de Girón, M. de Angola, M. de Bárbados. **CPA:** L.L. Mustelier, V. Megret,	**UBPC:** M. Sánchez, La Esperanza, A. Reynoso, E. Guevara, 13 de Sept., J. Menéndez, L. Cabrera, A. Escalante, V. de Girón, M. de Angola, M. Barbados. La Cristalina. **CPA:** V. Megret, y L. Mustelier
Menor de 60	Menor de 30	UBPC La Cristalina	UBPC H. Sánchez

Análisis económico. En los años 2012 y 2013, período en que el Sistema de Extensión tuvo un importante papel en el territorio, se obtuvieron ganancias de197.60 pesos/hectárea, lo que significa que por cada peso invertido se gana 0.24 centavos, siendo mayor en el 2013.

CONCLUSIONES

- Los problemas fundamentales que afectaron la producción del caña en la provincia Guantánamo fueron: la despoblación de las áreas cañeras, el mal estado técnico de la maquinaria e implementos agrícola, seguido por el daño animal y humano a las plantaciones de caña, la quema de caña no programada que deja de ser un problema en el año 2013 y la falta de organización y capacitación de la fuerza productiva, siendo identificado como quinto problema en el año 2013 y la afectación por sequía.
- La Gestión del Sistema de Extensión Agrícola y su impacto positivo permitió contribuir al incremento del rendimiento cañero en 1,9 T/ha., que significó un incremento de 15 448.7 toneladas de caña por hectárea, generando 162 211.1 toneladas de azucar adicionales, con un reporte de 3 406 432.18 USD y ganancias de 197.60 pesos/hectárea.
- El estudio de referencia fue considerado como una herramienta, desde el punto de vista metodológico para la realización de estudios similares, pues permite que los productores comprendan las verdaderas causas de los factores que afectan el rendimiento agrícola y el costo/peso en las unidades de producción cañera.

BIBLIOGRAFIA

- Barquié, Odalis. (2001). Proyecto. Sistema de Extensión Agrícola: Base Fundamental de la agricultura cañera para la provincia de Guantánamo. p. 27.
- Espinosa G. (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. p. 147-185.
- Núñez, F. Margarita *et al. (*1996).Evaluación y seguimiento del impacto ambiental en proyectos de inversión para el desarrollo agrícola y rural. Series Public. Misceláneas/IICA. ISSNN 0534-5391. No. A1/SC95-13. p. 272.
- Boletín de Noticias. (2013). Precio del azúcar en el mercado. Sucroalcoholes internacionales. Boletín No. 87. p.10

APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE CRUDO DEL INGENIO Y DEL PATIO DE BAGAZO DE PAPELERAS EN EL FERTIRRIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

USE OF THE RESIDUE OF RAW OF INGENUITY AND OF THE STORE OF WASTE PULP OF WASTEPAPER BASKETS IN THE FERTIRRIEGO OF SUGAR CANE

DrC. Nelson C. Arzola Pina *, Ing. Javier Rodríguez*, Ing. Juan M. González*

*ETICA Centro Villa Clara, INICA, Cuba;Email:arzola.pina@gmail.com; teléfono: 513138

RESUMEN

Durante el procesamiento de la caña de azúcar para extraer el jugo, se obtienen en la fábrica diferentes residuos líquidos procedentes de: limpieza de la caña, talleres, laboratorio, servicios sanitarios, calderas y comedor. Estos residuos se unen, se conocen como residuo de crudo, el cual, contiene nutrientes, materia orgánica y resulta una fuente de agua que puede utilizarse en el riego en áreas cercanas el ingenio, siempre que se emplee una trampa de grasa, no se unan a la misma ácido clorhídrico e hidróxido de sodio procedente de la limpiezas de la industria y no se presenten contenidos de azucares a niveles tales que al descomponerse provoquen altas concentraciones de ácidos orgánicos tóxicos para las raíces de las plantas (ácido acético, propiónico, fórmico, etc.). Su vertimiento a las aguas (arroyos, ríos, mar) contamina y se desaprovecha la oportunidad de aplicarlos a los suelos como fuente de agua, nutrientes y materia orgánica. Es el propósito de este trabajo establecer a partir del conocimiento existente, una guía metodológica que permita (como primera aproximación), con fundamento científico-técnico, fertirrigar con este residuo y generalizar su empleo en el país, para disponer de una nueva fuente de agua en época de seca, ahorrar fertilizantes minerales y aportar materia orgánica a los suelos, mientras que paralelamente se evite la contaminación de las aguas.
Palabras Claves: bagazo, fertilización, fertirrigación, caña de azúcar

SUMMARY

During the processing of sugar cane to extract the juice, they obtain at the factory different liquid appropriate leftovers of: Cleanliness of the cane, workshops, laboratory, sanitary services, boilers and dining room. These leftovers stick, they know themselves like residue of raw, which, he contains nutrients, organic matter and he proves to be a water source that can utilize in irrigation in close areas the ingenuity itself, provided that a grease trap be used, not join up to the same hydrochloric acid and appropriate sodium hydroxide of her cleanliness's of the industry and not show up once such were contained of sugars to levels than when it breaks down provoke tall concentrations of toxic organic acids for the roots of plants (acetic acid, propionic, formic, etc.). His poured (brooks, rivers, sea) he contaminates to waters and the opportunity to apply for grounds like water source, nutrients and organic matter to them is wasted. The purpose becomes of this work establishing as from existent knowledge, a methodology that it permit (like first approximation), with scientific technical foundation, fertilizing and watering with this residue and generalizing his job at the country to have a new water source in epoch of sandbank, to save mineral fertilizers and to contribute organic matter to the grounds,, while parallel the contamination of waters be avoided.
Keywords: Bagasse, fertigation, fertilization, sugarcane

INTRODUCCIÓN

El reciclaje de los residuos del procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar, ha mostrado generalmente efectos positivos sobre la producción de caña. Aquellos casos en que se han encontrado

efectos negativos se han asociado a un elevado vertimiento de azucares al embalse y un gran tiempo de retención en el mismo, lo que ha ocasionado que, los azucares se transformen en ácidos orgánicos tóxicos para las raíces de las plantas y se presente una fuerte acidez del residuo, también se reportan daños, cuando el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio de las limpiezas no se segregan del residuo y cuando no existen trampas de grasa (Arzola et al.,1986; Arzola y Yera, 1995). Atendiendo a lo anterior, es necesario establecer esas premisas para su aprovechamiento en el fertirriego. Por ejemplo, si al entrar el residuo en el embalse el pH es de 6.5 y al salir del mismo es de 4.5 es evidente que ha ocurrido fermentación anaeróbica y que se han formado ácidos orgánicos tóxicos para las raíces de las plantas. El residuo del patio de bagazo que es el lugar donde se almacena esta materia prima en las papeleras, drena un residuo acido, pobre en nutrientes. El empleo de estos residuos requiere comenzar la cosecha al comenzar la zafra en las áreas destinadas a su empleo, aunque parte de ellos podría destinarse a las plantaciones de caña en época de seca, donde se carece de posibilidades de riego.

MATERIALES Y METODOS

En condiciones de campo se estableció un estudio en un suelo Ferralítico Rojo, del banco de semilla ubicado en las cercanías del pueblo de Abreu en Cuba, con el objetivo de comparar en el cultivo de la caña de azúcar el riego con agua de pozo mas la fertilización mineral recomendada para esa condición, con el riego en diferentes proporciones del residuo del patio de bagazo (PB) y el residuo liquido de crudo (RC) Se utilizo un diseño de bloques al azar con 4 replicas y los tratamientos siguientes:

- 5 riego con 350m^3 de agua de agua/ha + 120, 50 y 120 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O/ha
- 5 riego con 350 m^3/ha de RC/ha
- 5 riego con 350m^3 /ha de PB/ha
- 5 riego con 58m^3 /ha PB y 292 m^3 /ha RC
- 5 riego con 32 m^3 /ha PB y 318 m^3/ha RC
- 5 riego con 22 m^3/ha PB y 328 m^3 /ha RC
- 5 riego con 17 m^3/ha PB y 333 m^3/ha RC

Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza, procediéndose entonces a realizar análisis de varianza y cuando F resulto significativa, se aplico la prueba de rango múltiple de Duncan (Lerch, 1977).
Una vez concluido este experimento de campo, se realizo un análisis documental, con el propósito de establecer un procedimiento, que permita generalizar en diferentes ingenios azucareros, el aprovechamiento del residuo de crudo. Se considera para ello, este resultado experimental, la composición del residuo y la norma total de fertiriego empleada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los factores bióticos y abióticos, la composición, norma total de residuo empleada y otros factores son muy variables, por ello, no puede afirmarse que en todos los casos se obtendría un resultado igual al de este estudio (Cuadro 1) en que ninguno de los indicadores evaluados en la cosecha mostro diferencia significativa entre los tratamientos. Se debe preferir por ello, el o los tratamiento(s) de mejores resultados económicos y ambientales, que son todos aquellos en que se aplico el RC o del PB, pues sustituyen el agua de riego y la fertilización mineral completa, aportan materia orgánica, elementos secundarios, menores y se evita la contaminación del entorno.

Cuadro 1. Influencia del riego en diferentes proporciones del RC y del PB sobre el rendimiento de la caña de azúcar

Tratamientos (m^3/ha/cosecha)	t de Pol/ha		
	Planta	1er retoño	2do retoño
*I. Riego con agua con norma de 1750m^3 mas fertilización mineral recomendada	19.29	19.71	21.59
II. Riego con RC con norma de 1750m^3	22.12	20.11	16.27
III. Riego con PB con norma de 1750m^3	21.71	20.88	20.25
IV. Mezcla de 290m^3 de PB y 1460m^3 de RC	23.93	22.32	18.42
V. 160m^3 de PB y 1590m^3 de RC	23.12	21.98	17.28
VI. 110m^3 de PB y 1640m^3 de RC	20.81	20.56	18.02
VII. 85m^3 de PB y 1665m^3 de RC	20.64	20.86	18.43
Sx	2.18	1.37	3.77

Medias con letras iguales no difieren a p<0,05 según la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Dada la variabilidad de las características de los suelos es imposible afirmar que en todos los casos el RC o PB sustituirían al riego con agua y a la fertilización mineral (como sucedió en este estudio a partir de los indicadores productivos de la cosecha), por tal razón, se debe establecer un procedimiento que conjugue este resultado con las posibilidades de que ello no suceda en todas las condiciones. Para ilustrar el procedimiento a emplear se selecciono solo el RC por ser el de mayor importancia y el mas fácil de generalizar ya que la zafra se realiza en Cuba en el periodo seco y en general no existe el peligro de sobre humedecimiento o saturación con agua de los suelos para poder emplear RC en campos recién cosechados o en plantaciones nuevas que no posean regadío

Se debe definir la posible necesidad de complementar el RC con fertilizantes minerales y el área requerida para aprovecharlo en su totalidad en cualquier ingenio en que el flujo total anual, la norma total de riego y la composición se conozcan.

El total de nutrientes aportados, se ilustra a partir de indicadores que han sido asumidos solo con el propósito de elaborar un ejemplo que permita comprender el procedimiento a seguir (Cuadro 2).

Cuadro 2: Total de nutrientes aportados con RC, atendiendo a su composición, flujo anual del ingenio y norma total de riego empleada

Composición del residuo(kg/m^3)			Aporte total de nutrientes con 3500 m^3/ha (kg del nutriente/ha).		
N	P	K	N	P	K
0.036	0.033	0.064	126	115	224

Ese total de nutrientes no será utilizado por el cultivo pues parte de ellos, se encontraran en el humus o se perderán por diferentes vías, por ello, debe conocerse el factor de aprovechamiento por la planta de los nutrientes aportados y calcular lo real suministrado por RC al cultivo. Ese aporte(utilización real en kg/ha) debe restarse de la dosis de N,P y K recomendada con fertilizantes minerales para el agro ecosistema de que se trate y de ser positiva la diferencia suplir la misma con fertilización mineral.

Para fertirrigar todo el residuo se debe calcular el área necesaria para su utilización, como se ilustra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Área requerida para el empleo de todo el residuo de crudo producido por un ingenio

DZ	NP	NR	IR	NT	FR	TCM	TRZ	Á
150	350	10	15	3500	0.6	600000	360000	103

DZ: Días de zafra; NP: Norma parcial de riego($m^3.ha^{-1}$); NR: Numero de riegos; IR: Intervalo de riego(Días); NT: Norma total de riego($m^3.ha^{-1}$/cosecha); FR: Flujo de residuo de la fabrica por t de caña molida(se asumió 0.6 m^3/t de caña): TCM: total de caña molida en la zafra(t), asumiendo una molida diaria de 4000 t(DZ X4000) ; TRZ: Total de residuo en la zafra(FR x TCM); A:Area en ha necesaria para el fertirriego(TRZ/NT).

Valoración económica

Con el aprovechamiento agrícola de este residuo se sustituyen fertilizantes minerales, agua, se mejora la fertilidad del suelo por el aporte de materia orgánica, elementos secundarios y menores(los cuales no se aportan con fertilizantes minerales) y a su vez se protege el medio ambiente. Solo por concepto de ahorro de fertilizantes minerales si se toma a modo de orientación el experimento realizado significaría, 120, 50 y 120 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O/ha; 174 CUC por N, 86 CUC por P_2O_5 y 138 CUC por K_2O, para un total de 398 CUC/ha.

Para ilustrar lo anterior y solo a modo de orientación, si en el país se muele en una zafra 20 millones de t de caña, serian 12 millones de m^3 de residuo de crudo, con una norma total de 1750 m^3/ha, equivaldría a 6857 ha o 3.92 millones de CUC.

Nota: Urea 580 CUC/t +87 CUC/t = 667 (1.45 CUC/kg de N): SPT 720 CUC/t +108 CUC/t = 828 (1,728 CUC /kg de P2O5): KCl 620 CUC/t+ 93 CUC/t =713(1,15 CUC /kg de K2O); en cada caso se añadió 15% de recargo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con el empleo del residuo líquido de crudo (RC) y el del patio de bagazo (PB) se alcanzaron rendimientos similares a cuando se aplico agua de regadío y fertilización mineral completa, lo que sugiere que cualquiera de ellos ha sustituido al riego con agua de pozo y a la fertilización mineral.
2. Para generalizar el empleo del RC en todos los ingenios y hasta tanto exista mayor información, es prudente considerar que solo una parte de los nutrientes aplicados con el residuo es aprovechado por la planta, por tanto, de existir déficit para cubrir la necesidad total de nutrientes que recomienda el Servicio de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE), este debe suministrase con fertilizantes minerales.
3. Con el empleo de este residuo en el fertirriego, podría garantizarse la plantación en época de seca, en lugares donde el regadío no es posible.
4. El aporte de materia orgánica, elementos secundarios y micro elementos podría originar incrementos de rendimientos con respecto a la aplicación de agua de regadío y de fertilizantes minerales.
5. Con este procedimiento se ahorra agua de regadío, nutrientes, se beneficia la fertilidad del suelo y disminuye la contaminación ambiental.
6. Un procedimiento similar se podría utilizar para generalizar el aprovechamiento del residuo del PB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Arzola, N. C. y Yera, B. Uso de los residuos de origen orgánico en la agricultura. En: (ATALAC). *Memorias del Sexto Congreso de la asociación de técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe. Tomo II*. Guayaquil, Ecuador, 2006. Memoria digital en CD-ROM, pp. 289-298.
2. Borlaug, N. E. Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet. En: WCSS. *15th World Congress of Soil Science*. Acapulco, México, Ed. J.D. Echevers. (1994).
3. Borlaug, N.E., Dowswell. Feeding a humanpopulation that increasingly crowds a fragile planet. In: J.D. Echevers (Ed), Proceedings of the 15th World Congress of Soil Science, Volume 1, Acapulco, México, and July 10-16, 1994.
4. Cassman, K. G. The role of soil fertility research in developing sustainable food production systems. Better crops with Plant Food, (74) (4) (1990).16-19pp.
5. FAO. A fremwork for land evaluation. Soil Bulletin 32, Rome, 1996.
6. Loveland, P.; Webb. J. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review.Soil Tillage&researc? 70(1) (2003)1-18pp.
7. Paneque.; Martínez, N., González, R., Velazco, Ana; Gómez: de la Naval, B.(1989):Utilización de los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados en el riego y la fertilización de la caña de azúcar como alternativa para disminuir los riesgos de contaminación ambiental. INCA. La Habana.40 pp.

PLANTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR con ITA (*INTERARBOLADOS*) *versus* CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL: MITIGACIÓN LOCAL

PLANTATION OF CANE OF SUGAR among TREE-LINED *versus GLOBAL CLIMATIC CHANGE: LOCAL MITIGATION*

Ing. Juan Isidro Sánchez Leyva[1]*. *Ing.* Lino Labañino G.[2], *Ing.* E. Azahares R.[3]; *MSc* C. López G.[4] *Lic.* Lisaidis Ortiz M.[5]; *Dr.* J. M. Sánchez Castro[6], *Dra.* Maylín Sánchez C.[7]; *Dra*. Danay Sánchez M.[8], *MSc* Damaris Lores[4,9]; *Dra.C.* Carmen del M. Odio[4], *MSc* H. Scott G.[4], *MSc* F. Ramírez J.[4], R. Sánchez F.[10]

[1]Policultólogo, investigador, [1,4,5]Profesor*(a)*. [1,4]Universidad de Guantánamo. [2]Presidente UBPC *Álvaro Reynoso*, [3]CPA *Paraguay*. AzCuba. [5]Esbu, MinEd. [8]MinSaP, La Habana. [6,7,9]Misiones en: [6]Venezuela, [7]Brasil, [9]África. [10]Alumno, Facultad Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente

*__*E-mail*__: jsanchez@cug.co.cu. [1]Dirección postal: Edificio-1 *de 18 pisos, Reparto Caribe. Guantánamo, CP 95 200.* Cuba. [1]Phones: (53) 21 38 2143 y 21 32 7858

RESUMEN

El monocultivo es *crimen de lesa Naturaleza*. El trabajo se inició en campos de cañas de azúcar del sureste de Guantánamo, localidad Paraguay y sobre suelos alterados debido al mal manejo en siglos. Se ***diversificó*** e intercalaron fajas de 2 y +3 hileras de árboles con el propósito de mitigar consecuencias ancestrales de desajustes ecológicos y evaluar barreras ecoarbóreas; simultáneamente rompevientos y cortafuegos. Se le asoció especies anuales repelentes, aportadoras, de biocontrol, micro"*césped de malezas positivas*", etc. entre árboles, surcos y en franjas limpias. Desde el principio se obtuvo mínimos aumentos de ***diversidad*** biológica; y al parecer se provee un mínimo nivel hacia la semi sostenibilidad del monoecosistema azucarero y se incrementa el potencial territorial de mitigación local al cambio climático global (CCG) por ITA (interarbolados) en campos de caña de azúcar.

Palabras clave: intercalado de árboles/interarbolado/policultivo, caña de azúcar/CO_2, mitigación CCG/ cambio climático global-local, sostenibilidad agrícola/agricultura sostenible/desarrollo sostenible, medio ambiente/ ecología/agroecología cañera

ABSTRACT

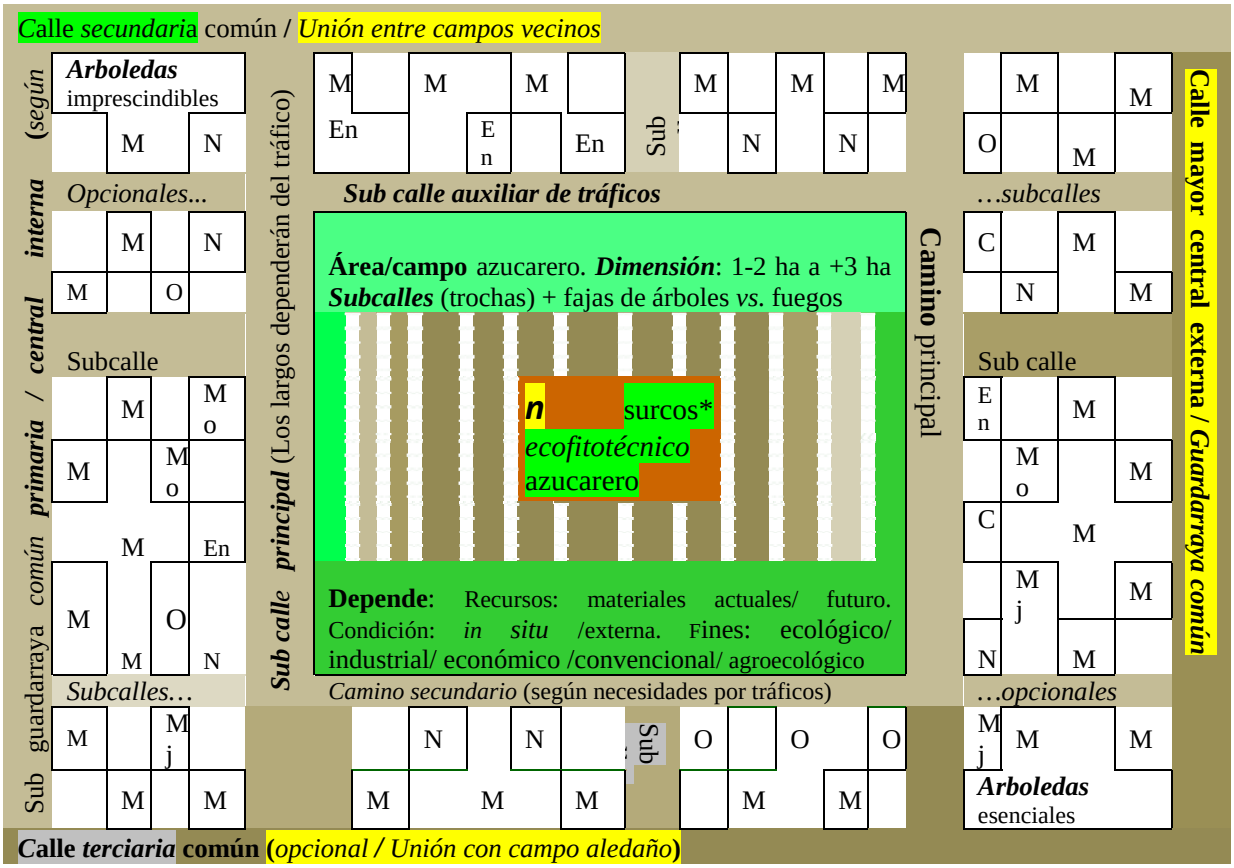
The unique cultivation is a *crime to the Nature*. The experiment began in areas of cane of sugar of the south east of Guantánamo, Cuba; on soils damaged by wrong handling during more than 100 years. They were inserted more than 3 lines of trees with the objective of to mitigate ancestral effects of ecological alterations and to evaluate arboreal lines as ecological arboreal barrier, also against winds and against fires. They associated repellent annual species, of biological control, "*micro grass of positive overgrowths*", etc. between trees and furrows and in clean spaces of the groves. Minimum increase of biological diversity was obtained, and it provides minimum sustainable level to the sugar unique ecosystem. The territorial potential of local mitigation is increased to the Global Climatic Change (GCC) by fields of cane of sugar among tree-lined.

Words key: inserted of trees/inserted of tree-lined/multiple cultivation, cane of sugar/CO2, mitigation GCC/ global-local climatic change, sustainable agriculture/sustainable development, environment/ecology of cane of sugar

INTRODUCCIÓN

Instalaciones industriales azucareras, cafetales montañeses y ganadería colonialistas fueron iniciadores del atroz ecocidio a la *naturaleza* y del peor desequilibrio ecoambiental en el archipiélago. ***Ayer***: *adaptaron* el entorno natural al monocultivo y colapsó el unicultivo transnacional. El siglo XXI, el estado crítico y crisis de la *Madre natura* y del ámbito económico, imponen *nueva era* de complejo *monocultivismo interarbolado* (Mita). ***Hoy***: readaptar el monocultivo a la pachamama. Pasar del cultivo único cañero al ***divercultivo*** azucarero. Sánchez (1) afirmó que la producción de alimentos es vulnerable y altamente sensible al cambio climático global (*CCG*) y peligra de manera ostensible la sostenibilidad para nutrir la población mundial. Informe *FAO 2013* indicó: que *entre 2011-2013, 842 millones de personas sufrieron hambre crónica*. La fragilidad de entornos unicultivados no da margen a la sostenibilidad de los ecosistemas a mediano y largos plazos. Vulnerabilidades globales del monocultivo demanda con urgencia estabilidad en los agroecosistemas en pos del equilibrio y sustentabilidad de la *pachamama*. El *CCG* amenaza

las plantaciones cañeras, azucareras y de alimentación de la humanidad: constituye el riesgo principal de reducción de rendimientos. ONU, en su *Informe julio 2013* significó: *el planeta experimentó en 2001-2010 cambios sin precedentes en el clima*… Esta situación condujo a la comunidad internacional a reaccionar fuertemente para enfrentar su mayor desafío: la sobrevivencia (2). La provincia Guantánamo posee grave afectación ambiental desde la Colonia y significativamente a partir de la seudorepública; los ecosistemas alterados son tendentes a magnas desestabilizaciones natural. Cañaverales y regiones azucareras en general están hoy bajo notables negativos EBA (*efecto de bumerán ambiental*) de Sánchez (1). Nueva concepción de *positivas* malas hierbas *versus* pérdidas de humedad edáfica se asumirá. La conservación del entorno ha de proveer altos sumideros y efectivos almacenes naturales de CO_2. Las plantaciones cañeras y azucareras expelieron grandes volúmenes de CO_2; el monocultivo simple evitó su captación. El propósito del experimento fue evaluar efectos consecuentes de fajas arboladas intercaladas sobre el agroecosistema simple cañero-azucarero: desde barreras arbóreas ecológicas (*ecoarbóreas* y en modo de cortinas anticandela y corta viento); previendo incrementos de ***diversidad*** biológica, mitigación local del CCG, valores agregados y otros.



*****: ***ITACA***: interarbolado en caña de azúcar. ***Fitotecnia ecológica*** (*Ecofitotecnia*). Surco *ecofitotécnico: c/* labores técni-ecológica cañera /ejecutiva tecno eco-azucarera. ***Leyenda***: se mostró X# de algunas sps.: *En*: sp. nativa/autóctona, *O*: otras; ver *tabla* I. **Viales *adaptables***: calle/ guardarraya, camino/ subcalle (o *trocha vs.* fuego y de unión campo-campo vecinos); ***dimensiones***: depende del objetivo del área, tráficos: maquinaria, equipo y transporte. ***Marco*** triangular ***arbóreo***: 8m x 4m y 2m entre líneas. ***Las arboledas*** son: ecológica, anticandela, cortavientos, agroecológica. ***Premisas ecológicas positivas***: ecofitotecnia cañera; a menor dimensión de campo c/ITA mayor sostenibilidad; a mayor área de campo mayor # de fajas arboladas (c/ 3 o +hileras arbóreas). ***Dable***: menores áreas, mayores arboledas. ***Fitoasociaciones*** con anuales /semi perennes: de biocontrol, repelentes; aportadoras, beneficiadoras, etc. ***Labores agro***ecológicas (c/ITA) en la plantación. ***Premisas ambientales negativas***: campos monocañero y azucarero; labor antiambiental, agrotecnia convencionalista. Déficit de árboles en: áreas aledañas, *in situ* y zonas lejanas. Acciones ejecutivas/ técnicas anti ecológicas; causas desfavorables/efectos adversos naturales.

Figura 1. Esquema *ITACA**: campo manual/ semimecanizado/ mecanizado

MATERIALES Y MÉTODOS

Por vez primera el trabajo (figura 1) fue iniciado al sureste de Guantánamo, localidad Paraguay y zona de la cooperativa azucarera, de escasísima lluvia y desestabilizado ambientalmente por mal manejo agrotécnico cañero desde siglos: atroz desequilibrio climático, salinización de suelos, persistentes sequías, altas temperaturas y condiciones semidesérticas. Surcos de cañas Cuba 87 a 1,60 m. Se diversificó el entorno con uso de estrechas brechas antierosivas y endógenas de malezas positivas (control a machete) entre surcos y árboles; amén de asociaciones con especies anuales repelentes y beneficiadoras. Para potenciar los "antis" se intercaló guayabo (Psidium guajaba L.) y otras especies entre los árboles. El sistema de interarbolado (fig. 1), variantes y diseño experimentales, variables, métodos y procedimientos empleados se presenta en la tabla I**. La fig. 1 muestra el esquema de interarbolado en caña de azúcar (ITACA).**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El monocultivismo es antinatural y de conceptualización capitalista: son excluyentes. Ita es pronatural, incluyente, participativo e influyente. Frente a nuevos desafíos: climáticos extremos, biocombustibles, acciones productivas insostenibles, constantes ***EBA-adversos*** impuestos a la pachamama; elevadas tendencias hacia hambrunas mundiales por significativas desestabilizaciones continuas en la Naturaleza y debido al mal manejo de recursos naturales y de economía monopolista; Salas (2) reflexionó que nuevos paradigmas y la ineludible responsabilidad de las empresas frente al impacto social y medioambiental que provocan, propició la aparición de un nuevo concepto (2); a partir de *ITA* y *EBA*s positivos para mitigar el *CCG* (1).

Las diferencias significativas (tabla I) no fueron debida a los tratamientos experimentales empleados: fue la fase de elongación y el ritmo de crecimiento de las especies. Líneas arbolares de *Manguifera indicus* (fig. 1; ***leyenda: M***) unidas a subcalles son *fronteras antifuegos*, al parecer evitará la continuidad de quemas de un campo hacia el aledaño. En los monocultivos en general y globales, cañeros en particular, alimentarios, azucareros y agroindustriales locales el comportamiento aceptable de los rendimientos, producción actual y futura no se corresponde con el potencial genético de las especies y variedades en explotación. Variaciones ante las condiciones edafoclimáticas y medio ecológico *in situ* determinan que influyan los fertilizantes no naturales y con significación efectiva los artificiales químicos u orgánicos aportados. Procesos agrícolas, industriales y cañero-azucareros por expeler constantemente altos volúmenes de CO2 a la atmósfera, desarrollan significativos desequilibrios naturales en la comunidad y les son necesarios sumideros en sus alrededores: *ITA*s (fig. 1, tabla I). Los árboles son excelentes captores de CO2 (1). Fajas de interarbolados (tabla I; fig. 1) en plantaciones unicultivas y azucareras son convertidas en grandes almacenadores naturales de CO2 y de efecto contra fuego por quemas cañeras. Se observó (3) aumento del 38% del carbono orgánico del suelo en cultivo de dos gramíneas por más de 25 años. Demostraron (4) en agroecosistema cañero que si bien no se manifestó contaminación atmosférica por incrementos de concentraciones de C, sí se deterioró la fertilidad del suelo. Líneas arbolares intercaladas (fig. 1, tabla I) pudiera disminuir al menos los efectos significativos de variaciones climáticas en plantaciones monocultivas alimentarias. Sequías persistentes y regulares no garantizarán producciones cañera-azucareras y otros alimentos. Especies asociadas y micros céspedes con malezas no invasivas, ni negativa y destructiva, evitó la exposición plena al sol de los suelos.

Tabla I. Especies permanentes interarboladas en caña de azúcar*

Especies de *fajas ecológicas* arbolares***	*Variables de crecimiento*** Alturas (m)		Diámetros basales (cm)		*Diseño experimental* en *ITACA* (fig. 1): observaciones…
	Caña de azúcar	Árbol	Caña de azúcar	Árbol	
1.-Moringa (Mo)	1.63	1.17	3.10ab	2.23	*Bloques al azar*, 3 réplicas. P*ruebas de F y* rangos múltiples de *Duncan*: 95% *Observado (#)* individuos por línea arbolar (3) y surcos centrales (5) *Paquete digital Statgraphics plus* 5.0 Cada estadígrafo se calculó directamente, excepto *Error estándar* *CV* en %
2.-Neem/Nim (N)	1.96	1.10	3.30 b	2.02	
3.-Mango (M)	1.23	1.36	2.20 a	1.96	
4.-Caoba (C)	1.57	1.00	2.63 ab	1.91	
5.-Majagua (Mj)	1.26	1.31	3.16 ab	1.90	
6.-Guayacán (En)	1.62	0.91	3.30 b	1.75	
Standard error	0,24	0,23	0,31	0,15	
Standard deviation	0,19	0,16	0,62	0,26	
Coeff. of variation	11,14	15,31	21,22	13,52	
**: Procedimientos usados en las mediciones	Ras del suelo (RS) al cogollo	RS a la cima	RS a 20 cm del tallo		*: Muestreo de cañas vecinas a las fajas: 3 surcos de 5 hacia el centro del campo

Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). ***: 1-*Moringa oleifera*, 2-*Azadirachta indica*, 3-*Mangifera indica* (fajas contra candelas); 4-*Swietenia mahogoni*, 5-*Hibiscus elatus*, 6-*Guaiacum officinale*: sp. nativa (En)

El *CCG* sobre el archipiélago y naciones imprimirá sistematicidad atroz, altos períodos de intensas e inmensas sequías y lluviosos sobre ecosistemas económicos a la par del monocultivismo simple convencional. Autores han señalado que la escasez de agua es una grave restricción ambiental para plantar y lograr productividad (5). La pérdida inducida por la sequía en el rendimiento del cultivo excedió probablemente las pérdidas de todas las otras causas. Otros autores (6) demostraron en cuatro estudios multiambientales en la región sur-oriental de Cuba con 15 cultivares de caña de azúcar, que a partir de la variable tonelada de caña.ha^{-1} hubo predominio del efecto ambiental en la varianza fenotípica total (65.2%). Y estimaron la contribución de localidades mediante estudio multiambiental de genotipos de caña de azúcar (7). Desequilibrios naturales globalizados actuales lograron significativos desbalances en ecosistemas regionales con incidencias significativas sobre entornos locales productivos: el *Itaca* podría amortiguar efectos desastrosos y amainar EBAs muy adversos. Sánchez (1) reportó índices de hectáreas representativas (*ha-equivalente*: ha-e) de coberturas boscosas en monocultivo anual interarbolado. Medidas paliativas y agroecológicas a medias jamás garantizarán sostenibilidad agrícola. Labores fitotécnicas en *Itaca* no serán interrumpidas por presencia arbórea ni bloqueado el proceso mecanizado del campo (fig. 1). Conceptualizar las agrotecnias incluidos riego y drenaje al monocultivo complejo (fig. 1, tabla I); contribuirá a mitigar sequías, elementos *antinaturas* y adversos (8). La subcalle, es unión común entre campos y ***trocha anti fuegos***. Itaca e Itas sobre monocultivos simples aportan altos valores agregados al ecosistema en general: ecológico y ambiental inmensos; económico y alimentos diversos, mejora el clima del campo azucarero por EBA positivos y para las labores obreras; etc.

Intercalados perennes de especies aprovechables y adecuadas a la estrategia de cosechas, incrementa la semi sustentabilidad de monocultivos de ciclos cortos (pastos, cañas de azúcar, agroindustriales, granos, viandas, hortalizas, otros)… y redujo efectos de desastres, reiteró Sánchez (8). Afirmó: *la* ***diversificación*** *de especies en el ecosistema… agrícola es imprescindible…* Y *significativa la restauración de biodesequilibrios del CO2* (8). Sólo la sostenibilidad de agroecosistemas (complejo con ITAs) garantizará a perpetuidad soberanía y seguridad alimentarias. Disponen sustanciales ahorros: aguas y humedad edáfica (por faja arbolada,

céspedes, asociaciones, semibosques); reducción de plagas y enfermedades (por sps. repelentes, biocontrol integral, ***diversidad*** natural); mantiene rendimientos productivos y dividendos económicos (por paulatina sostenibilidad media); contribuye a la semi sustentabilidad general; uso de malezas positivas y asociación de cultivos (reduce la exposición directa del suelo al sol); se capta CO2 de humos de quemas e industrial; aumenta la ***diversificación*** (agrícola, frutal, forraje, maderera); se reducen químicos antinaturales; se humaniza más el trabajo de obreros cañeros por mejoramiento microclimático del cañaveral. El monocultivo simple es destructivo. Alejarse de *principios naturales*, aleja la sustentabilidad cañera azucarera. Adáptese el tecnocultivo a la Naturaleza, no al monocultivo. El huracán Sandy 2012 destruyó laterales del experimento *ITACA* Paraguay y posterior decisión administrativa errada condujo al traste el empeño experimental. Se reinició (2015) en la UBPC cañera *Álvaro Reynoso.* ITAs e *ITACA* supone un paso notable en lucha contra la desertización, sequía y lluvia extremas; la desertificación, alza de temperaturas atípicas y contrarrestar récords climáticos que aparecerán cada vez más de forma y manera continuas durante +50 años.

CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

Adaptar técnicas monocultiva y agroecológica a la naturaleza, no al revés. *ITA*, eslabón esencial en pos de sostenibilidad del entorno económico y áreas aledañas. La producción monocultiva debe integrarse plenamente a la *pachamama*: cesó el plazo de ejecución antiambientalista y el tiempo de conducción convencionalista. *ITACA* aporta inconmensurables valores agregados. *Fajas arbóreas* son: barreras ecológica y agroecológica, rompe candela y vientos. Las subcalles facilitan el tráfico, son trochas anti fuegos. El *ITA* impregna mitigación local *vs*. *CCG* y *EBA-adversos*. Necesario cambiar el actuar ejecutivo actual y antiguo para sostener producciones azucareras y alimentos provincial y nacional: reponer el semi *status* natural del entorno con significativa presencia arbórea. Monocultivos, técnicas agroecológicas y divercultivo sin *ITA* no serán sostenibles. Conducción y ejecución unicultiva debe ser integral y compleja a la par de la perfecta *Madre naturaleza*: supeditada a la ecofitotecnia/ fitotecnia ecológica y al incremento de bio***diversidad***. *ITACA* es perfectible. Se impone el *Mita*: monocultivismo interarbolado.

REFERENCIAS

1.- Sánchez L., J. I. et al. 2011. Fajas forestales intercaladas en plantaciones anuales: producción sostenible y reductora del cambio climático. Revista *Centro Agrícola*, 38(4):75-82

2.- Salas, H. 2012. Procedimiento para integrar la dimensión ambiental al sistema de información financiero. Tesis: *Master Sc. en Gestión Ambiental*. Instituto Superior de Tecnología y Ciencia Aplicada, La Habana. 78 pp.

3.- Benbi, D. K.; J. S. Brar.2009. Un récord de 25 años de secuestro de carbono y las propiedades del suelo en la agricultura intensiva. Revista *Agron. Sustain. Des.* 29:257-265

4.- Cabrera, J. A. y R. Zuaznábar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. Revista *Cultivos Tropicales* 31(1):5

5.- Farooq, M. et al. 2009. La sequía planta estrés: efectos, mecanismos y gestión. Revista *Agron. Sustain. Des.* 29:185-212

6.- Puchades, Yaquelin et al. 2012. Métodos estadísticos…: estudio de la interacción genotipo-ambiente en la caña de azúcar. *Ciencia en su PC* (1):47-60. cienciapc.idict.cu/index.php/cienciapc/article/viewFile/232/562 [Dic. 2014]

7- Rodríguez, R. et al. 2013. Contribución de las localidades en estudios multiambientales de genotipos de caña de azúcar en la región sur oriental de Cuba. Revista *Granma Ciencia* 17(1): Enero – abril. ISSN 1027-975X

8.- Sánchez L., J. I. et al. 2012. Árboles intercalados en cultivos anuales para el desarrollo humano. Revista *Centro Agrícola*, 39(1):79-84

EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INTRODUCIDAS MEDIANTE EL SISTEMA DE EXTENSIÓN AGRÍCOLA EN CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA GRANMA

EVALUATION OF NEW TECNOLOGIES THROUGH AGRICULTIRAL EXTENSION SYSTEM OF SUGAR CANE IN GRANMA PROVINCE

Autor(s):MSc Libia Fonseca Batista[1]; MSc. Reynerio Labrada Vilas [1]. Ing. Ediad Lorente Gómez[1]

[1]Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas Edificio AZCUBA. Calle 4ta % 5ta y Frank País Repto "Jesús Menéndez".Bayamo, Granma. Cuba
email: lfonseca@gesagr.azcuba.cu

RESUMEN
Se evalúa la Adopción de tecnologías de fertilización localizada al plantón, aplicación del programa Bayer CropScience-AZCuba (Programa MERLIN), y siembra perfecta, evaluándose un conjunto de acciones de extensión realizadas en el período en la provincia (días de campo, encuentros con productores, cursos cortos (actualización del SERFE ,curso SERCIM, curso para agentes de extensión y para Jefes de Lote), activos técnicos, seminarios, clases prácticas, montaje de parcelas demostrativas, además de asistencia técnica a los productores).Analizamos estadísticamente la información cualitativa obtenida por las acciones de capacitación realizadas en la provincia utilizando la prueba de McNemar, permitiendo analizar si las acciones realizadas sobre los temas tuvieron o no el efecto deseado. Analizamos estadísticamente los días de campo provinciales realizados, por ser este uno de los principales métodos de extensión en el sistema, Aplicándole la prueba de los signos, extremadamente útil para evaluar la Adopción de tecnologías por parte de los productores, Se produjo un cambio favorable a las "nuevas tecnologías", por la provincia infiriendo que fueron adoptadas por los productores en la provincia de Granma en las tres tecnologías evaluadas.
Palabras Claves: adopción, extensión

ABSTRACT
The adoption of near-cutting technology for located fertilization was evaluated in the framework of the Bayer CropScience-AZCuba (MERLIN Programs) program and perfect planting. A group of actions of agricultural extension was valued during the period, in the county, as, days of field, encounters with cane croppers, short courses (update of services SERFE and SERCIM, course for extension agents and lot bosses), technical assets, seminars, practical classes, assembly of demonstrative parcels, besides technical attendance to the producers. The qualitative information obtained by means of the training carried out in the county was analyzed statistically, with the use of the McNemar Test, what allowed determining if the actions carried out on the approached topics, had or not the wanted effect. Also, were analyzed statistically the field days, to be one of the main tools in the agricultural extension. The test of the signs was applied, to be extremely useful to evaluate the adoption of technologies by the croppers. A favorable change took place toward the new technologies", when three of themwere adopted by the cane growers in Granma province.
Keywords: agricultural extension, McNemar test, field days.

INTRODUCCIÓN

La *ADOPCIÓN* de una nueva tecnología puede definirse como su puesta en práctica de forma contínua e ininterrumpida, hasta tanto ésta sea sustituida o mejorada por otra más apropiada o ventajosa. Los productores normalmente no adoptan una nueva técnica o idea tan pronto se sabe de su existencia, generalmente se pasa por diferentes etapas las cuales no deben ser violentadas ya que pueden provocar el fracaso (Almarales et.al, 2006).

El Sistema de Extensión Agrícola para la caña de Azúcar (SEACA,) es el encargado de acortar el tiempo entre la generación de una tecnología y su generalización y correcta adopción por parte de los productores en la práctica productiva. Teniendo como objetivo en este trabajo evaluar tres tecnologías introducidas mediante el SEACA en la práctica productiva en la provincia Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación de las tecnologías introducidas, fertilización localizada al plantón (zafra2005-2006 a zafra 2006-2007), la aplicación del programa Bayer CropScience-AZCUBA (Programa MERLIN), (zafra2004 -2005 a zafra 2005-2006) y siembra perfecta zafra 2006-2007 a zafra 2007-2008). Se realizó un sistema de capacitación integral consistente en (Días de Campo, encuentros con productores, cursos cortos de actualización del SERFE, SERCIM y SERVAS, Curso para Agentes de Extensión y Para Jefes de Lote), Activos Técnicos (talleres), seminarios, clases prácticas, montaje de Parcelas Demostrativas, además de Asistencia Técnica a los productores) y divulgación de los resultados (plegables y hojas sueltas).
Los resultados se midieron mediante un análisis estadístico utilizando la Prueba de McNemar para la significación de los cambios observados (Sydney Siegel, 1972), midiéndose en las campañas siguientes el control logrado (Bueno, Regular y Malo), permitiendo analizar si las acciones realizadas sobre los temas tuvieron o no el efecto deseado estableciendo una "Escala de control." Antes y Después de aplicado el sistema. Además se empleó la PRUEBA DE LOS SIGNOS, (Sydney Siegel, 1972), útil para evaluar la motivación de los productores a la Adopción de las tecnologías propuestas en los Días de Campo provinciales efectuados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Adopción de tecnologías introducidas mediante el Sistema de Extensión Agrícola para la caña de Azúcar.

Mostramos el sistema de capacitación integral, Tabla No1, consistente en (Días de Campo, encuentros con productores para conocer si se estaban cumpliendo las expectativas , cursos cortos de actualización del SERFE, SERCIM y SERVAS, Curso para Agentes de Extensión y Para Jefes de Lote), Activos Técnicos (talleres), seminarios, Clases Prácticas, montaje de Parcelas Demostrativas, además de Asistencia Técnica a los productores) y divulgación de los resultados (plegables y hojas sueltas), en cada una de las tecnologías introducidas con el objetivo de incentivar a los productores y despertando el deseo de capacitarse , venciendo la resistencia que estos presentan ante la adopción de nuevas ideas pasando por

Tabla No I. Resultados de la capacitación de capacitación para la introducción de tecnologías a partir de métodos empleados por el SEACA.

Acciones de capacitación	Tecnologías introducidas		
	FLP.2006-2007	MERLIN 2005-2006	Siembra perfecta2007-2008
Días de Campo	10	14	8
Clases prácticas	12	16	9
Talleres	10	17	2
Encuentro con productores	6	12	5
Cursos cortos	11	11	7
Parcelas demostrativas	9	15	5
Divulgación	9	15	9
Asistencia Técnica	7	20	11
Total	74	120	56

Leyenda: FLP: Tecnología fertilización localizada al plantón. Programa Bayer CropScience-AZCuba (Programa MERLIN), siembra perfecta (3trozos punta con punta).

las diferentes etapas (Información, Despertar el interés, Análisis y evaluación previa , Ensayo y puesta en práctica y la Adopción de tecnologías).Se realizaron en la tecnología fertilización localizada al plantón 74 acciones, 120 para el programa Bayer Crop-science-AZCuba (programa Merlín)y 56 para la siembra perfecta a triple trozo punta con punta en los períodos descritos con anterioridad. Se analizó valorativamente los resultados alcanzados en la producción en las diferentes tecnologías con el criterio de un grupo de expertos y estos se midieron mediante un análisis estadístico utilizando la Prueba de McNemar, para la significación de los cambios observados diseñada para las comparaciones "antes y después" y conocer la eficiencia de los sistemas empleados, midiéndose en las campañas siguientes el control logrado (Bueno, Regular y Malo), analizar si las acciones realizadas sobre los temas tuvieron o no el efecto deseado estableciendo una "Escala de control". Antes y Después de aplicado el sistema y se analizó el control en cada una de las tecnologías introducidas. Fig. 1

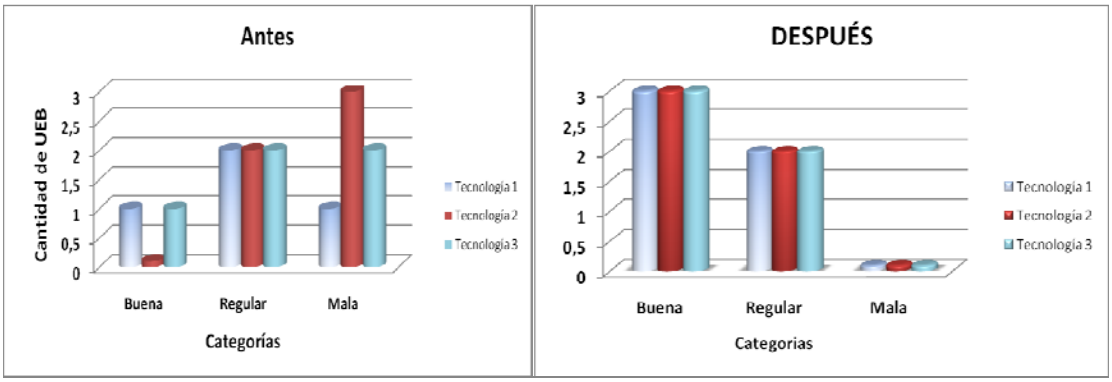


Fig.1. Resultados de la Prueba de McNemar para las tecnologías introducidas por el SEACA.
Situación del control de las tecnologías Antes y Después

Leyenda: Tecnología 1: **Fertilización localizada al plantón** 2006 – 2007
Tecnología 2**: Programa Bayer Crop Science – AZCuba (MERLIN)** 2005 – 2006
Tecnología 3: **Siembra Perfecta** 2007 – 2008

Mostrando que en las tres tecnologías introducidas por el Sistema de Extensión hubo una mejora con la aplicación del sistema de capacitación empleado valorado por los expertos según los resultados en cuanto a fertilización, porcentajes de población y porcentajes de enyerba miento , unido a resultados productivos que es la base del sistema de extensión, por lo que inferimos que existen cambios en la forma de pensar de nuestros productores, siendo los mismos complejos y multivariados y por lo tanto difíciles de lograr y observar, siendo mejorados los resultados del trabajo

Según el criterio de expertos valoraron que:

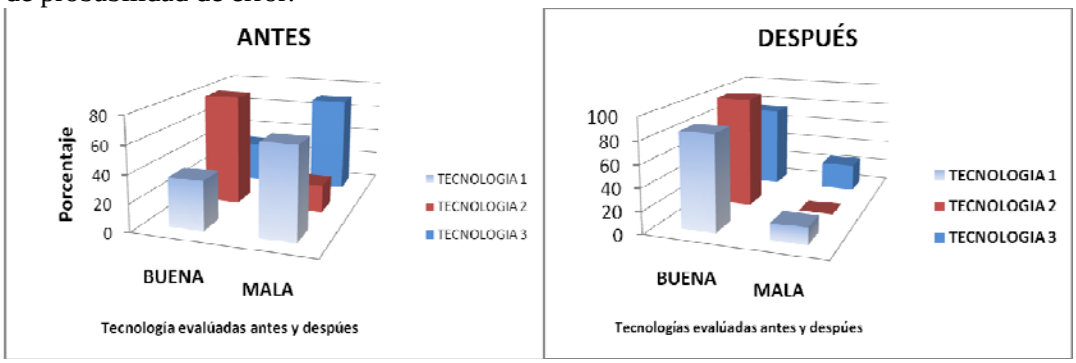
- La tecnología de Fertilización localizada al plantón "Antes" había una sola UEB que tenía buena población respecto a las restantes cuatro y "Después" de aplicado el sistema, resultaron tres y en cuanto a la categoría de mala había una "Antes" y "Después" ninguna.
- En la tecnología de aplicación del MERLIN, todas las UEB "Antes" tenían altos porcentajes de enyerbamiento y "Después" consideramos a tres UEB de buenas.
- En la siembra perfecta teníamos en la provincia una UEB buena "Antes" de aplicado el sistema y "Después" 3 y en la categoría de mala "Antes "2 y "Después" ninguna.

Estos cambios fueron clasificados en las tres tecnologías de peor a mejor (mejorado o previsto).Se ordenaron las frecuencias observadas en cada una de las tecnologías estudiadas en una tabla de doble entrada y se determinaron las frecuencias esperadas determinándose la probabilidad de ocurrencia de Chi cuadrado la cual fue significativa para las tres tecnologías al 1% de significación, infiriendo que los cambios observados se deben a la aplicación del sistema empleado y existen una mayor número de UEB con una

mentalidad positiva hacia la introducción de las tecnologías. La capacitación es siempre una inversión que debe revertirse en resultados productivos a largo plazo en aras de resolver los problemas económicos, con un marcado incremento en la producción, coincide con lo planteado por (Zambrano, 2003) donde plantea que la capacitación es un proceso activo en el cual las personas involucradas cambian y mejoran sus conocimientos, habilidades y actitudes a través de un proceso de aprendizaje.

"Días de Campo"

En la figura 2, mostramos los porcentajes de los criterios tomados de la muestra de 20 especialistas en cada tecnología antes y después de efectuado el Día de Campo provincial en cada tecnología introducida en la práctica productiva, teniendo que en los tres casos (tecnologías 1,2 y 3) antes de efectuar los días de Campo la proporción de especialistas con criterios buenos de aceptación de las diferentes tecnologías se elevó al final de la capacitación y después de efectuado el Día de campo en las tecnologías 1,2 y 3 bajaron los porcentajes de especialistas con malas opiniones acerca de las tecnologías a introducir infiriendo que existió una motivación entre los productores. Los límites de significación para las tres tecnologías fueron para el 1% de probabilidad de error.



Leyenda:

Tecnología / Porcentaje	Antes		Después	
	B	M	B	M
1.Fertilización localizada al plantón	35	65	85	15
2.Programa Bayer CropScience-AZCuba MERLIN	80	20	100	0
3.Siembra Perfecta	30	70	75	25

Fig.2: Prueba de los Signos de los Días de Campo provinciales efectuados en las tres tecnologías

CONCLUSIONES

1. En las tres tecnologías introducidas por el SEACA en la provincia de Granma hubo una mejora con la aplicación del sistema de capacitación empleado.
2. Los Días de Campo provinciales de las tres tecnologías resultaron útiles para evaluar la motivación de los productores a la Adopción de las tecnologías propuestas por el Sistema de Extensión Agrícola para la caña de Azúcar.

BIBLIOGRAFÍA

Almarales et al. Procedimientos Metodológicos de Extensión Agrícola para la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana.2006. Pág. 21-39.

Sydney Siegel. Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta. Edición Revolucionaria, Instituto cubano del Libro, 1972. Pp86-95.

Zambrano Y Improvement of training programs for farmers in the sugar cane Ministry in Cuba.Tesis en opción al grado de Master en Desarrollo Rural.Universidad de Larestain.Deventer.Holanda. 2003.60pp.

INFLUENCIA DEL DESFASE EN CULTIVARES DE CAÑA DE AZUCAR EN CUBA

INFLUENCE OF HARVESTING TIME IN CULTIVARS OF SUGARCANE IN CUBA

Irenaldo Delgado, Héctor Jorge, Antonio Vera, Lorenzo Cabrera, Felix R. Díaz, José R. Gómez, Oscar Suárez, Isabel Torres, Félix Valladares, Rubisel Cruz, Arián Céspedes, Yaquelin Puchades y Reinaldo Rodríguez.
INICA. ETICA Centro Villa Clara. (irenaldo@inicavc.azcuba.cu)

RESUMEN

Uno de los elementos que afecta la calidad de la caña, cuando se cosecha con edad, cultivar o cepa inadecuada, es el desfase, afectando la composición del jugo en cuanto a su calidad. El objetivo del trabajo fue determinar la influencia del desfase por edad y cultivar en el porcentaje de pol en caña, en tres cultivares con diferentes edades. Como resultado se obtuvo, cosechar con edades inferiores a los 12 meses y superiores a los 19 meses puede traer como consecuencia, obtener rendimientos azucareros inferiores, que los genotipos C1051-73 y C86-12 lograron el mayor porcentaje de pol en caña a inicios de zafra con edades de 18 - 20 meses y en la etapa final de zafra fue entre 13 y 16 meses**.** Se corroboró que My5514 no es un genotipo recomendado para la etapa inicial de zafra.
Palabras Claves: desfase, calidad, materia prima.

ABSTRACT

One element that affects the quality of the cane, when harvested with age, grow or improper stool, is the, affecting the juice composition in terms of quality. The objective was to determine the influence of harvesting time by age and growing in the percentage of pol in cane, in three cultivars with different ages. As a result was obtained to harvest with less than 12 months and above 19 months age which can result, obtaining lower sugar yields, the C1051-73 and C86-12 genotypes achieved the highest percentage of pol in cane harvested in early ages of 18 to 20 months and in the final stage of harvesting was between 13 and 16 months. It was confirmed that My5514 is not a genotype recommended for the initial stage of harvesting.
Keywords: lag, quality raw material.

INTRODUCCIÓN

En la agroindustria de la caña de azúcar, una de las operaciones más importantes es indudablemente la cosecha de la materia prima. Esta labor requiere de una adecuada organización y planificación, con el fin de llevar a las fábricas de azúcar la cantidad de caña acorde con la actividad en el momento más oportuno y de la mejor calidad, para obtener los beneficios esperados. El objetivo de este trabajo es determinar la influencia del desfase por edad y cultivar en el porcentaje de pol en caña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se desarrollaron en las Estaciones Provinciales de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Matanzas, Villa Clara, Camagüey y Holguín en áreas de secano, donde fueron plantados seis experimentos por localidad desde noviembre de 2002 hasta abril de 2003. Los genotipos evaluados fueron: C1051-73, C86-12 y My5514 con madurez temprana, intermedia y tardía respectivamente, resultados que se pueden extrapolar a todas las variedades de estas caracteristicas. Las edades estudiadas fueron de 9 - 24 meses durante el período de zafra (noviembre – abril). Las cosechas de los experimentos se realizaron de noviembre hasta abril del 2003 y 2004, en las cepas de caña planta y primer retoño.

Se realizaron análisis discriminante en las dos cepas estudiadas en la variable porcentaje de pol en caña, para lo cual se congregaron las edades en cuatro grupos. En caña planta los grupos formados fueron: Grupo I (edades de 9, 10, 11, 23 y 24 meses), Grupo II (edades de 12, 13, 14, 15 y 16 meses) Grupo III (edades de 17, 18 y 19 meses) y Grupo IV (edades de 20, 21 y 22 meses), en retoño fue considerado como criterio práctico que esta cepa antecede a la caña planta en dos meses por lo que los grupos se formaron con las siguientes edades: Grupo I: (9, 21, 22, 23, 24), Grupo II: (10, 11, 12, 13, 14),Grupo III: (15, 16, 17)y Grupo IV: (18, 19, 20). Para ratificar la diferencia entre los grupos se realizaron en las dos cepas análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis discriminante en caña planta y primer retoño para definir el comportamiento del porcentaje de pol en caña por grupos de edades a inicios de zafra (noviembre – enero), se alcanzó el 87.50% y el 93.75% de buena clasificación en la primera cosecha y segunda respectivamente, resultados acreditados por la significación de la primera función discriminante, se observó que en ambas cepas los grupos I (edades inferiores a los 12 meses y superiores a 22 meses) y el IV (edades de 20 a 22 meses) son los de menor contenido azucarero, mientras que los de mayor son los grupos II y III (edades de 12 a 16 meses y de 17 a 19 meses respectivamente), lo que fue certificado por análisis univariados entre grupos, con similar respuesta en ambas cepas (figuras 1). Estos resultados demostraron que cosechar con edades inferiores a los 12 meses y superiores a los 19 meses puede traer como consecuencia obtener rendimientos azucareros inferiores a causa del desfase, aspecto a considerar en el manejo de las plantaciones de ciclo largo. Espinosa, (1980) estudiando otro grupo de cultivares señaló que las cañas quedadas en Cuba no debían sobrepasar los 22 meses.

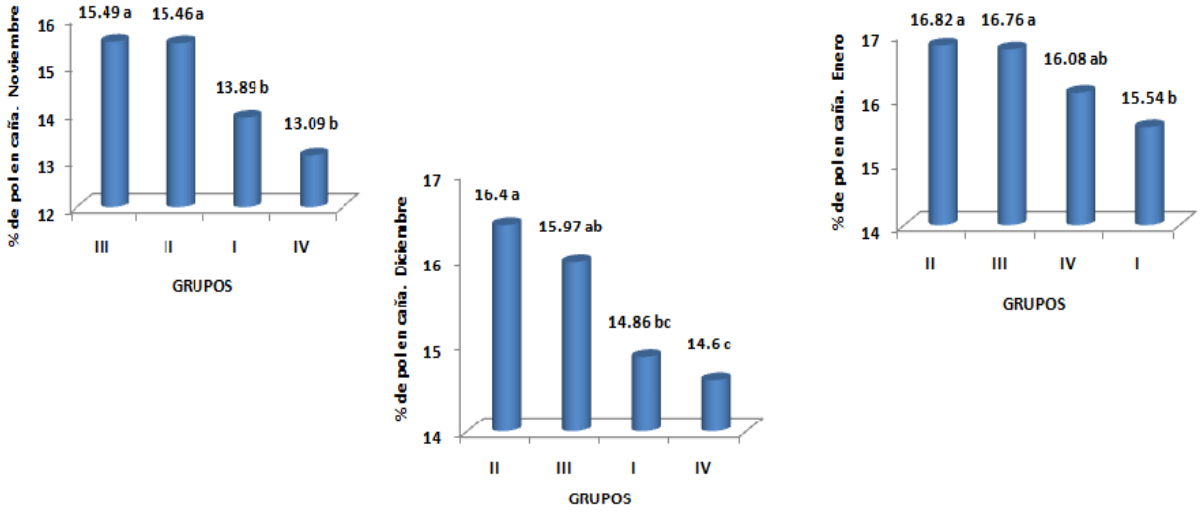


Figura 2: Comportamiento entre los grupos (nov., dic., enero). Primer Retoño.

Las figuras 3 y 4 reflejaron que los genotipos C1051-73 y C86-12 lograron el mayor porcentaje de pol en caña a inicios de zafra con edades de 18 - 20 meses superando significativamente a las edades de 22 - 24 meses (desfase por exceso de edad) y a las de 9 – 11 (desfase por déficit de edad), estas últimas no difirieron entre ellas, de igual forma ocurrió para la etapa final de zafra donde las edades óptimas para alcanzar el mayor potencial azucarero está entre 13 y 16 meses. Los resultados antes expresados justifican la necesidad de programar para las diferentes etapas de la zafra, las edades que nos permitan lograr extraer el mayor potencial azucarero para lograr mayor eficiencia fabril y menor cantidad de caña por tonelada de azúcar a producir.

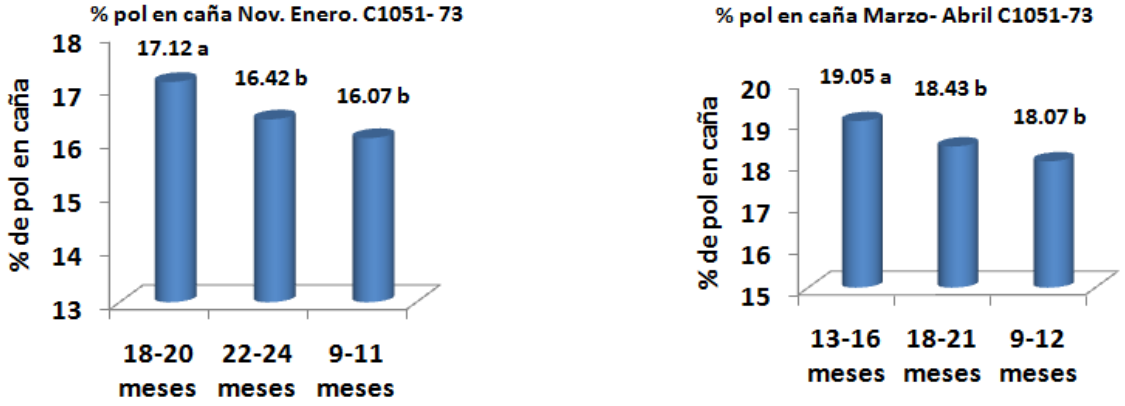


Figura 5: Desfase por edad a inicios y finales de zafra genotipo C1051-73.

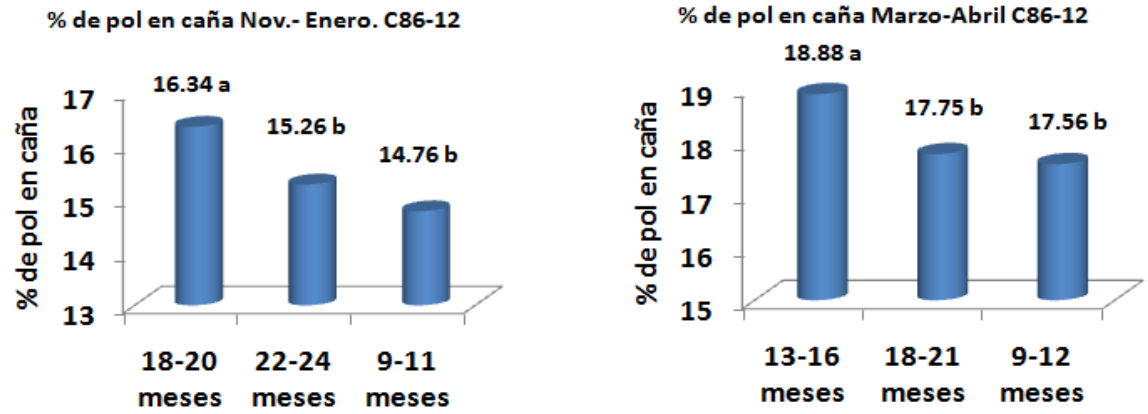


Figura 6: Desfase por edad a inicios y finales de zafra genotipo C86-12.

Los resultados del análisis de varianza reflejó diferencias significativas en los factores genotipos (G), localidades (L) y en la interacción genotipo x localidad (GxL) en el período de noviembre a enero (inicios de zafra). La significación encontrada en la interacción (GxL) para este carácter indicó que los genotipos tienden a comportarse de manera desigual en los diferentes sitios como lo señalaron Rea y De Sousa (2001) y ratifica la existencia de Interacción genotipo x ambiente para esta época de cosecha, expresado por Jorge y col (2014). Se formaron tres grupos, alcanzando los mejores resultados C1051-73 y C86-12 en Matanzas (grupo II), lo que puede estar dado a que los suelos de este territorio son ferralítico rojo de alto drenaje interno lo que favorece la concentración de sacarosa. Le siguió en importancia el grupo I integrado por los cultivares antes mencionados en las localidades de Villa Clara, Camagüey (suelos pardos con carbonato plastogénicos) y Holguín (suelos oscuros plástico) cuyos suelos presentan mayor retención de humedad, mientras que el grupo III estuvo integrado por My5514 en los cuatro sitios de pruebas. Estos resultados evidencia la existencia de un desfase por cultivar, ya que My5514 no es un genotipo recomendado para la etapa inicial de zafra como lo señalaron Delgado y col. (2012).

CONCLUSIONES

1. Los genotipos C1051-73 y C86-12 lograron el mayor porcentaje de pol en caña a inicios de zafra con edades de 18 - 20 meses superando significativamente a las edades de 22 - 24 meses (desfase por exceso de edad) y a las de 9 – 11 (desfase por déficit de edad, de igual forma ocurrió para la etapa final de zafra donde las edades optimas para alcanzar el mayor potencial azucarero está entre 13 y 16 meses

2. El desfase teniendo en cuenta los cultivares corroboraron que la My5514 no es un genotipo recomendado para la etapa inicial de zafra.

RECOMENDACIONES

1. Manejar los ciclos largos de cosecha para inicios de zafra con edades que no sobrepasen los 19 – 20 meses de edad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Delgado, I., H. Jorge, H García,N. Bernal, Félix, Aydiloide Bernal,J. R. Gómez, O. Aday, H. González ,Mayelín Buedo , Susana Reyes, Dunia Núñez,J. Barroso y L. F. Machado. 2012. Potencialidades de familias de variedades de caña de azúcar para diferentes períodos de zafra. Cultivos Tropicales, 2012, vol. 33, no. 3, p. 5-14.
2. Espinosa, R. B. 1980. Influencia de la fecha de plantación y las edades al momento de las cosechas sobre el rendimiento y sus componentes en la caña de azúcar (*Saccharum spp*.) Resumen de la tesis para optar por el grado de C. Dr. en Ciencias Agrícolas. INCA, MES La Habana, 32 pp.
3. Jorge, H., Delgado, I., Vera, A., Gómez, R. J, Mujica, R. F., Céspedes, A., Pérez, C.J., Santos, C. J y Guillén, S. 2014. Caracterización de las familias de variedades acorde con los momentos de cosecha en dos localidades de la región central de Cuba. Centro Agrícola 41 (2): 71-77; abril – junio.
4. Rea, R. y De Sousa.O. 2001. Interacción Genotipo x Ambiente y análisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. Caña de azúcar. Vol.19 (único) pp. 3 -15.

DISEÑO DE UN SURCADOR PARA LA PLANTACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN SURCOS DE BASE ANCHA

FURROW OPENER DESIGNED FOR DUAL ROW SUGAR CANE PLANTING SYSTEM

Santos Gómez Fernández[1], Yusbel Hermida Baños[1], Ing. Sergio Guillen Sosa[2], Iván Rossi Tamayo[1] y Arlandy Noy Perera[1].

1. Estación Territorial de Investigaciones de la caña de azúcar Camagüey. INICA. AZCUBA. e-mail: sgomez@eticacm.azcuba.cu
2. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana. Cuba. e-mail: sergio@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Se presenta un prototipo de surcador de base ancha que a diferencia del que se ha venido usando en el país realiza dos surcos a la vez, lo que hace que su productividad sea doble. Presenta además, la ventaja de que por el diseño y la disposición de las vertederas se evita que se "embote" o "atore" con los terrones o residuos de cosecha y puede trabajar en diferentes tipos de suelo incluidos los de difícil manejo por su contenido de arcilla. Por sus dimensiones se puede acoplar a tractores de14 kN.
Palabras claves: base ancha, surco doble, marco de plantación

ABSTRACT

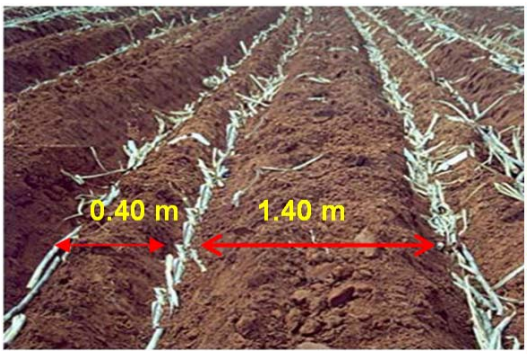
This paper show a new furrow opener designed to make wide base double furrows to improve the productivity of the technology nowadays in use in our sugar cane agriculture. This design will increase the productivity of the land preparation previous cane planting. Remarkable is the design that avoids to get clogged with stumps or crop residuals. It can work in different soils types, including heavy soils those with high level of clay contents. The design and construction are ideal for work with 14 kN tractor class.
Key words: Furrow opener, Dual row,Wide base farrow.

INTRODUCCIÓN

En Cuba, durante los últimos años la producción de azúcar ha tenido una disminución significativa dado en primer lugar por los bajos rendimientos agrícolas. La necesidad de alcanzar una mayor producción, evaluada en niveles de azúcar por unidad de área, lleva implícito la urgencia de cambios en algunas de las prácticas agrícolas actuales.

La plantación en surcos de base ancha es un tema que se ha comenzado a estudiar nuevamente durante los últimos años en varios países productores de azúcar como Brasil, Australia, Estados Unidos, India, Mauricio, China y Taiwán reportándose resultados que demuestran incremento en la población y el rendimiento y que es posible la mecanización de las labores desde la plantación hasta la cosecha.

Los surcos de base ancha constituyen un diseño de plantación que consiste en lograr una conformación especial del surco que permite una doble hilera de propágulos (Fig.1), en lugar de la hilera sencilla, estrecha, que caracteriza al sistema tradicional empleado en nuestro país. De esta manera se logra un surco con una ancha banda de brotación que dispone de espacio suficiente para que se puedan establecer una mayor cantidad de brotes, lo que genera un surco bien conformado con una elevada densidad de cepas (Fig. 2).



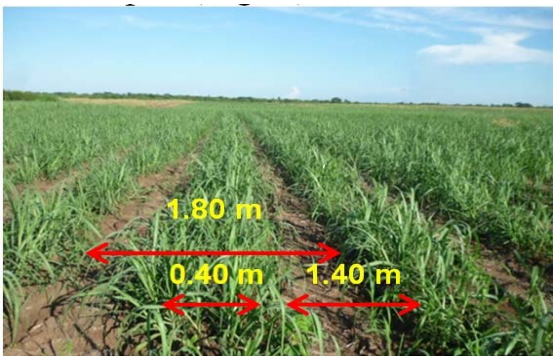


Figura1. Conformación del surco de doble hilera. Figura 2. Densidad de cepas que se logran.

En Argentina, Scandaliaris y Sotomayor (2008), describen una tecnología donde se propone aumentar los actuales niveles de producción de azúcar por hectárea, con el uso de los surcos de base ancha. Para realizar los surcos de base ancha, se desarrolló un equipo que está compuesto por un surcador, completado por dos discos que terminan de realizar la extracción de tierra, dejando bien conformado el surco con una cresta en el medio, que permite la separación de la semilla de caña.

En nuestro país esta tecnología ya se ha probado con éxito en unidades productoras de varias provincias alcanzándose un incremento del rendimiento entre 15 y 30 toneladas por hectárea. Uno de los factores que más impide su generalización es que no se dispone aún de un surcador diseñado específicamente con este propósito.

En este trabajo se propone un prototipo de surcador que a diferencia del que se ha venido usando hasta ahora según lo reportado por Gómez et al. (2011) realiza dos surcos a la vez lo que hace que su productividad sea doble. Presenta además la ventaja de que por el diseño de las vertederas se evita que se “embace” o “atore” con los residuos de cosecha y puede trabajar en diferentes tipos de suelo incluido los de difícil manejo por su contenido de arcilla. Por sus dimensiones se puede acoplar a tractores de 14 kN.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para su construcción se partió del chasis de la fertilizadora F-350, pero también pudiera ser el del cultivador flexible FC-10 por su similitud, que hoy están en nuestras UPC muchas veces sin uso como se puede observar en la figura 3, por excedente o deterioro del implemento matriz, pero que a la vez es muy fácil su fabricación por la sencillez de los materiales que lo conforman (Figura 4).

Figura 3. Chasis en desuso.

Figura 4. Surcador construido en una UEB.

En las figuras 5 y 6 se muestran las caracteristicas y las dimensiones del implemento.Observese que las vertederas pueden construirse con planchas de 5 mm que se emplean para el piso de los centrales azucareros y en ocasiones se pueden encontrar pedazos ya en desuso en buen estado por lo que los materiales necesarios estan disponibles en cualquier Unidad Empresarial de Base(UEB) del pais.

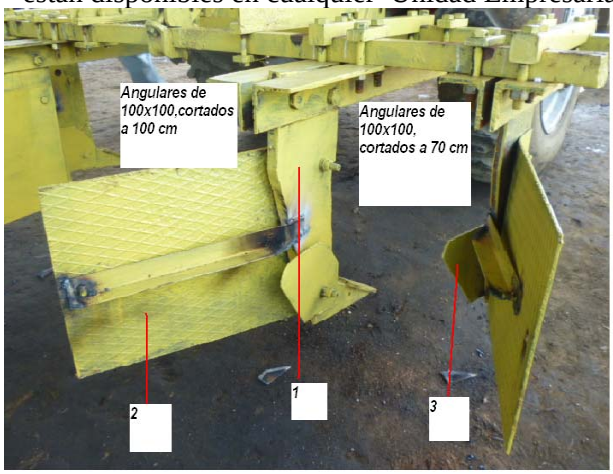


Figura 5. Vista trasera del nuevo surcador.

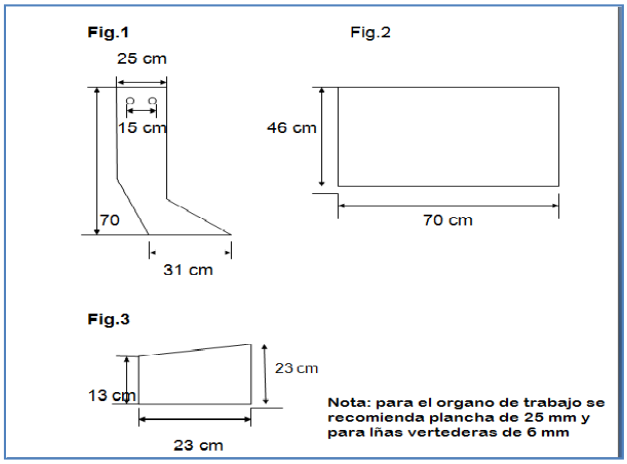


Figura 6. Detalles para su construcción.

RESULTADOSY DISCUSIÓN

Como se puede observar en la figura 7.a con el nuevo surcador se logra una perfecta conformación de los surcos para realizar la plantación con hileras dobles de propágalos o base ancha como normalmente se le denomina en nuestro país. En la figura 7.b se muestra que se puede trabajar perfectamente con presencia de residuos de la plantación anterior o suelos no completamente bien preparados.

En Cuba existe una gran variedad de suelos para el cultivo de la caña de azúcar, que a diferencia de otros países son generalmente de difícil manejo. En la figura 7.c se puede observar el tipo de suelo para el cultivo de caña de azúcar en Irán y en la figura 7.d en Brasil. Igualmente sucede en otros países como China y Argentina que conocemos plantan también en surcos de base ancha. Un surcador para estas condiciones de suelo como en Brasil según lo reportado por Alencar, J. (2008) su principio de trabajo es fácil como se puede observar en la figura 7.d pero para nuestras condiciones hemos tenido que variarlo como ya se ha explicado para el caso de suelos pesados o de alto contenido de arcilla.

Figura7.a.Surcos con el nuevo prototipo.

Figura 7.b. Nuevo prototipo de surcador.

Figura 7c.Surcos de base ancha en Irán.

Figura 7d.Surcador de base ancha en Brasil.

Fig.7(a,b,c, y d). Surcos de base ancha en las condiciones de suelo de Cuba y otros países.

CONCLUSIONES

En las pruebas de campo realizadas se comprobó que este nuevo prototipo de surcador logra una correcta conformación de los surcos para plantar doble hileras debidamente separadas. Sus principales ventajas son que permite realizar dos surcos a la vez a diferencia del que normalmente se ha venido empleando hasta ahora y que no se atora o embaza con los terrones y residuos de cosecha presentes en el campo. Por otra parte en las evaluaciones que se realizaron se vio que su productividad en hectáreas por horas es superior que la de un surcador doble tradicional pues como ya es bien conocido por los productores una hectárea plantada de base ancha con hilerasdoble de propágulos tiene 55 surcos, mientras que de forma tradicional, es decir hileras sencillas separadas a 1.60 metros son 62 surcos. Se recomienda la construcción de un surcador similar en otras provincias, y su evaluación en Unidades Productoras de Caña en diferentes tipos de suelo.

REFERENCIAS

- Scandaliaris J. y L. Sotomayor. Plantación de caña de azúcar en surcos de base ancha.. Disponible en: http://www.sagpya.gov.ar/ . 2008
- Gomez, S., Platero, B., Rossi, I., Prieto, J. (2011). Plantacion de la caña de azucar en surco de base ancha. ATAC, (3), 33-38. ISSN: 0138-7553.
- Alencar, J. (2008). Procedimentos para evitar o pisoteio de máquinas e veículosnalinha de cana. XII Simpósio Agroindustrial Internacional da STABFenasucro/Agrocana. Brasil.

INFLUENCIA DE LA COSECHA EN EL USO DE LA BIOMASA CAÑERA COMO FUENTE DE ENERGIA EN LAS BIOELÉCTRICAS

INFLUENCE OF CROP IN THE USE OF SUGARCANE BIOMASS AS SOURCE OF ENERGY IN BIOELECTRIC STATION

Autor: Antonio Aguilar Pardo
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

RESUMEN
En la agroindustria azucarera la biomasa sólida compuesta por el bagazo y los residuos agrícolas de la cosecha (RAC) representa más del 50 % de la materia prima que entra a la industria. Actualmente se utiliza el 58 % de esta biomasa, pudiendo ser mayor de 90 %, con la aplicación de nuevos paradigmas en la cosecha de la caña. Se analizan tres sistemas de cosecha, considerando las etapas de limpieza y la tecnología empleada, su influencia en la recuperación de los RAC como fuente de energía, así como en el período de operación anual de una bioeléctrica de 20 Mw. En el mejor caso, la biomasa producida en una zafra de 150 días permite operar 90 días más después de zafra; para un período de operación anual de 240 días con biomasa cañera. Mientras en el sistema convencional la cantidad de biomasa producida alcanza para operar la bioeléctrica sólo 162 días/año.
Palabras claves: cosecha de caña, centro de limpieza, tecnología, biomasa, bioeléctrica.

ABSTRACT
In the sugar agroindustry the solid biomass composed by the trash and the agricultural residuals of the crop (RAC) it represents more than 50% of the matter it prevails that he/she enters to the industry. At the moment 58% of this biomass is used, being able to be bigger than 90%, with the application of new paradigms in the crop of the cane. Three crop systems and their influence are analyzed in the recovery of the RAC like energy source, as well as in the period of annual operation of a bioelectric station of 20 Mw. In the best case, the biomass taken place in a harvest of 150 days allows to operate more 90 days after harvest; for a period of annual operation of 240 days with biomass sugarcane. While in the conventional system the quantity of produced biomass reaches to only operate the bioelectric station 162 days/year.
Key words: cane crop, center of cleaning, technology, biomass, bioelectric station.

INTRODUCCIÓN

La fábrica de azúcar por sus características requiere de gran cantidad de energía (4000 Kcal/kg azúcar) debido al gran número de operaciones que involucra la obtención de un producto de elevada pureza (98-100 %) a partir de una materia prima vegetal. Sin embargo entre las grandes industrias, la del azúcar de caña tiene el privilegio de disponer de una materia prima que le proporciona en forma de biomasa el combustible suficiente para generar la energía que necesita y entregar excedentes importantes a la red Nacional, cuando se aprovecha; todo el potencial energético de esta gramínea en una bioeléctrica con generación distribuida y el transporte de los RAC junto con la caña Aguilar P. (2001, 2015)

Para los países productores de caña de azúcar y con pocos recursos energéticos, como Cuba, que actualmente produce su energía eléctrica con 96 % de combustibles fósiles; la producción de energía a partir de la biomasa cañera representa una buena oportunidad para el incremento de la eficiencia económica y la protección del medio ambiente, lo cual es considerado en el Plan Técnico Económico Nacional, con la instalación de 19 bioeléctricas en centrales azucareros. Lodos J. (2013); Hernández. B (2013), Aguilar P. (2014).

Se analizan tres sistema de cosecha en caña verde y su influencia en el aprovechamiento de los RAC como fuente de energía, así como en el período de operación anual de una bioeléctrica con capacidad de 20 Mw.

METODOLOGÍA DE TRABAJO Y MATERIALES

Balance de masa y energía en tres sistemas de cosecha con caña verde. Información de la literatura nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistemas de cosecha considerados.

I. En el primer sistema de cosecha (SC), la limpieza de la caña se realiza en dos etapas consecutivas, mediante el uso de máquinas combinadas con 50 % eficiencia, y el empleo de instalaciones estáticas de limpieza en seco de la caña, cerca de la industria, dotadas con equipos trituradores de RAC. Los RAC separados y triturados en las instalaciones de limpieza (I. L) se envían al silo de biomasa junto con el bagazo procedente del central. El sistema cumple con el flujo tecnológico, según la fig. 1.

Fig. 1. Flujo tecnológico con las operaciones requeridas para el aprovechamiento de los RAC en el SC I.

II. En el segundo sistema, la limpieza de la caña se realiza en una sola etapa mediante el uso de máquinas combinadas con 79 % eficiencia. El 50 % de los RAC en el campo, se empacan y se emplean como fuente de energía; con las operaciones que siguen como aparece en la fig. 2

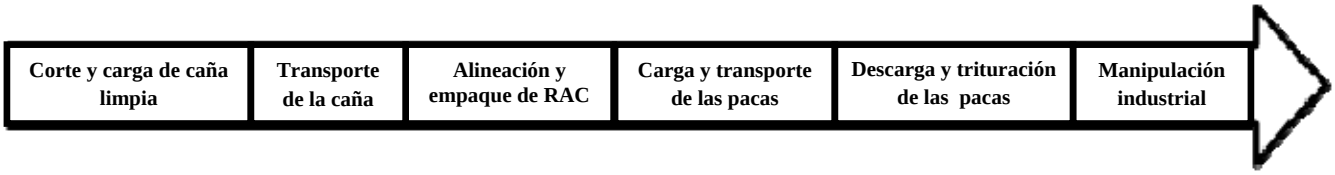


Fig. 2. Flujo tecnológico con las operaciones requeridas para el aprovechamiento de los RAC en el SC II.

III. Mientras en el tercer caso, la limpieza de la caña se realiza en dos etapas consecutivas; mediante el uso de máquinas combinadas con 15 % eficiencia y se continúa la limpieza de la caña en instalaciones estáticas de limpieza en seco de la caña, situadas en la industria y dotadas con equipos trituradores de RAC. Los RAC separados y triturados en las instalaciones de limpieza (I. L) se envían al silo de biomasa junto con el bagazo procedente del central; las operaciones se muestran en la Fig. 3.

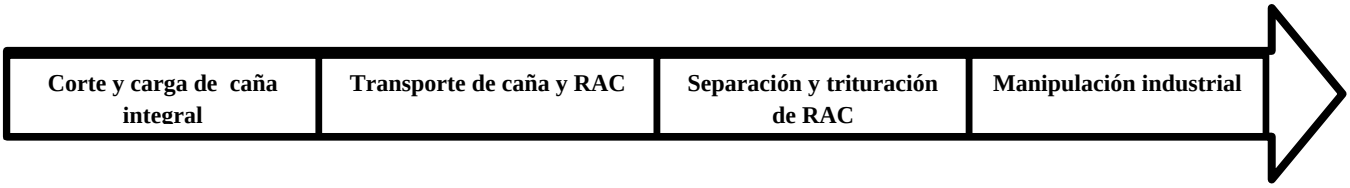


Fig. 3. Flujo tecnológico con las operaciones requeridas para el aprovechamiento de los RAC en el SC III.

Balance de RAC entre el campo y la Industria durante la cosecha de caña verde, en los sistemas seleccionados, según la información siguiente:

Rendimiento en caña, 60 t/ha; Caña molida, 4500 t/d Materia extraña, 5.0 %; Bagazo % caña, 28.

De la tabla de rendimiento en caña se obtiene que para 60 t/ha se producen 21 % de materia extraña o residuos agrícolas de la caña (RAC), equivalente a 16 t/ha, de donde se obtiene la tabla I.

Tabla I. balance de RAC. Base de cálculo una hectárea.										
Cañaveral		Tecnologías	Distribución de los RAC						Total	
t/ha		Sistemas de	Campo		Recuperado		Industria		uso energético	
Caña	RAC	Cosecha	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
60	16	I	8	50	4,8	30	3,2	20	8	50
60	16	II	6,4	40	6,4	40	3,2	20	9,6	60
60	16	III	2,4	15	10,4	65	3,2	20	13,6	85

En los sistemas de cosecha analizados; quedan en el campo el 50, 40 y 15 % de los RAC, cuando se aplican los sistemas de cosecha I, II ó III respectivamente; mientras se recuperan 30, 40 y 65 % respectivamente y entra a la industria junto con la caña el 20 %, igual para todos los casos, en aras de mantener la calidad de la materia prima.

Como resultado el total de RAC destinado para el uso energético en la bioeléctrica es equivalente al 50, 60 y 85 % en peso del total de RAC producido en el campo, para las tecnologías I, II Y III respectivamente, lo cual es significativo para los efectos esperados. Entonces la selección del sistema de cosecha de la caña tiene gran importancia en la recuperación de los RAC.

En la tabla II se relacionan estos parámetros con el combustible tradicional de la industria azucarera (bagazo), como se puede ver se obtiene por recuperación de RAC el 27, 36 ó 59 % más de combustible, según la tecnología aplicada; también es importante observar que el total de RAC empleado en la producción de energía representa el 45, 54 ó 77 % bagazo.

Tabla II. Distribución de los RAC y su relación con el bagazo										
CAÑAVERAL		TECNOLOGIAS	DISTRIBUCION						Total	
t/ha		Sistemas de	Campo		Recuperado		Industria		Uso Energético	
Bzo.	RAC	Cosecha	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
18	16	I	8	45	4,8	27	3,2	17,7	8	45
18	16	II	6,4	36	6,4	36	3,2	17,7	9,6	54
18	16	III	2,4	14	10,4	59	3,2	17,7	13,6	77

Una vez realizadas estas observaciones se analiza lo que representan estos parámetros en un central con capacidad de 4500 t/d caña molible (Central Boris Luis). Ver Tabla III.

Tabla III. Distribución de la biomasa cañera residual. Capacidad; 4500 t/d							
TECNOLOGIA	Cañaveral	Distribución			Uso Energético	% Caña Molida	Total % Biomasa
		Campo	Recuperado	Industria			
I	2166	568	341	1257	1597	35	74
II	2165	454	454	1257	1711	38	79
III	2166	170	738	1257	1995	44	92
Sistema tradicional, sin recuperación de RAC				1257	1257	28	58

En la tabla III se aprecia la cantidad de biomasa sólida residual que se produce entre la cosecha y la industria (t/d) y su distribución durante la zafra con la aplicación de diferentes tecnologías en la cosecha; quedan en el campo el 568, 454 y 170 t/d, cuando se aplican los sistemas de cosecha I, II y III respectivamente.

Mientras se recuperan 341, 454 ó 738 t/d respectivamente. Lógicamente, se produce en la industria la misma cantidad de biomasa (bagazo), para un total de biomasa disponible para el uso energético equivalente a 1597,

1711 ó 1995 t/d contra 1257 t/d en el sistema tradicional, sin recuperación de RAC. Esto representa disponer de 35, 38 ó 44 de biomasa % caña para uso energético, en lugar de 28 como en el caso tradicional.
Como resultado el total de biomasa destinada para el uso energético en la bioeléctrica con relación a la biomasa residual total producida, es equivalente al 74, 79 y 92 % para las tecnologías I, II y III respectivamente; mientras en el sistema tradicional es 58 %, lo cual es significativo para los efectos esperados. Esto ratifica la importancia que tiene la selección del sistema de cosecha de la caña en el aprovechamiento de la biomasa cañera.

Periodo de operación de la bioeléctrica.

En una **bioeléctrica de 20 Mw**, con un esquema energético según las características siguientes: **Generador de vapor:** Capacidad, 110 t/d, eficiencia, 85.0 %. **Características del vapor:** temperatura 485 °C, presión 6.4 Mp y entalpía 825.9 Kcal/kg. **Combustible:** Bagazo, humedad 50.0 %, VCI 1825 Kcal/kg y RAC; humedad 35.0 %, VCI 2465 Kcal/kg.

Con la aplicación de los resultados obtenidos en los sistemas de cosecha estudiados, y considerando las características del sistema energético, se obtiene la tabla IV, donde se han considerado dos períodos de zafra (150 y 180 días).

Tabla IV. Periodo de operación de la bioeléctrica,(d/año)

PARAMETROS	Tecnología I		Tecnología II		Tecnología III		Tecnología Tradic.	
Valor calórico; Kcal/kg	1962		1995		2062		1825	
Relac. Biomasa: prod./ consumido	1,2		1,3		1,6		0,9	
Período de zafra; días	150	180	150	180	150	180	150	180
Período fuera de zafra; días	30	36	45	54	90	108	-15	-18
Período de operación, Total	180	216	195	234	240	288	135	162

Como se puede observar para zafras de 150 días es posible la operación de la bioeléctrica fuera de zafra 30, 45 y 90 días con el uso de las Tecnologías I, II y III en la cosecha de la caña, respectivamente. Mientras el período anual de operación es de 180, 195 y 240 días, sin el uso de otro combustible.

CONCLUSIONES

1. La selección de la tecnología para la cosecha de la caña es de gran importancia en el aprovechamiento de la biomasa cañera.
2. La tecnología III ofrece mejores resultados en la recuperación de los RAC para el uso energético en las bioeléctricas. Recupera el 92 % del total de biomasa en las plantaciones, lo que permite generar electricidad durante 288 días /año (6912 horas), incluyendo 108 días después de zafra.
3. Evaluar la capacidad máxima permisible de manipulación de biomasa en las máquinas cosechadoras de caña, disponibles que permitan la mayor cantidad de biomasa sobre los medios de transporte.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar P. (2001). Potencialidad energética de los residuos agrícolas de caña. Parte I Disponibilidad durante la cosecha. Revista Cuba – Azúcar N^{o} 1. Vol. XXX.
2. Aguilar P. (2015). Nuevos paradigmas en la cosecha de la caña para el uso de toda la biomasa en las bioelectricas. Parte I. Rev. ICIDCA. (En vías de publicación).
3. Lodos J. (2013). Cuál es la bioeléctrica que la industria azucarera y cuba necesitan? Memorias Diversificación; Sección Energía renovable, pág. 465.
4. Hernández M. B. (2013). Situación y perspectiva energética de la industria de la caña de azúcar en Cuba. Encuentro Cuba –Alemania. Diciembre. 2013.
5. Aguilar P. A. (2014). Apuntes sobre la revalorización de los residuos agrícolas de la caña. Tecnologías de preparación. Rev. ICIDCA., vol. 48, no. 2 (mayo-agosto), pp. 50 – 55.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON AZUFRE ELEMENTAL SOBRE EL SISTEMA RADICAL Y SU RELACIÓN CON LOS INDICADORES DEL RENDIMIENTO EN CAÑA DE AZÚCAR

EFFECT OF THE FERTILIZATION WITH ELEMENTARY SULFUR ON THE RADICAL SYSTEM AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE INDICATORS OF THE YIELD IN SUGARCANE

Ledisliana Vázquez López, Reynaldo Rodríguez Gross, Pablo D. Pablos Reyes, Alegna Rodríguez Fajardo, Carlos O´Reilly Racilla, Alberto de La Fe Días.

Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar "Oriente Sur" (ETICA "Oriente-Sur"), Cuba.
ledisliana.vazquez@inicasc.azcuba.cu.

RESUMEN: El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización con azufre elemental sobre el sistema radical en caña de azúcar y su relación con los indicadores del rendimiento agroindustrial. La investigación se desarrolló en el bloque experimental La Mantonia, perteneciente al municipio Contramaestre, provincia Santiago de Cuba. Se utilizó un diseño de bloque al azar con cinco tratamientos (0, 15, 45, 60 y 90 kg ha^{-1} de azufre elemental) y tres réplicas. No se encontró efecto de la fertilización de azufre elemental sobre la densidad del sistema radical en caña de azúcar. La mayor densidad de raíces se situó lateralmente a partir del centro de la cepa a los 25 cm y en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Se encontraron correlaciones de moderadas a fuertes entre el número de raíces finas y totales, con los indicadores del rendimiento agroindustrial.
Palabras clave: raíces, caña de azúcar, fertilización, azufre

ABSTRACT: The present work was carried out with the objective of determining the effect of the fertilization with elementary sulfur on the radical system in sugarcane and its relationship with the indicators of the agroindustrial yield. The investigation was developed in the experimental block la Mantonia, belonging to the municipality Contramaestre, county Santiago de Cuba. A block design was used at random with five treatments (0, 15, 45, 60 and 90 kg ha^{-1} of elementary sulfur) and three replicas. It's was not effect of the fertilization of elementary sulfur on the density of the radical system in sugarcane. The biggest density of roots was located laterally starting from the center from the stump to the 25 cm and in the first 20 cm of depth of the floor. They met correlations of moderate to strong among the number of fine and total roots, with the indicators of the agroindustrial yield.
Key Words: roots, sugarcane, fertilization, sulfur

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar, es posiblemente el cultivo más productivo desarrollado por el hombre, debido a su eficiencia fotosintética en el mecanismo de producción de biomasa. Dentro de la estructura externa de una planta se van a encontrar las raíces, las cuales han sido consideradas por muchos años "la mitad oculta" de las plantas, con una escasez significante de resultados en la investigación a lo largo del mundo. Su estudio en varios cultivos, es limitado debido a múltiples causas (1). Sin embargo, las raíces de la caña de azúcar han sido estudiadas con distintos propósitos a nivel mundial, no obstante, los trabajos de investigación en Cuba orientados hacia el estudio del número y distribución de las raíces en caña de azúcar son limitados. Por lo que existe la necesidad de evaluar otras prácticas agrícolas hasta ahora no consideradas en los experimentos con combinaciones de fertilizantes. En razón de estos argumentos, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la fertilización con azufre elemental sobre la densidad del sistema radical en caña de azúcar y su relación con los indicadores del rendimiento agroindustrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el bloque experimental La Mantonia, municipio Contramaestre, provincia Santiago de Cuba. Se estudió el sistema radical en caña de azúcar en el período comprendido entre marzo y abril del 2014. Se utilizó un diseño de bloque al azar con cinco tratamientos (0, 15, 45, 60 y 90 kg ha^{-1} de azufre elemental) y tres réplicas. Se utilizó la variedad C86-12, cepa primer retoño, corte manual, en un suelo Pardo Sialítico (2). El método de muestreo utilizado para estimar la cantidad de raíces fue el monolito (3). Para ello se excavó una calicata de 80 cm de ancho por 45 cm de profundidad. A partir del centro de la cepa, se procedió a tomar tres puntos laterales (25, 50 y 75 cm), tomando la muestra a dos profundidades (0-20, 20-40 cm). Se cuantificó el número de raíces, clasificándolas en finas (RF), gruesas (RG) y totales (RT). Con los datos del peso seco de las raíces y el volumen del monolito, se obtuvo la densidad de raíces (g dm^{-3} de suelo). Se realizaron análisis de varianza de clasificación simple, doble y triple. También se evaluó el rendimiento agrícola (t ha^{-1}) por pesaje directo en campo, % de pol en caña y t pol ha^{-1} (4). Con las variables del rendimiento agroindustrial y del sistema radical se realizó un análisis de correlación. Para esto se utilizó el programa estadístico STATISTIC v.8 (5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró efecto de las diferentes dosis de azufre elemental sobre la densidad de raíces en ninguna de las profundidades estudiadas (0-20; 20-40 cm). Las diferencias se observaron entre profundidades y entre dosis a diferentes profundidades (figura 1). De forma general la mayor concentración de raíces estuvo localizada en los primeros 20 cm de profundidad del suelo.

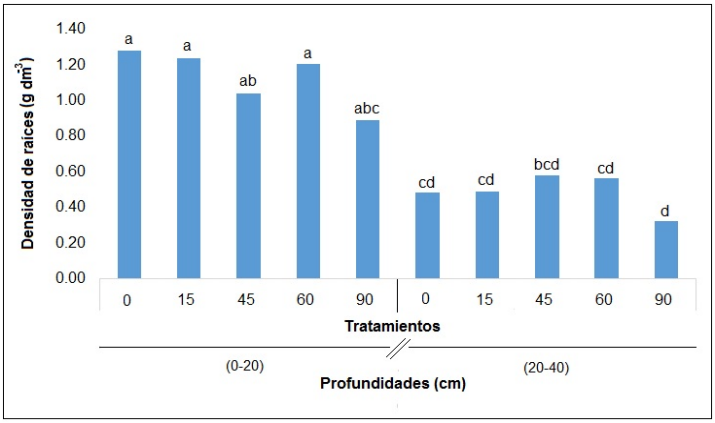


Figura 1. Densidad de raíces en las dos profundidades de suelo (cm)

Resultados que corresponden con lo planteado por (6) que señala que el crecimiento radical generalmente se ve favorecido en la zona cercana a la superficie donde la disponibilidad de nutrientes, aireación y temperatura son más favorables que en profundidad. Todo parece indicar que el azufre se localizó marcadamente en la superficie, lo que propicio el desarrollo de las raíces alrededor de este nutriente.

Al analizar el efecto del azufre sobre la densidad de raíces en las diferentes distancias del centro de la cepa, en el análisis de varianza (figura 2), se encontró que solo existió diferencia significativa en el tratamiento 0 a la distancia de 25 cm, respecto a la dosis de 90 kg ha^{-1} de S a los 50 y 75 cm del centro de la cepa. Se puede inferir que la mayor cantidad de raíces en valor, se concentró en los 25 cm laterales del centro de la cepa.
Estos resultados coinciden con quienes informan que a los 25 cm vertical y horizontal del perfil de suelo en el cultivo de la caña de azúcar se encuentra la mayor cantidad de raíces (7).

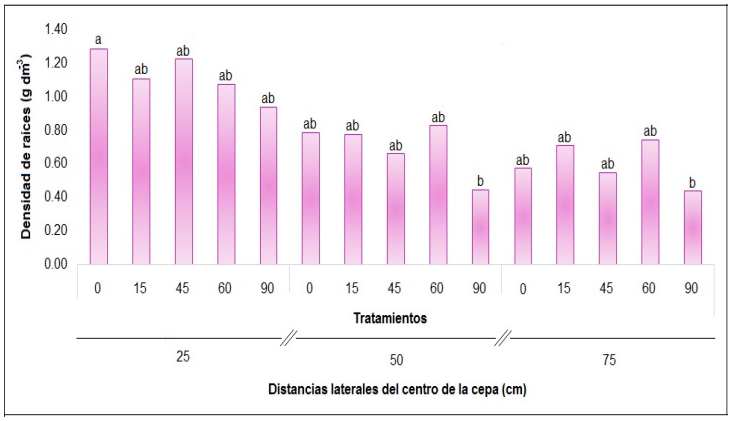


Figura 2. Densidad de raíces a tres distancias laterales (cm) del centro de la cepa de caña de azúcar

En la tabla I, se observa el análisis de correlación que se estableció entre la densidad de raíces, el número de raíces finas, gruesas, total y los indicadores rendimiento agroindustrial: t ha^{-1} (caña), pol (%), t pol ha^{-1}. Se encontró correlación positiva y significativa entre la densidad total de raíces y el % pol en la profundidad de 20 cm distancia 25 cm, de igual manera ocurrió con la variable t pol ha^{-1}, a 40 cm de profundidad y 50 cm de distancia lateral. Por otra parte, al relacionar el número de raíces finas también presentaron una correlación fuerte y significativa con la variable % pol en la profundidad 0-20 cm y distancia 25 cm. Estas raíces también mostraron correspondencia respecto a los tres indicadores del rendimiento agroindustrial en la profundidad 20-40, distancia lateral de 75 cm. En cuanto al número de las raíces gruesas no existió correlación importante con ninguno de los indicadores evaluados. Respecto al número de raíces totales, mostraron correlación fuerte y significativa con el % de pol, en la profundidad de 0-20 cm, distancia de 25 cm. También se obtuvo correlación positiva entre estas raíces y la t ha^{-1}, % pol, t pol ha^{-1} en la profundidad (20- 40 cm) y distancia (75 cm). De forma general el número de raíces finas y las totales son las de mayor valor.

Tabla I. Correlación entre la densidad total de raíces, conteo (raíces finas, gruesas, total) y los indicadores del rendimiento agroindustrial

	Profundidad (cm)	Distancia (cm)	Coeficiente de correlación (r)		
			Indicadores del Rendimiento Agroindustrial		
			t ha^{-1}	%pol	t pol ha^{-1}
Densidad Total de raíces	0-20	25	-0.23	**0.63**	-0.05
		50	-0.40	0.32	-0.31
		75	-0.33	0.48	-0.18
	20-40	25	-0.01	0.34	0.09
		50	0.47	0.45	**0.60**
		75	0.39	-0.43	0.27
Número de Raíces Finas	0-20	25	-0.19	**0.78**	0.03
		50	-0.08	-0.04	-0.08
		75	0.21	-0.03	0.21
	20-40	25	0.48	-0.06	0.47
		50	0.39	0.13	0.43
		75	**0.70**	**-0.53**	**0.55**
Número de Raíces Gruesas	0-20	25	0.01	0	0.01
		50	-0.09	-0.23	-0.15
		75	0.15	0.39	0.27

	Profundidad (cm)	Distancia (cm)	Coeficiente de correlación (r)		
			Indicadores del Rendimiento Agroindustrial		
			t ha^{-1}	%pol	t pol ha^{-1}
	20-40	25	0.05	0.41	0.18
		50	0.25	0.10	0.27
		75	-0.33	0.35	-0.23
Número de Raíces Totales	0-20	25	-0.16	**0.70**	0.04
		50	-0.11	-0.14	-0.15
		75	0.25	0.08	0.29
	20-40	25	0.43	0.13	0.48
		50	0.45	0.16	0.49
		75	**0.67**	**-0.50**	**0.54**

Resultados similares han sido informados por otros autores (8), mediante un análisis de correlación, obtuvieron en cuanto al rendimiento en caña (TCH), que el mismo se favoreció por el mayor número de raíces medianas y totales. Para los rendimientos en azúcar y panela (TPH y TPAH), después de dos cortes 16 meses las correlaciones fueron significativas únicamente para las raíces finas en cuanto al rendimiento en caña.

CONCLUSIONES

1. No se encontró efecto de la fertilización de azufre elemental sobre la densidad del sistema radical en caña de azúcar.
2. La mayor densidad de raíces se situó lateralmente a partir del centro de la cepa a los 25 cm y en los primeros 20 cm de profundidad del suelo.
3. Se encontraron correlaciones de moderadas a fuertes entre el número de raíces finas y totales con los indicadores del rendimiento agroindustrial.

REFERENCIAS

1. Carvalho, B de A. M.; CHopart, J. L. y Medina, de Conti C. Sugarcane root lengh density and distribution from root intersection counting on a trench-profile. *Scientia Agricola*., 2011, vol. 68, no. 1, pp. 94-101.
2. Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Rivero, L. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR. 1999. 64 pp.
3. Böhm, W. Methods of studying root systems. New York: Springer-Verlag Verlag Berlin Heidelberg. 1979. 188 pp.
4. Pérez, S. F. H. y Fernández, A. F. Métodos analíticos para azúcar crudo del Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras. 2006. pp. 72-79. ISBN 959-7140-18-7.
5. StatSoft, Inc. [CD-Rom]. Ver. 8.0. [EE.UU]. STATISTICA (Data Analysis Software System), 2007.
6. Rossetto, R.; Vitti, A. C.; Dias, F. L. F.; Piemonte, M.; Silva, A. y Chopart, J. L. Vinasse Enhances Sugarcane Roots In a Sandy Brazilian Soil. Proccedings International Society of Sugar Cane Technololgist, 2013, vol. 28, p.1-15.
7. Chopart J. L.; Azevedo M. C. B.; Le Mézo; Marion D. Functional Relationship Between Sugarcane Root Biomass and Length for Cropping System Applications. Sugar Tech., 2010, vol. 12, no. 3-4, pp. 317-321. DOI 10.1007/s12355-010-0044-2.
8. Bastidas, L.; Ramón, R.; Rodríguez, N. y Ventura, Jesús. Influencia del sistema radical sobre los indicadores de rendimiento en la caña de azúcar. [en línea]. Multiciencias, pp. 15-25, vol. 11, no. 1. Mes. , 2011. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90418851003>.

EVOLUCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE PH, FÓSFORO Y POTASIO ASIMILABLES EN LAS ÁREAS CAÑERAS BAJO EN CONTROL DEL SERVICIO DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZANTES Y ENMIENDAS

ADVANCEMENT OF pH, AVAILABLE PHOSPHORUS AND POTASSIUM ON SUGARCANE COMERCIAL AREAS WITH FERTILIZERS AND AMEND RECOMMENDATIONS SERVICE

Pablo Pablos Reyes, Francisco Orozco Gámez, Alegna Rodríguez, Ledisliana Vazquez
ETICA Oriente Sur. e-mail: pablo.pablos@inicasc.azcuba.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de la evolución de las categorías de pH, P_2O_5 y K_2O en los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Chile, perteneciente a la Empresa Azucarera Santiago de Cuba durante el periodo 2005 al 2014. Se utilizaron dos bases de datos (2005 y 2014) usadas para el cálculos de las recomendaciones de fertilizantes minerales. Los resultaron pusieron de manifiesto cambios en las categorías, que deben ser valorados con mayor profundidad. Se encontró una reducción del porcentaje del área en la categoría "Muy Alto" y "Bajo" de fósforo, con una disminución de su contenido como promedio de 0.91 mg de P_2O_5/100 gramos de suelo, siendo esta afectación más acentuada en el agrupamiento agroproductivo Vertisuelos. Por su parte, la categoría de potasio, "Muy Alto" mostró una disminución de 5.83 % en los nueve años evaluados. En el agrupamiento agroproductivo Vertisuelos, la reducción fue más marcada, y ocurre en dos categorías "Muy Alto" y "Alto", con valores de 13.96 y 6.3 %, respectivamente.
Palabras claves: evolución de categorías de fosforo y potasio, caña de azúcar, suelo

ABSTRACT

Progression of pH, available P_2O_5 and K_2O in soil dedicated to sugarcane at Chile, Santiago de Cuba in 2005- to 2014 period are showed. Data base for mineral fertilizers recommendations calculus are used. Results showed a change in the nutrient levels that must be assessed in further works. Depletion in areas with categories "Very Hight" and "Low" for phosphorus was found. This nutrient recorded a reduction of 0.91 mg P_2O_5/100 g soil as average. Vertisols were the most affected soil. On the other hand, areas in "Very Hight" category for potassium decreased in 5.83 %in the nine years evaluated. In Vertisols the reduction es highlighted and it occurs in the categories "Very Hight" and "Hight" with values of 13.96 and 6.3 % respectively.
Key words: Available categories phosphorus and potassium, sugar cane, soil

INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en diferentes partes del mundo reportan que por lo menos 30 a 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados por medio de los fertilizantes minerales comerciales (Stewart *et al.,* 2005; Fixen y García, 2007).

En 1997 se generalizó en Cuba, como rector de la fertilización de la caña de azúcar, el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE), resultado de las investigaciones conducidas por más de cuatro décadas por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) (Pineda *et al.,* 2000), que permite recomendar al productor, al nivel de unidad mínima de manejo (campo de caña) el fertilizante a aplicar de forma racional, donde obtenga mayores beneficios económicos y productivos.

En la agroindustria azucarera cubana, al no poder disponer de todo el fertilizante recomendado y necesario, decisiones tomadas permitieron establecer prioridades de aplicación, con preferencia de aquellas áreas con

menores contenidos de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo. Han transcurrido varios años y se desconocen los cambios que pueden haber ocurrido en los suelos motivados por la no aplicación de fertilizantes fosfórico y potásico en las áreas cañeras.
Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar la evolución de las categorías de acidez, P y K asimilables en los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en el periodo 2005 -2010, en la UEB Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Chile, perteneciente a la Empresa Azucarera Santiago de Cuba, la cual cuenta con un área agrícola dedicada al cultivo de la caña de azúcar de 5147.56 ha.

Para analizar la evolución de las categorías de pH, P_2O_5 y K_2O, se utilizaron dos bases de datos del SERFE, donde en cada año a los campos que se renuevan, se le realiza un muestreo de suelo y con los resultados analíticos del laboratorio, se actualiza los contenidos de P_2O_5, K_2O y pH en la base de datos, lo que se utiliza para el cálculo de las recomendaciones de fertilizantes minerales cada año.
Se utilizaron las bases de datos correspondientes a los años 2005 con 747 campos y 2014 con 636 campos, estas fueron pasadas al Mapinfo, vinculándose ambas bases de datos a partir del identificador que corresponde a cada campo, con el cual se garantiza que no se repita a nivel de UEB ningún campo cañero en la bases de datos. Cómo resultado se obtuvo una base de datos con 458 campos coincidente en ambas bases iniciales. Con esta base resultante se analizaron los cambios en las categorías de fósforo, potasio y acidez en el tiempo (nueve años) utilizando la Tabla I.
Los métodos de análisis utilizados para la determinación de pH fue por potenciometría en solución de acuosa con relación suelo: agua 1:2,5, el fósforo y potasio asimilables se determinaron por el método de Oniani, utilizando como solución extractora H_2SO_4 0,1 N.

Tabla I. Definición de las categorías utilizadas en el análisis de las variables agroquímicas del suelo

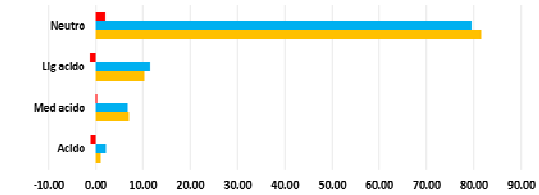
Categoría	P asimilable	K asimilable		Categoría de pH	Valores de pH
		Suelo1*	Suelo 2*		
	mg P_2O_5/100 g	mg K_2O/100 g			
Muy Alto	>=13	>=25.7	>=32	Neutro o alcalino	>=6.0
Alto	<13 y >=3.6	<25.7 y >=15.5	<32.0 y >=13.8	Ligeramente Acido	<6.0 y >=5.5
Medio	<3.6 y >=1.2	<15.5 y >=10.9	<13.8 y >=8.8	Med. Acido	<5.5 y >=5.0
Bajo	<1.2	<10.9 y >=7.9	<8.8 y >=6.2	Acido	<5.0 y >=4.5
Muy Bajo		<7.9	<6.2	Muy acido	<4.5

*Suelos 1: Ferralitizados cálcicos, Ferralitizados cuárciticos, Gleyzados Ferralitizados. Suelos 2: resto de los suelos del agrupamiento agroproductivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La base resultante de la unión de las dos bases del SERFE arrojó un área de 3723.87 ha, un 73 % del área total de la UEB que no han tenido cambió en su identificación (numeración) en el periodo analizado (Figura 1), de las cuales un 79.57 % y 81.54 % se encontraban categorizadas como Neutro en el año 2005 y 2014 respectivamente. Transcurridos nueve años de explotación de estos suelos con el cultivo de la caña de azúcar, se observa una ligera disminución de las áreas ocupada en la categoría Ácido en 1.05 % (39,28 ha) y ligeramente ácido en un 1,17 % (43,42 ha) y se aprecia un ligero aumento en las dos restantes categorías, en

la misma proporción; lo que pudiera estar relacionado con buenas prácticas de manejo que reducen el lavado de las bases.



	Acido	Med acido	Lig acido	Neutro
Difer.	-1.05	0.25	-1.17	1.97
2005	2.16	6.83	11.44	79.57
2014	1.11	7.08	10.28	81.54

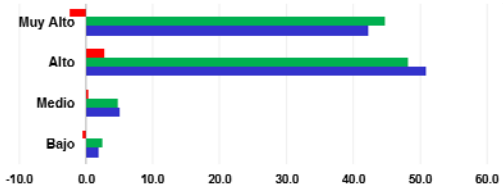
Figura 1. Comportamiento de las categorías de acidez (pH) en el área de abastecimiento cañero de la UEB Chile durante el periodo 2005 al 2014 (%).

Resultados similares fueron obtenidos por Villegas *et al*., (2015) cuando observaron que más del 65 % de las muestras categorizan como neutras o alcalinas en un análisis realizado a la base de datos nacional proveniente del SERFE durante el período 2004-2014, lo que ratifica que la acidez predominante en los suelos cañeros se encuentran en el rango óptimo para el desarrollo de este cultivo.

Los valores medios de fósforo asimilable en la capa arable se localizan en las categorías de "Alto" y "Muy Alto" abarcando en su conjunto 92.9 % y 93.1 % para los años 2005 y 2014 respectivamente, lo que pone de manifiesto la buena fertilidad fosfórica de los suelos, que permite la no aplicación de P con los fertilizantes, ya que la reserva del nutriente en el suelo satisface las extracciones del cultivo para los rendimientos actuales durante varios años. Las categorías "Medio" y "Bajo" sólo abarcan 7,1 % y 6,9 % para los años 2005 y 2014 respectivamente. (Figura 2). Se corrobora con reportes en la zona de abastecimiento cañero de la UEB por Pablos *et al*., (1995).

Se aprecia una disminución de la categoría "Muy Alto", en el período, atribuible a que los campos con esta categoría no se le recomienda fertilizante fosfórico, y las extracciones anuales realizadas por el cultivo continuado de la caña de azúcar en los nueve años de monitoreo ha provocado una reducción de 2.5 % del área (92.7 ha), resultados que coinciden con los reportados por Villegas *et al*., (2015); que han encontrado una reducción en la categoría de Muy Alto en un período de 10 años. Aspecto que se le debe prestar atención en el tiempo para evitar la disminución de los tenores en el suelo y la necesidad de aplicación de dosis mayores. La disminución de esta categoría ha traído consigo en toda la zona que como promedio el valor ha decrecido en 0.91 mg de P_2O_5/100 gramos de suelo, valor menor que los 4 mg de P_2O_5/100 g de suelo reportado por Cortegaza, (2009).

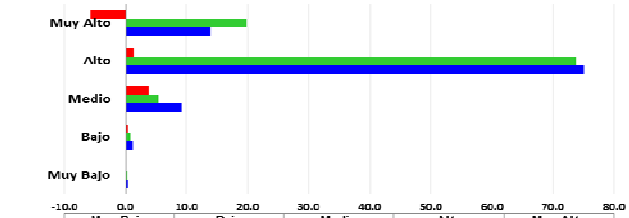
Las mayores variaciones en las categorías de fósforo por agrupamiento agroproductivo de suelos se encontraron en los Vertisuelos en comparación con los Sialitizados Cálcicos, los cuales reducen en un 30.7 % la superficie en la categoría "Muy Alto" equivalente a 106.9 ha, mientras que se incrementa el área ocupada por la categoría "Alta" en un 27.5 % (95.66 ha)



	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Dif	-0.5	0.3	2.7	-2.5
2005	2.4	4.7	48.2	44.7
2014	1.9	5.0	50.9	42.2

Figura 2. Comportamiento de las categorías de fósforo en el área de Abastecimiento cañero de la UEB Chile en el periodo 2005 – 2014 (%).

El área ocupada por la categoría “Muy Alto” de potasio asimilable ha disminuido en 217,22 ha (5.83 %) en el periodo evaluado, por la no aplicación de fertilizantes en estas áreas aprovechando las reservas del suelo para la nutrición del cultivo (Figura 4), aspectos que se debe continuar monitoreando. Las restantes categorías han mostrado un aumento en áreas. El ligero incremento que ha tenido la categoría “Muy Bajo” en 0,14 % (5,17 ha) lo cual conlleva al empobrecimiento del suelo por disminución del contenido en el mismo, requiriendo dosis más elevadas de fertilizante potásico.



	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
% dif	0.14	0.45	3.83	1.41	-5.83
% 2005	0.3	0.8	5.4	73.7	19.7
% 2014	0.4	1.3	9.3	75.1	13.9

Figura 4. Comportamiento de las categorías de potasio en el área de abastecimiento cañero de la UEB Chile (%).

El agrupamiento Vertisuelos en comparación con los Sialitizados Cálcicos, reducen en dos de las categorías el área existente en el año 2015, un 13.96 % en la categoría “Muy Alto” equivalente a 48.52 ha, con un decrecimiento medio anual de 1.55 % de área en el periodo evaluado, y un 6.35 % en la categoría “Alta” en un área de 22.06 ha, con un descenso anual de 0.7 %.

CONCLUSIONES

1. La evolución de las categorías de disponibilidad de fósforo, potasio y la acidez de los suelos en el período evaluado, indican cambios, que deben ser valorados con mayor profundidad.
2. Se encontró una reducción del porcentaje del área en la categoría “Muy Alto” y “Bajo” de fósforo, con una disminución de su contenido como promedio de 0.91 mg de P_2O_5/100 gramos de suelo. Esta afectación es más acentuada en el agrupamiento agroproductivo Vertisuelos.
3. La categoría de potasio, “Muy Alto” mostró de forma general una disminución de 5.83 % en los nueve años evaluados. En el agrupamiento agroproductivo Vertisuelos, la reducción fue más marcada, y ocurre en dos categorías “Muy Alto” y “Alto”, con valores de 13.96 y 6.3 %, respectivamente.

REFERENCIAS

Cortegaza A., P.L. 2009. Perfeccionamiento de los criterios para la fertilización fosfórica de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. 145 p. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). INICA-UNAH.

Fixen, P.E., J. Jin, K.N. Tiwari, y M.D. Stauffer. 2005. Capitalizing om multi-element interactions through balanced nutrition a pathway to improve nitrogen use efficiency in China, India, and North America. Science of China: 48 (Supp.): 780-790.

Stewart, W. M. 2007. Consideraciones del uso eficiente de nutrientes. Informaciones Agronómicas. International Plant Nutrition Institute. No. 67:1-6

Pablos, P., R. Rodríguez, I. Creach, G. Reynosa. 1995. Estudio de suelos para el manejo integral en el CAI Chile. Informe Técnico.

Pineda, E. 2000. Los factores edáficos y la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes. La Habana. 120 p. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). INICA-MINAZ, ETICA Villa Clara.

Villegas, R., I. Machado, Yudith Viñas y J. Campos. 2015. Análisis del comportamiento de pH, Fósforo, y Potasio en las áreas bajo el control del Servicio de Fertilizantes y Enmiendas en Caña de Azúcar en Cuba. Libro resumen Congreso Internacional de Suelos, La Habana.

DIAGNÓSTICO DE LA NUTRICIÓN NITROGENADA EN CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE EL USO DEL CLOROFILÓMETRO

DIAGNOSIS OF NITROGEN NUTRITION IN SUGAR USING THE CLOROFILÓMETRO

Everaldo Becerra de Armas[1], Pedro Luis Cortegasa[2], Rafael Más Martínez[1], Emma B. Pineda[1], Rafael Villegas Delgado[3], Manuel L. Vidal Díaz[1], Duvier Gil González[1], Ilia Lugo Ruiz[1], Fidel Acosta Hernández[1] y Mayra Ferrer Reyes[3].

1. Estación territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara.
2. Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Matanzas.
3. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la eficiencia de la determinación del índice de verdor mediante el uso del clorofilómetro en el diagnóstico del estado nutricional nitrogenado del cultivo de la caña de azúcar. Este estudio se desarrolló en el experimento de niveles de nitrógeno, variedad C86-12, tercer retoño, suelo Pardo Vértico, ubicado en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara. Se encontraron diferencias significativas en lo relativo al índice de verdor entre los tratamientos donde no se aplicó nitrógeno (0 kg de $N.ha^{-1}$) y aquellos donde las dosis de nitrógeno fueron iguales o superiores a los 50 kg de $N.ha^{-1}$. En cuanto al contenido de nitrógeno foliar se encontró diferencia significativa entre los tratamientos donde no se aplicó nitrógeno y aquellos donde se aplicó fertilizante nitrogenado. Por otra parte se encontró una fuerte relación entre el contenido de nitrógeno foliar y el índice de verdor. El contenido de nitrógeno foliar (%N)= 0.029 SPAD + 0.577con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.891.
Palabras Claves: Índice de verdor, SPAD y nitrógeno foliar.

ABSTRACT

The objective of the present work consists to evaluate the efficiency of the determination of the greenery index by means of the use of the clorofilometer in the diagnosis of the nutritional nitrogenous state of the sugarcane plant. This study was carried out in the long-life experiment of levels of nitrogen, variety C86-12, thirdratoon, vertic brown soil, located of the Sugar Cane Research Station Villa Clara. There were significant differences regarding the greenery index among the treatments where nitrogen was not applied (0 kg of N.ha-1) and those where the nitrogen doses were equal or superiors to the 50 kg of N.ha-1. As for the foliar nitrogen content significant difference among the treatments were found where nitrogen was not applied and in those where nitrogenous fertilizer was applied. On the other hand there was a strong relationship among the foliar nitrogen content and the greenery index. The foliar nitrogen content (%N) = 0.029 SPAD + 0.577 with a coefficient of determination (R2) of 0.891.
Key words: Greenery index, SPAD and foliar nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Resultados de estudios conducidos en diversas regiones del mundo reportan que al menos entre el 20 - 40% del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados por medio de los fertilizantes comerciales (Stewart *et al*., 2005; Fixen y García, 2007). Entre los nutrientes esenciales, el nitrógeno es el que con más frecuencia limita el crecimiento y el rendimiento de los mismos (Havlin et al., 1999).

Existen diversos métodos para determinar requerimientos de nitrógeno; los que emplean un balance entre demanda y suministro de nitrógeno (Palma et al., 2002), los cuales requieren de análisis de laboratorio (Guerrero, 2012); otros que utilizan equipos portátiles, como el medidor de nitratos en savia (Rangel et al., 2002), el estimador de clorofila, hasta sensores remotos, citado por Gonzales et al., 2009.
El SPAD-502 es un equipo portátil, no destructivo, que determina el verdor de las hojas y cuyas lecturas tienen una alta correlación con el contenido de este elemento en la planta (Sainz-Rozas y Echeverría, 1998; Zebarth et al., 2002), lo que permite su utilización para diagnosticar requerimientos de este nutrimento en los cultivos (Varvel *et al*., 2007).
Carmelino *et al*., (2010), demostró la sensibilidad del clorofilómetro como un indicador para determinar el estado nutricional del millo en la respuesta a la fertilización nitrogenada. El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la eficiencia de la determinación del índice de verdor mediante el uso del clorofilómetro en el diagnóstico del estado nutricional nitrogenado del cultivo de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el experimento de larga duración VmNn18 en su tercer ciclo ubicado en el bloque experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara. La variedad de caña de azúcar estudiada fue la C86-12 y la cepa un tercer retoño. La fertilización realizada contó con un fondo fijo de 50 kg de P2O5 y 120 kg de K2O. Se emplearon como portadores el superfosfato triple y el cloruro de potasio. En el caso del nitrógeno (N), el portador fue la Urea y las dosis variaron en función de los diferentes tratamientos, con dosis de 0 kg de N en los testigos (0-0-0 y 0-50-120) hasta los 200 kg de N con un incremento de 25 kg de N entre los tratamientos.
Las mediciones se realizaron con el medidor automático de clorofila MINOLTA SPAD-502, en la hoja +1, a los 4 meses de edad. Se recolectaron 20 hojas por tratamiento, se delimitaron los 30 cm centrales del limbo foliar y se procedió con la medición del índice de verdor a ambos lados del nervio central y a todo lo largo de la sección delimitada. En total se realizaron 10 registros por cada lado del nervio central (20 registros por hoja), posteriormente las muestras fueron enviadas al laboratorio regional de suelos y planta de Villa Clara para determinar el contenido de nitrógeno foliar por el Método de tejido vegetal (Kjeldahl).Los resultados fueron analizados en el paquete estadístico Statictica versión 8.0, realizándose un análisis de varianza para determinar si existía diferencia significativa entre las lecturas del SPAD con respecto a los tratamientos y para determinar las diferencias entre las medias se utilizó la prueba de contraste múltiple de rangos por el método HSD de Tukey. En cuanto al porcentaje de nitrógeno foliar los datos fueron transformados para posteriormente proceder a su análisis.También se realizó un análisis de regresión simple para determinar la relación existente entre las lecturas del SPAD y el contenido de N foliar. El punto crítico de las lecturas del SPAD se calculó mediante la ecuación de regresión obtenida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza realizado demostró que hay diferencia estadística significativa entre las medias del nitrógeno foliar y los tratamientos para un nivel de confianza del 95,0%. La Figura 1 muestra el nivel de significación entre las medias obtenidas al evaluar el %N por tratamiento, siendo los tratamientos de 8 y 9 (150 y 175 kg de N. ha^{-1}) los que mostraron los mayores valores.

En la Figura 2 se muestra la relación existente entre las lecturas del SPD y las dosis de nitrógeno aplicadas. Como se puede apreciar, en la medida que se incrementan las dosis de nitrógeno los valores de las lecturas del SPAD también aumentan, resultados de oncuerdan con los optenidos por Ferreira, 2010 y Ferrer, 2008. La dosis de 50 kg de N corresponde a una lectura de 38.8, a partir de la cual no existió diferencia significativa entre los tratamientos.

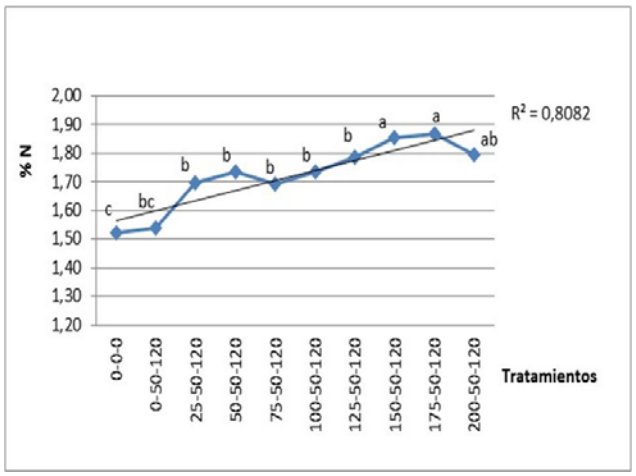


Figura 1. Relación entre el contenido de nitrógeno foliar (%N) y las dosis de fertilizante nitrogenado aplicado.

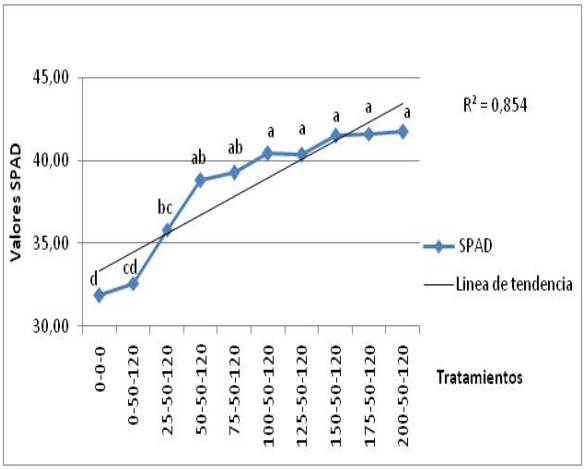


Figura 2. Relación entre las lecturas del SPAD y las dosis de nitrógeno aplicadas

La Figura 3 muestra la relación encontrada entre los valores de SPAD y contenido de nitrógeno foliar, donde se aprecia que existió una estrecha relación ya que el r^2 fue de 0.891 por lo que se demuestra que es factible el uso de este método para el diagnóstico de la eficiencia de la fertilización nitrogenada en los cultivos, resultados que coinciden con lo planteado por Sainz y Echeverría. 1998, Rodríguez ***et al***., 2006 y Ferrer, 2008, Rincón ***et al***., 2010 y Mendoza ***et al***., 2012.

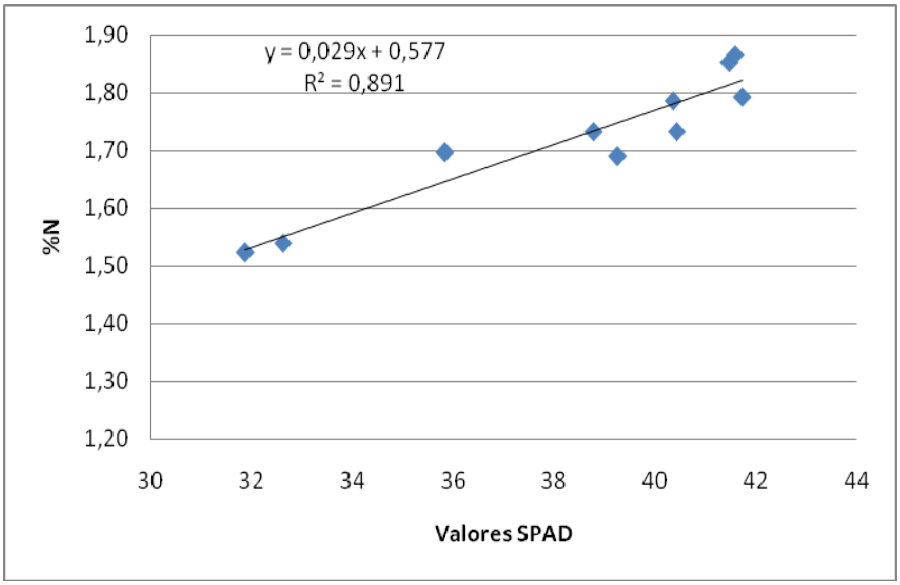


Figura 3. Relación entre el índice de verdor y el contenido de nitrógeno foliar.

La lectura del SPAD de 35.3 se corresponde con 1.6% de N foliar el cual es considerado el limite crítico en Cuba para este elemento y por debajo del cual hay que aplicar dosis correctivas de nitrógeno, según los estudios realizados por Menéndez, 1983.

CONCLUSIONES

1. Se encontró una estrecha relación entre el índice de verdor determinado por el clorofilómetro y el contenido de nitrógeno foliar con un coeficiente de determinación de 0.891.
2. El límite crítico para las lecturas del clorofilómetro 35.3, la cual se corresponde con 1.6 % de Nitrógeno foliar.
3. Es factible el uso de este método para el diagnóstico de la nutrición nitrogenada en el cultivo de la caña de azúcar.

REFERENCIAS

1. Rincón Castillo, A. y Adolfo Ligarreto, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria v. 11, n. 2, p. 122-128.
2. Carmelino Hurtado, S. M., Silva, C. A., Vilela de Resende, A., Corazza E. J., Shozo Shiratsuchi, L., Satoshi Higashikawa, F. (2010). Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 3, p. 688-697.
3. Fixen, P.E. y García, F.O. (2007). Decisiones efectivas en manejo de nutrientes... más allá de la próxima cosecha. Informaciones agronómicas 64:5-11.
4. González Torres, A., Figueroa Viramontes, U., Delgado, J. A., Núñez Hernández, G., Cueto-Wong, José A., Preciado-Rangel, P., Palomo-Gil, A. (2009). Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de Nitrógeno en maíz forrajero. TERRA Latinoamericana, Vol. 27, Núm. 4. pp. 303-309.
5. Guerrero Lázaro, J. (2012). Análisis de suelo y fertilización en el cultivo de la caña de azúcar. Guía Técnica. UNALM. P 6.
6. Havlin, J.L., Beaton, D.J., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. (1999). Soil Fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Upper Saddle, Prentice Hall. 499 pp.
7. Menéndez, A. (1983). Corrección de las insuficiencias de NPK en caña de azúcar mediante el análisis de tejido. Tesis en opción al grado de Doctor en ciencias, p 56-57.
8. Palma López, D. J., S. Salgado García, J. J. Obrador Olán, A. Trujillo Narcia, L. del C. Lagunes Espinoza, J. Zavala Cruz, A. Ruiz Bello y Carrera Martel, M.A. (2002). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). Terra 20: 347-358.
9. Rangel Lucio, J.A., G. Alcántar González, J. Z. Castellanos Ramos, E. García Moya, C. Trejo López y Vaquera Huerta, H. (2002). Comparación de dos pruebas para diagnosticar nitrógeno en sorgo. Terra 20: 383-390.
10. Rodríguez A, Furlani E, Buzetti S, Andreotti M. (2006). Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. Bragantia, Campinas, v.65, n.1, p.163-171.
11. Sainz Rozas, H. and Echeverría, H. E. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):37-44.
12. Stewart, W.M., Dibb, D.W., Johnston, A.E., Smyth, T.J. (2005). The contribution of comercial fertilizar nutrientes to food production. Agron.J.97:1-6.
13. Mendonça Maia, S.C., Peres Soratto, R., Nastaro, B., Barbosa de Freitas, L. (2012).The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.36 no.1.
14. Ferreir Faria, T., Molin, P.J. (2010). Uso de Clorofilômetros em Cana-de-Açúcar. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (2009/2010). Piracicaba, São Paulo. p 8 - 10.

REGIONALIZACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN AREAS DE LA UEB "URBANO NORIS"

REGIONALIZATION OF THE HYDRIC NEEDS OF THE SUGAR CANE IN AREAS OF "URBANO NORIS"ENTERPRISE

Adrian Serrano Gutierrez[1], George Martín Gutiérrez[1], Carlos Lamelas Felipe[2], Juan Alejandro Villazón Gómez[1], Yakelín Cobo Vidal[1], Yunior Rodríguez Ortiz[1], Rubisel Cruz Sarmiento[1], David Espinosa Duran[1] y Daniel Hernández Rojas[1].

1. *Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA). Guaro S/N. Mayarí, Holguín, Cuba. Tel: 59-6202, 59-6209 y 59-6406. E-mail: adrian.serrano@inicahl.azcuba.cu*
2. *Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.*

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en las áreas cañeras de "Urbano Noris", en el año 2012; con el objetivo de regionalizar las necesidades hídricas de la caña de azúcar por cepas y época de plantación a nivel de campo. Se delimitaron tres zonas pluviométricas; dos en el área de estudio; la primera zona con valores por debajo de 700 mm y la segunda entre 700 y 800 mm anuales. La regionalización de los requerimientos hídricos se corresponde con el área de influencia de cada estación meteorológica, las zonas pluviométricas y las características hidrofísicas del suelo. Se obtuvieron los mapas temáticos del área de influencia de las Estaciones Meteorológicas y el de zonas pluviométricas.
Palabras claves: regionalización, necesidades hídricas, zonas pluviométricas, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

The work developed in the areas sugar cane yield of Urbano Noris in 2012, with the objective of regionalizing the hydric needs of sugar cane for strain and period of plantation to field level. Tree pluviometric zones were delimited; two have influence over the area of study, the first with values underneath 700 mm and second between 700 and 800mm yearly. The regionalization of the hydric requests it corresponds with the area of influence of every weather station, the pluviometric zones and the characteristics hidrofísicas of soil. They got the thematic maps from the area of influence of the weather stations and the pluviometric zones.
Key words: regionalization, hydric needs, pluviometric zones, information system geographic.

INTRODUCCIÓN

El agua dulce es un recurso inapreciable y limitado, solo una pequeña porción es aprovechable y de esta casi el 70 % es utilizada en la producción de alimento (Roque y col., 2003). La planificación de la actividad de riego y drenaje, impone un estudio riguroso sobre el comportamiento de las variables climáticas, solo a través de ellas, se podrá precisar sobre bases científico-técnicas, los períodos en que se hace más necesaria la irrigación; así como las posibles medidas de drenaje. (Pérez y col., 2008). En las condiciones de Cuba, la demanda total de agua de la caña de azúcar oscila entre 1 680 y 1 880 mm anuales, de los cuales entre 300 y 600 mm deben ser cubiertos por el riego en dependencia de los diferentes suelos y zonas climáticas, las precipitaciones promedio anuales están entre 1 200 y 1 400 mm, aunque existen lugares con valores inferiores a los 1 000 mm (MINAZ, 2000; Cuellar y col., 2003). Por otra parte Pérez (1992), en condiciones de producción sobre suelos Oscuro Plástico Gleyzosos (vertisuelos), en áreas pertenecientes al CAI "Urbano

Noris", determinó normas netas totales de 1 509 mm en siembras de julio y agosto. El objetivo de este trabajo es regionalizar las necesidades hídricas de la caña de azúcar por tipo de cepas y época de plantación a nivel de campo en la UEB "Urbano Noris".

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la UEB APA "Urbano Noris", se utilizaron las bases de datos del SERFE (Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas) correspondiente al año 2012, las variables climáticas de los últimos 30 años de las estaciones meteorológicas (Guaro, Contramaestre y Pedagógico Holguín) y la Lluvia de 26 pluviómetros que posee INRH en la zona de estudio. La determinación del área de influencia de cada estación meteorológica se realizó con la herramienta del Sistema de Información Geográfica (Mapinfo versión 8.0), Diagrama de Voronoi (Polígonos de Thiessen). Los requerimientos hídricos óptimos se determinaron por la diferencia entre la evapotranspiración de referencia (método de Penman-Monteith), corregida por los coeficientes kc y la lluvia aprovechable (porcentaje fijo), en este caso el de 70%, dado que ese valor es el promedio obtenido en investigaciones realizadas en el territorio nacional (Hernández, 1992), utilizando el CROPWAT 8.0. Se realizó el análisis geoestadístico a las precipitaciones con el Surfer 8.0, se hizo con la interpolación por Kriging, mediante el cual se obtuvieron las zonas pluviométricas. Para la confección de los mapas temáticos se utilizó el mapa a nivel de bloque escala 1:10 000 montado en un sistema de información geográfica (Mapinfo versión 8.0), además del mapa de suelo 1:25 000 de la segunda clasificación genética de los suelos de Cuba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de influencia de cada estación meteorológica en la zona de estudio, se muestra en la figura 1. Se observa que influyen sobre la región cañera de "Urbano Noris", la Estación del Instituto Pedagógico de Holguín sobre 217 bloques con 11 679,60 ha, le continua la Estación de Contramaestre con 167 bloques y 10 891,50 ha y por último la Estación de Guaro con 60 bloques y 2 250.09 ha. Ésta asociación evidencia que sobre el área de riego inciden fundamentalmente las dos primeras. En tal sentido Ponce y col. (1999), demostraron la utilidad de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta para la toma de decisiones, además de constituir un factor de integración tecnológica sin limitar el campo de aplicación de otras tecnologías.

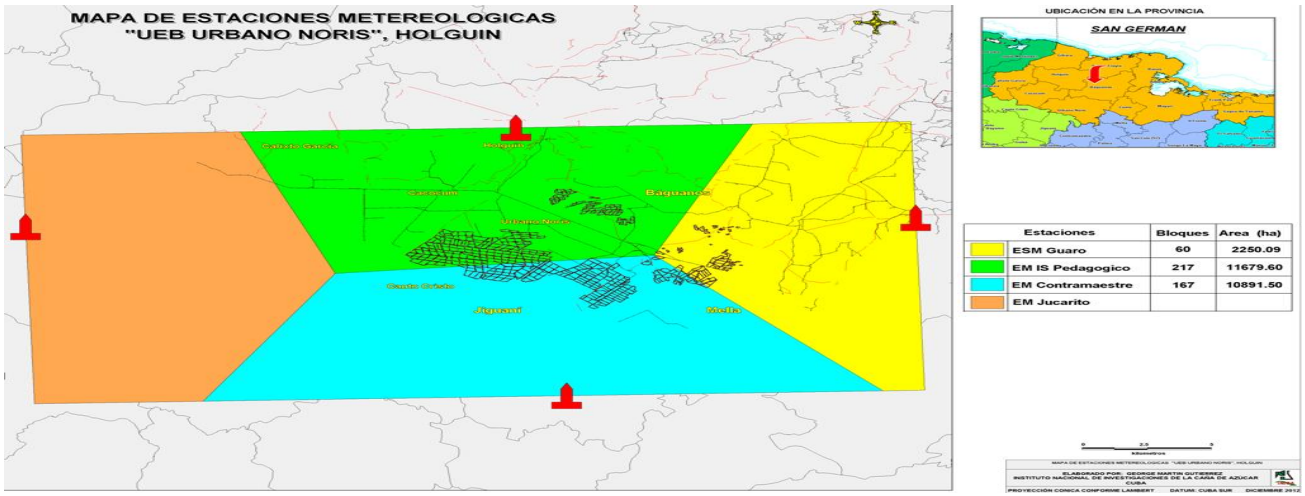


Figura 1. ***Distribución espacial de las zonas de influencia de las Estaciones Meteorológicas en las áreas cañeras de la UEB "Urbano Noris".***

La figura 2 permite hacer un análisis del comportamiento de las precipitaciones en el periodo estudiado, que demuestra la existencia de tres zonas pluviométricas. La primera (zona 1) con valores de precipitaciones menores de 700 mm anuales con un área de 5 200,50 ha distribuidas en 77 bloques cañeros, la segunda (zona 2) entre 700 y 800 mm con una superficie de 19 382,79 ha en 353 bloques, siendo esta la de mayor proporción y la tercera (zona 3) entre 800 y 900 mm con un área de 237,90 ha en 14 bloques. La asociación realizada arrojó que sobre el área de riego influyen las zonas 1 y 2. Al hacer un análisis más detallado se observa una tendencia a disminuir las precipitaciones hacia la zona sur y oeste del territorio. De forma general el mayor porcentaje del área de estudio se encuentra en una zona donde la pluviometría está entre los 700 y 800 mm, esto demuestra los bajos valores de pluviometría existente en la región al encontrarse las precipitaciones por debajo de los 1000 mm, corroborando los resultados de Pérez y col. (2004), quienes definieron que en su conjunto el clima es más árido en la región Oriental del país. Al categorizar la ocurrencia de las precipitaciones según Inojosa y col. (2005), en el periodo evaluado, las mismas clasifican en la categoría de inadecuadas y muy baja de acuerdo con las exigencias del cultivo.

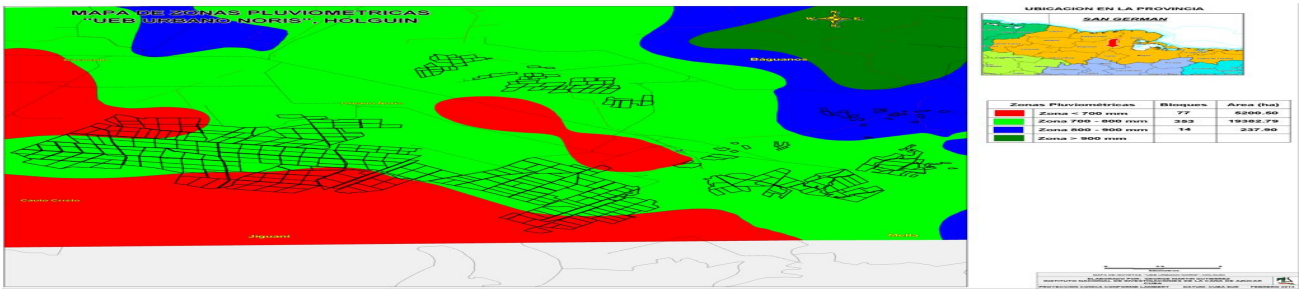


Figura 2. ***Distribución espacial por Zonas Pluviométricas, de las áreas cañeras de la UEB "Urbano Noris".***

La figura 3 permite analizar el comportamiento de los requerimientos hídricos por cepas teniendo en cuenta el área de influencia de las estaciones meteorológicas y las zonas pluviométricas anteriormente descritas. El área de riego se encuentra influida por dos zonas pluviométricas (zona 1 menor de 700 mm y zona 2 entre 700 y 800 mm) y dos estaciones meteorológicas (Contramaestre y Pedagógico de Holguín), correspondiéndose las necesidades hídricas determinadas con el comportamiento de la lluvia y el clima asociado. En la zona 1 (menor de 700 mm) asociada a las dos estaciones meteorológicas se encuentran los mayores requerimientos, correspondiéndose los mismo con la baja precipitaciones, de forma general los mayores requerimientos corresponden a las cepas de los ciclos más largos. Estos resultados corroboran los obtenidos por Pérez (1992), quien reportó, sobre suelos Vertisuelos en la zona sur del territorio y con precipitaciones cercana a los 1000 mm, valores de normas netas totales de 884 mm y 16 riegos para plantaciones de frío de julio y agosto. En ese mismo sentido El INICA (2009),en suelos Vertisuelos y Gleyzados Sialitizados del propio territorio y plantaciones de frío, recomendó aplicaciones de 14 riegos y norma neta total de 647.7 mm, valores que se aproximan a los obtenidos en la zona uno y dos.

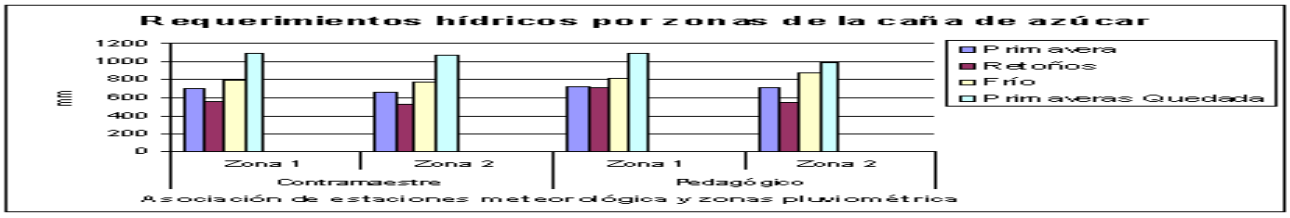


Figura 3. ***Requerimientos hídricos óptimos de la caña de azúcar por cepas, asociada al área de influencia de las estaciones meteorológicas y las zonas pluviométricas, de las áreas cañeras de la UEB "Urbano Noris".***

CONCLUSIONES

- Existen dos zonas de precipitaciones que inciden en el área de riego, la primera con valores por debajo de los 700 mm y la segunda entre 700 y 800 mm anuales, pudiendo ser este uno de los factores limitantes para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.
- Se obtuvieron los mapas temáticos del área de influencia de las Estaciones Meteorológicas y el de zonas pluviométricas.
- La regionalización de los requerimientos hídricos se corresponde con el área de influencia de cada estación meteorológica, las zonas de precipitaciones y las características hidrofísicas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Roque, R.; Alemán, C.; Rovinosa M.: Uso de las máquinas de pivote central en el riego con aguas residuales, CENHICA, 2003.
2. Pérez, B; Zamora, E; Gálvez. V; Montenegro, M. (2008). Estudio agroclimático para el riego y drenaje en un núcleo de desarrollo endógeno de la republica bolivariana de Venezuela. FAO, I, 1 – 10. Consultado el 15 mayo,2012, disponible en: http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5416/Ricardo%20Zonificaci%C3%B3n%20I%20FAO%202008.pdf
3. MINAZ, (2000). Proyecto caña. Programa de riego, drenaje y viales. 30pp.
4. Cuellar, I., De León, M., Gómez, A. Piñón, D., Villegas, R. 2003. Caña de Azúcar. Paradigmas de Sostenibilidad. INICA. 175 pp.
5. Pérez, R. (1992): "Determinación de la Efectividad del Riego por Surcos y de la Hidrometría de Explotación en la Caña de Azúcar", tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, ISCAH, Facultad de Agronomía, Dpto. de Riego y Drenaje, La Habana.
6. Hernández, I. (1992). Estudio del régimen de riego del cultivo de la Caña de Azúcar por fases de desarrollo del cultivo. Tesis presentada en opción del título de Ingeniero Agrónomo, 67 pp.
7. Ponce de León, D; Balmaceda, C.; Segrera, S.; Ponce Hernández, R.; Rodríguez, Y. (1999). Manual. Fundamentos Teórico – Prácticos de Sistemas de Información Geográfica y Metodología de Zonificación Ecológica Económica. INICA – FAO. Proyecto FAO TCP/CUB/8822. La Habana, 110 pp.
8. Pérez, L. J.; Cuellar, A.; De León, M.; Santana, S.; Fonseca, A.; Pérez, I. M. (2004). Caña de azúcar: Captación, conservación y manejo del agua y la humedad del suelo. Cuba & Caña. Boletín especial No.1. p. 43.
9. Inojosa, L.; A. Menéndez, E.; Angarica; Más R.(2005). Preselección de áreas agrícolas destinadas al cultivo de la caña de azúcar para la producción de etanol combustible. Edo Zulia, Venezuela, 521 pp.
10. INICA, (2009). Planificación y operación de los sistemas de riego y drenaje y los recursos hídricos en caña de azúcar. Proyecto MINAZ de Investigaciones. Informe Final.

INCREMENTO DE ÁREAS CAÑERAS: UNA NECESIDAD

INCREMENT OF ÁREAS WITH SUGAR CANE: A NECESSITY

Manuel Pérez Izquierdo y Sergio Guillén Sosa.

Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, INICA, mperez@inica.azcuba.cu.

RESUMEN

Considerar la capacidad potencial de los suelos para producir caña, la evaluación de las tierras hecha para este cultivo y el uso de Sistemas de Información Geográfica para generar mapas y tomar decisiones han sido elementos para realizar el incremento y reordenamiento de las áreas cañeras. Se determinó el área actual destinada a caña y la que se utiliza para la producción de azúcar que se encuentra en anillos de 5 km a partir del central usando un SIG personalizado para las áreas de cada ingenio. Se llegó a definir un fondo de tierra de 934 mil ha para caña donde se incorporan 149 mil ha de suelos A1 y A2. Se incrementa el fondo de tierra de caña de azúcar en un 27,8 % y es necesario cambiar el uso de la tierra en más de 204 mil ha, donde el 27,3 % pertenecen a otros organismos.
Palabras claves: Caña de azúcar, uso de la tierra, Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRAC

To consider the potential ability of the soils to produce sugar cane, the evaluation of the lands made for this culture and the use of Systems of Geographical Information to generate maps and to make decisions has been elements to carry out the increment and relocation of the areas with sugar cane. The current area was determined dedicated to sugar cane and the one that is used for the production of sugar that is in rings of 5 km starting from the central one using a SIG personalized for the areas of each sugar mill. You ended up defining a bottom of earth of 934 thousand there is for sugar cane where they incorporate 149 thousand there are of soils A1 and A2. The bottom of earth of sugar cane of sugar is increased in 27,8% and it is necessary to exchange the use of the earth in more than 204 thousand there is, where 27,3% belongs to other organisms.
Key words: Sugar cane of sugar, use of the earth, Systems of Geographical Information.

INTRODUCCION

El área, la tenencia de la tierra, su uso y la información estadística agrícola que se genera en cada parcela de tierra, juegan un rol muy importante en la producción de cultivos agrícolas con vistas a la planificación y obtención de altos rendimientos.La caña de azúcar es cultivada por más de 100 países en más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña (1).

Se plantea que para dar solución a la problemática de la producción cañera (2), resulta necesario integrar el conjunto de factores que limitan la producción azucarera, donde se consideran factores climáticos, de suelos, riego y drenaje, mecanización, fitosanitarios y fitotécnicos, así como lo relacionado con la organización del trabajo y la producción.

El proceso de diversificación y reordenamiento que ha estado desarrollando AZCUBA, requiere de bases fundamentadas en el conocimiento de la aptitud física y económica de su fondo de tierras, lo que unido al

uso de Sistemas de Información Geográfica, facilita el almacenamiento, la manipulación y procesamiento de gran cantidad de datos, objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este trabajo se recopiló información primaria, gráfica o espacial, con sus bases de datos asociadas y la solicitada a través de modelos creados para tal fin, desde la unidad de producción cañera hasta la Nación, de toda el área cañera del país. Se utilizó el Sistema de Información Geográfica existente en cada Unidad Empresarial de Base (UEB) para ser procesada la información. A partir del SIG se elaboraron mapas temáticos de la situación actual y perspectiva por unidad, provincia y nación. Se ubicaron los campos de cañaen anillos de cinco km a partir del ingenio y se proponen los cambios de uso de la tierra de áreas propias de AZCUBA y de otros organismos para lo cual se tuvo en cuenta las bases de datos obtenidas de la Evaluación de Tierras, (3), realizada para caña de azúcar y cultivos alternativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la recopilación de información se cuantificó el área total (734466,4 ha) y con caña (389485,5 ha), la producción (11201984,8 t), el rendimiento (29,6 t/ha) y los días de zafra (Tabla I), al inicio del trabajo, lo queconstituyó la línea base del mismo. Como puede observarse, el rendimiento medio sólo alcanza 29,6 t/ha de caña, lo que podemos considerar bajo, conociendo que Cuba ha obtenido rendimientos medios que superan las 54 t/ha. La proyección hasta el 2020, inicialmente, amplía hasta 934 mil hectáreas el área total, a algo más de 633 mil la sembrada y los rendimientos crecen a 45 t/ha, que representa un 52,0%, lo que garantiza más de 28 millones de toneladas de caña y una molida promedio de 132 días.(Tabla I).

Tabla I. Área total y cubierta con caña, producción, rendimientos y días de zafra.

MOMENTO	Área Total (ha)	Molible			Días de zafra
		Área (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (ha)	
INICIO	734466,4	389485,5	29,6	11201984,8	59
PERSPECTIVO	934001,2	633368,9	45,0	28144621,7	132

El incremento de áreas por provincia en la proyección para el 2020 pone a Camagüey con el mayor porcentaje de crecimiento con relación al fondo inicial, seguida de Granma y Holguín como puede apreciarse en la Figura 1. Hay un decrecimiento en Matanzas motivado por la disminución de áreas que, fundamentalmente, se ceden a Mayabeque o se excluyen por lejanía, aún cuando se logra aumento en la producción.

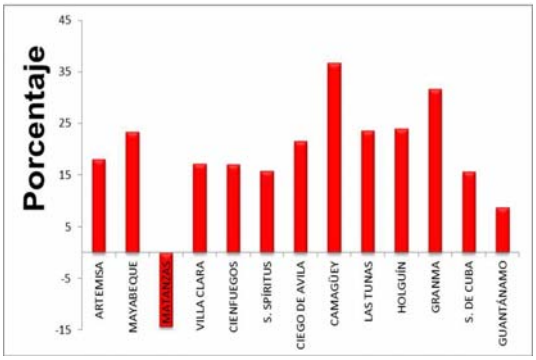


Figura 1. Incremento (%) de áreas cañeras por provincia.

El incremento necesario de áreas para lograr un aumento en la producción se ha proyectado realizar a partir de áreas propias que se encuentren vacías; de áreas propias destinadas a otros cultivos y que potencialmente

pueden ser utilizadas para caña y de áreas pertenecientes a otros organismos y que se encuentran próximas al ingenio. La valoración de tales circunstancias posibilitó conocer la disponibilidadde 204620,2 ha de las cuales el 72,3 % son propias. De las áreas propias disponibles fueron seleccionadas, considerando la evaluación de tierras para la caña de azúcar (INICA, 2001), las que mejores condiciones y ubicación presentaban de las que aparecen en la Tabla II.

Tabla II. Disponibilidad total de áreas propias empleadas en otros cultivos y que se evaluaron para incrementar el fondo de caña.

Situación	Vianda	Hortaliza	Grano	Frutales	Forestal	Pecuario
Actual	63430,62	5818,33	26336,66	26437,24	92060,79	440499,57
Perspectivo	50547,06	4870,73	18620,59	16174,77	70854,01	302340,06
Diferencia	12883,56	947,61	7716,07	10262,47	21206,78	138159,51

En las categorías A1 y A2 de la evaluación de tierras para la caña, hay un total de áreas propias disponibles de 148997 ha. Si a esto le sumamos la disponibilidad de otros organismos (MINAGRI, otros) de 52438 ha, completamos la necesidad de 201 mil ha propuesta (Figura 2). La ubicación de todas estas áreas se conoció a partir del uso del Sistema de Información Geográfica de cada una de las Unidades Empresariales de Base (UEB), lo que posibilitó elaborar mapas por cada UEB como el que aparece en el Figura 3. Este crecimiento tuvo en consideración anillos de 5 km con el fin de lograr el mayor acercamiento posible y la potencialidad de uso para caña a partir de la evaluación de tierras correspondiente.

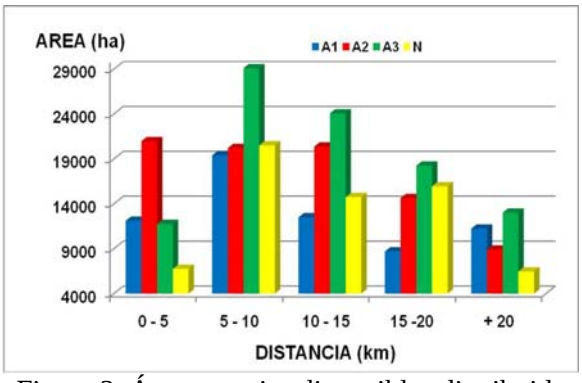


Figura 2. Áreas propias disponibles distribuidas en anillos de 5 km a partir de la ubicación del ingenio.

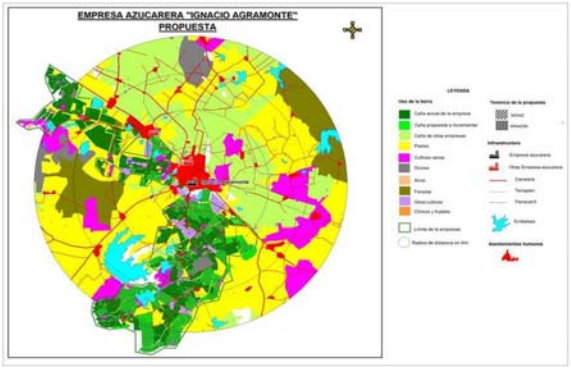


Figura 3. Crecimiento del área cañera de la Unidad Empresarial de Base Agramonte a partir de áreas propias y de otros organismos.

CONCLUSIONES

1. Se definió un área para caña de 934001,2 para alcanzar más de 28 millones de toneladas y 132 días de molida.
2. Se incrementa el fondo de caña en 201 mil ha acordes con su aptitud para caña.

REFERENCIAS

1. Melgar, M. (2010) Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial. Tomado de http://es.slideshare.net/. XVIII Congreso de Téc
2. nicos Azucareros de Centroamérica. ATACA.
3. Rodríguez, C. et. al. (1999). Metodología para el manejo sustentable de los agroecosistemas agrícolas. Teleinfo: Sistema electrónico de referencia del MINAZ.

4. INICA, 2001. Evaluación de tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en Cuba. Informe Nacional.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CAÑA MOLIDA Y SU INCIDENCIA SOBRE LOS RENDIMIENTOS AZUCAREROS EN CUBA

EVALUATION OF THE QUALITY OF MILLED SUGARCANE AND ITS INFLUENCE ON SUGAR YIELD IN CUBA

Alberto N. González Marrero, Antonio Vera Méndez, Eduardo Casanova Cabezas, José M. Mesa López, Héctor García Pérez, Mayra Ferrer Reyes, Gricel Betancourt González, Gilda Jiménez López y Nancy Sarmiento Torres

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Km $1^{1/2}$ Carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba. CP10800

alberto.gonzalez@inica.azcuba.cu

Resumen

Sobre la base de los resultados de la zafra 2012-2013, en el trabajo se analiza un grupo de aspectos relacionados con la calidad de la caña molida en Cuba y su incidencia en los rendimientos azucareros, principalmente en el Pol en caña y el Rendimiento Potencial de la Caña (RPC). Entre los aspectos tenidos en cuenta aparecen: variables de ingenio y caña, eficiencia agroindustrial y tiempo perdido en la zafra. Por su posible influencia en el RPC, se introdujeron en el análisis las cepas, las variedades, la programación de corte, la caña con madurador y las labores agrícolas. Se concluyó que existe una correlación entre el Aprovechamiento de la Norma Potencial y la Pol en caña, lo que debe ser estudiado, pues el incumplimiento de la norma potencial presupone el deterioro del rendimiento azucarero. Se recomienda tener una mayor exigencia en la limpieza de la caña y una mayor precisión en la determinación de la materia extraña y de la fibra en caña.

Palabras Clave: Caña de azúcar, materias extrañas y rendimiento azucarero, RPC

Abstract

Looking the results of the 2012-2013 sugar harvest, some aspects linked with the quality of milled cane and it incidence on sugar yield, mainly on Sugar Potential Yield (SPY) were studied. Variables of sugar mill and cane; agro-industrial efficiency, and lost time during the industrial process were analyzed. Taking into consideration its possible influence on SPY; stock, variety, crop program, maturating application and cultural practices were analyzed too. A narrow correlation of the potential milling norm with pol in cane was observed. This aspect should be studied, because a low milling is high linked with the sugar yield deterioration. A high exigency with the cane cleaning, and a better precision on the determination of both, the strange materials and cane fibber should be taking into account.

Key words: Sugarcane, strange materials, sugar yield, Sugar Potential Yield

Introducción

Los criterios de calidad de la caña de azúcar, han variado a través de los años como es de esperar, para una materia prima que participe de un proceso tecnológico que ha evolucionado con el tiempo y con el cambio climático y como el uso final en este caso, es la fabricación de azúcar, los parámetros que más interesan van a ser aquellos que tengan alguna incidencia en el proceso industrial, al cual será sometida para la producción final de azúcar (Rein, 2007, Casanova, 2013 e ICIDCA, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de la materia prima molida durante la zafra 2012-2013 para conocer su influencia en los rendimientos azucareros, fundamentalmente en el RPC y otros aspectos importantes del proceso azucarero.

Materiales y Métodos

Se recopiló la información aportada por la Sala de Análisis Nacional del Grupo Azucarero AZCUBA relacionada con la zafra 2012-2013 y se confeccionó una matriz de datos con un total de 35 variables de caña, ingenio, Rendimiento Potencial de la Caña (RPC) y tiempo perdido durante la contienda, las cuales identificaron a 49 Unidades Empresariales de Base (UEB) azucareras del país que molieron agrupadas en 13 Empresas.
Esta base de datos agroindustriales, fue trabajada por medio del paquete estadístico STATGRAPHIS (Versión 5); fueron realizados Análisis de Componentes Principales (Anderson, 1968 y Linares et al, 1986), para conocer la influencia particular de cada variable o grupo de ellas en el RPC y su aprovechamiento, Análisis Factorial Discriminantes (Gowers, 1967 y Linares 1990), para agrupar variables e ingenios, Análisis de Regresión Múltiple (Lerch, 1977), para conocer la dependencia del RPC y su aprovechamiento, Análisis de Correlación Múltiple (Lerch, 1977), para conocer los estadígrafos de ajuste de las ecuaciones de regresión múltiple.
También fue recopilada, a través de la Dirección Nacional de Caña de AZCUBA, la información que caracterizó la caña molida durante la zafra 2012-2013 (32 variables), en el ingenio Uruguay de la provincia de Sancti Espíritus y en el ingenio Ciro Redondo de la provincia Ciego de Ávila, la cual se dividió en siete grupos para facilitar su análisis y comprensión, según su importancia relativa en el comportamiento del rendimiento potencial en caña (RPC), alcanzado al final de la contienda en estos ingenios. El primero relaciona con las diferentes cepas que participaron en la zafra, el segundo agrupa las variedades molidas, el tercero comprende la programación y estrategia de cosecha más la materia extraña, en el cuarto y quinto se situaron las variables de la caña molida con y sin maduradores, el sexto correspondió a los porcentajes de cumplimiento de las labores agrícolas y en el séptimo se ubicó el potencial de rendimiento en caña (RPC).
Finalmente se profundizó en el estudio de la relación encontrada entre el Aprovechamiento de la Norma Potencial y el RPC con la información recopilada de las UEB Argeo Martínez de la provincia de Guantánamo y 14 de Julio de la provincia de Cienfuegos.

Resultados y Discusión.

Caracterización de la caña molida durante la zafra 2012-2013. Resultados de los Análisis de Componentes Principales (ACP). La tabla 1 demuestra que con los tres primeros componentes se agrupo el 70% de la varianza total, lo cual indica que las variables escogidas fueron suficientes para explicar el fenómeno estudiado y que a través de ellas se puede llegar a determinar cuál o cuáles son las que más influyen en los rendimientos del ingenio.

Tabla 1. Resultados de los Análisis de Componentes Principales (ACP).

	Componentes	C1	C2	C3
	Valor Propio	6.21928	2.91327	2.16295
	Varianza	38.870	18.208	13.518
	Acumulado	38.870	57.078	70.597
Variables	Nombre de Variable			
NP	Norma Potencial	0.312055	-0.0892933	0.14336
RPC	% Azúcar Recuperable	0.0886223	-0.537132	0.1002079

En estos resultados, se destaca que se encontró una relación directa y positiva entre el rendimiento azucarero, visto a través del RPC, el rendimiento base 96% y la Pol en caña con la norma potencial y su cumplimiento; cuestiones etas, que ya habían sido reportadas por Casanova (2013).

Resultados de los análisis de las variables de producción que caracterizan la caña molida durante la zafra 2012-2013 en los ingenios Uruguay y Ciro Redondo.

Se encontró que por los resultados obtenidos con las variables básicas del análisis RPC, porcentaje de materias extrañas y duración de la zafra en días, la gestión agrícola de Uruguay fue muy superior que la de Ciro Redondo; porque con una zafra más corta logro llevar menos materias extrañas al ingenio y alcanzar un mayor rendimiento.

Esto está dado en que al analizar la composición de cepas molidas; el ingenio Uruguay molió menos caña quedada, cosecho más retoños en general y más primaveras del año que Ciro Redondo, por ello, se infiere que estas fueros variables que favorecieron el RPC. Cuando se analizó la composición varietal que participó en la zafra azucarera, se encontró que el ingenio Ciro Redondo con mejor composición varietal que el ingenio Uruguay, desde el punto de vista de contenido azucarero y tipo de madures, mostro indicadores azucareros inferiores y por ello, su RPC resultó inferior.

En las variables que caracterizaron la caña molida con y sin maduradores los resultados de ambos ingenios fueron similares y en las diferencias el favorecido fue Ciro Redondo, sin embargo su RPC resultó inferior al de Uruguay, tal y como fue señalado anteriormente y la atención prestada al cumplimiento de las labores agrícolas, indicó que de manera general los resultados favorecen la eficiencia de la gestión agrícola del ingenio Uruguay, lo cual puede ser un indicador de su superioridad en cuanto a la calidad de la materia prima entregada a fábrica durante la zafra y un aspecto que haya ayudado considerablemente a que su porcentaje de materias extrañas haya estado también por debajo.

Análisis Factorial Discriminante. Usando como variable de agrupamiento el rendimiento base 96%, se demuestra que las 49 UEB azucareras estudiadas se ordenan en tres grupos bien diferenciados, los cuales se caracterizan por el cumplimiento de su norma potencial y su potencial de rendimiento en caña o RPC (Figuras 1 y 2).

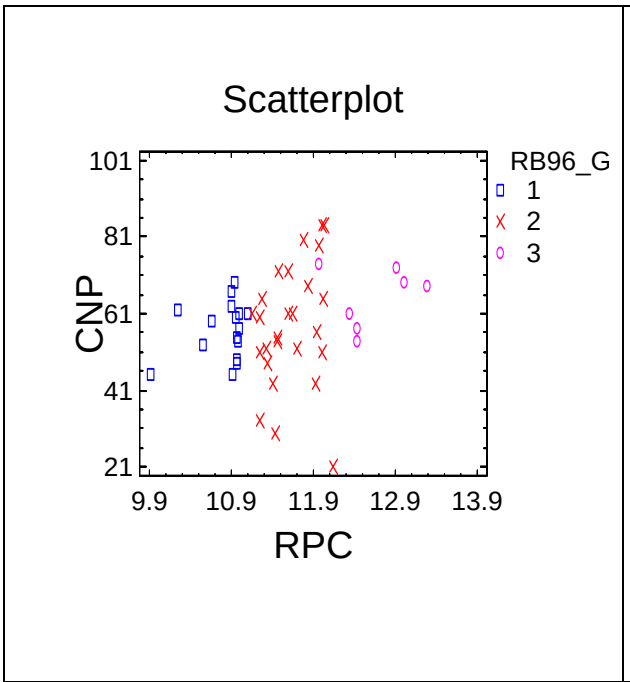


Figura 1. Agrupamiento **usando como variable de clasificación al RB96%**

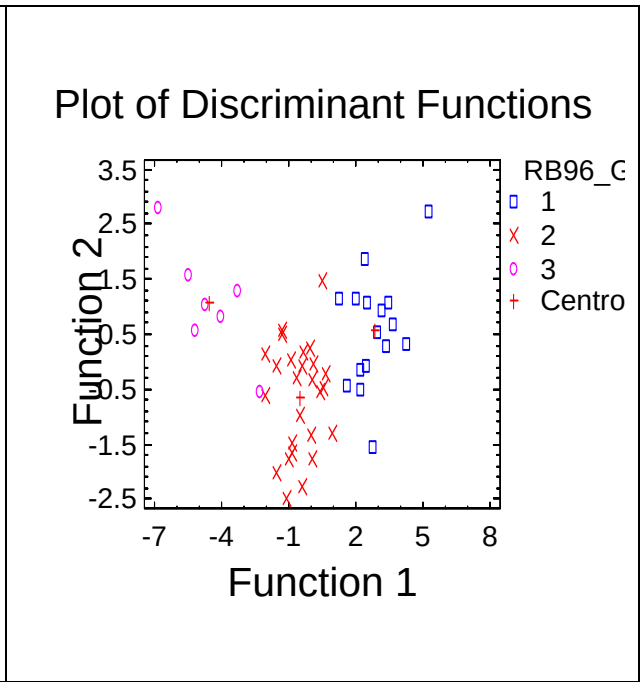


Figura 2. **Representación plana de la primera y segunda función discriminante**

Las funciones discriminantes 1 y 2 mostraron más de 99% de la varianza contenida en la información analizada explicada mediante el método empleado, esto le ofrece veracidad a los resultados presentados. Se observó que los tres grupos formados por el AFD, cuando se utilizó el RB96% como variable de clasificación presentaron el 97,96% de buena clasificación. En el grupo 1 se ubican las UEB menos eficiente en su gestión agro industrial, en el dos las intermedia y en el tres las más eficientes como Uruguay y Roberto Ramírez, a modo de ejemplos.

Comportamiento de la Relación entre el Aprovechamiento de la Norma Potencial y el Pol en Caña.

Se llegó a establecer una correlación entre el RPC y el cumplimiento de la Norma Potencial, con un ajuste del 0.98, el cual expresa que a medida que existe mayor eficiencia fabril el rendimiento extraído es mayor. La ecuación de regresión encontrada ***Y =0.2830X-9.3170 (R^2*** = 0.9800), deja bien claro el efecto directo entre las dos variables y a partir de este resultado se puede esclarecer cuál de ellas, es la que mayor incidencia tiene en el recobrado del ingenio, según el comportamiento reportado en estudios desarrollados en las UEB Argeo Martínez y 14 de Julio. La primera con un balance de variedades situado entre los mejores del país y la segunda muy diferente con porcentajes de variedades de maduración intermedia altos, que hacen que deban ser cosechadas en el periodo no recomendado.

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la Norma Potencial y el RPC en la UEB 14 de Julio, observándose que a pesar de no contar esta con un balance de variedades adecuado para buscar mejor recobrado, el cumplimiento de la Norma Potencial estuvo durante toda la zafra sobre el 70%, lo que contribuyó a que su recobrado fuera estable y alto durante el periodo más complicado de la zafra, que se corresponde en Cuba con sus inicios. Una situación muy diferente se presentó en Argeo, pues en esa UEB fue muy alta la inestabilidad de la molida en los inicios de la contienda azucarera y por ende el recobrado fue bajo, el cual luego mejoro; debido a que aunque bajo, el cumplimiento de la norma se estabilizo, pero además la materia prima que estaba procesando, era la de mejor composición varietal de todo el país en cuanto a contenido azucarero (Figura 4).

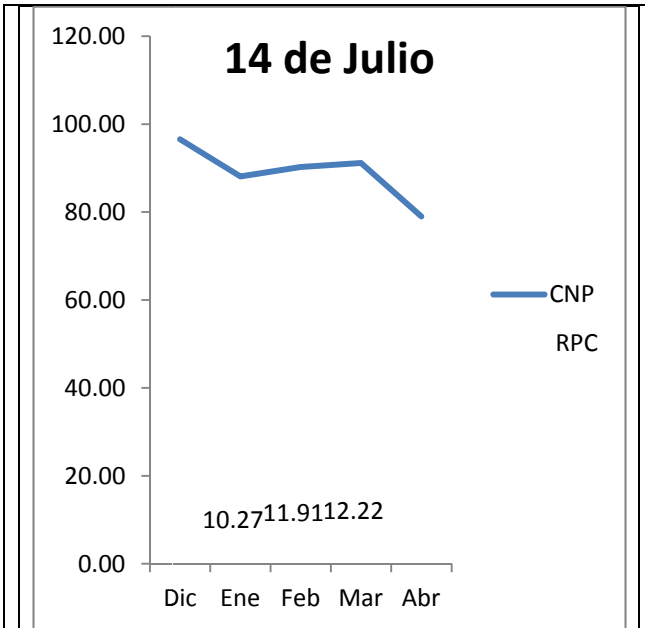


Figura 3. **Comportamiento de la PCNP y el RPC en la UEB 14 de Julio**

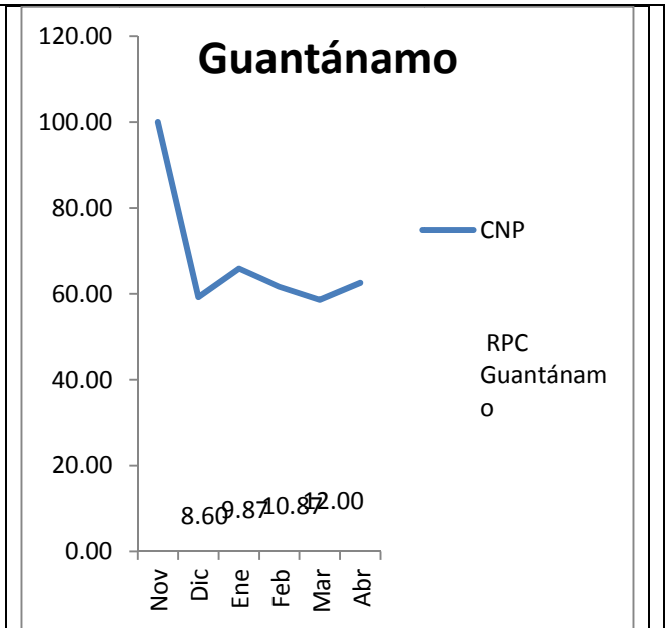


Figura 4. **Comportamiento de la PCNP y el RPC en la UEB Argeo Martínez**

Conclusiones y Recomendaciones

Se observa una correlación entre el Aprovechamiento de la Norma Potencial y la Pol en caña que deben ser estudiadas y analizadas sus consecuencias, pues los incumplimientos de la Norma Potencial presuponen un deterioro del rendimiento industrial y se necesita una mayor exigencia en la limpieza de la caña y una mayor precisión en la determinación de la materia extraña y de la fibra en caña.

Referencias

1. Casanova. E: Evaluación de la calidad de la materia prima para el proceso de fabricación de azúcar en Cuba (Comunicación Personal). 2013.
2. ICIDCA: Relación calidad materia prima, proceso tecnológico y de los productos finales. Dirección de Tecnología Azucarera y Energía. 2013. Habana: 20 p.
3. Anderson, T.W: An Introduction to Multivariate Analysis. Wiley Interscience. New York: 425 p. 1968.
4. Linares, F.G.; R. Acosta L. y V. Sistachs: Estadística Multivariada. La Habana: 1986.320 p.
5. Gowers, J.C: A comparison of some methods of cluster analysis. Biometrical. 1967. 23:623-632.
6. Lerch, G: La Experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas. Edit. Cient. Téc. La Habana: 1977. 345 p.

COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR C97-445 Y C95-416 EN LOCALIDADES DE LA PROVINCIA HOLGUÍN

BEHAVIOR OF THE SUGAR CANE CULTIVARS C97-445 AND C95-416 AT LOCALITIES OF HOLGUIN

Yulexi Mendoza Batista, Rubisel Cruz Sarmiento, José Rodríguez Zayas, Arián Céspedes Zayas, Yoandris Vaillant Cáceres, Odalis Luis Martínez, Reider Argota Campo, Miguel Céspedes Argota.

Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín. INICA. AZCUBA.
Sugarcane Research Provincial Station of Holguín. INICA. AZCUBA
yulexi.mendoza@inicahl.azcuba.cu

Resumen.

El estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el comportamiento agroproductivo de los cultivares C97-445 y C95-416 en tres localidades de la provincia Holguín. Para ello, se establecieron experimentos de campo y se emplearon como testigos C86-12 y C86-503. Se evaluó el comportamiento fitopatológico ante la roya común y el carbón en condiciones naturales y las variables de cosecha: ton caña/há, %pol caña y ton pol/há; se efectuaron ANOVAs factoriales a las variables de cosecha y se realizó la prueba de Tukey cuando las diferencias fueron significativas. La interacción Localidad x Cultivar resultó significativa para la variable % pol en caña. Los mejores resultados en ton pol/ha se alcanzaron en la localidad de Santa Inés. Los cultivares C97-445 y C95-416 alcanzaron resultados agroproductivos similares al testigo C86-12 y superaron significativamente al testigo C86-503, además, no resultaron afectados por las principales enfermedades en condiciones naturales.

Palabras clave: caña de azúcar, rendimiento, cultivares.

Abstract.

The study was developed with the objective of determining agroproductive behavior of cultivars C97-445 and C95-416 in three localities of Holguín. For it, field experiments were settled down and C86-12 and C86-503 were used as standards. The phytopathologic behavior against common rust and smut in natural conditions and crop variables: cane ton/há, %pol in cane and pol ton/há were evaluated; factorial ANOVAs were made to crop variables and was carried out the test of Tukey when differences were significant. The interaction Locality x Cultivar was significant for the variable % pol in cane. The best results were reached in Santa Ines locality. Cultivars C97-445 and C95-416 showed similar agronomic results to the standard C86-12 and they overcame significantly to the standard C86-503, also, they were not affected by main diseases under natural conditions.

Key words: sugar cane, yield, cultivars.

Introducción.

Las variedades de caña de azúcar se comportan de manera diferente en distintas condiciones de suelo, clima y manejo agronómico (Miguelina Marcano y col, 2005).
La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos cultivares a los productores (Gordon y col., 2006).

Muchos países que se dedican al mejoramiento genético de la caña de azúcar, prestan un interés especial a la selección de variedades de alto contenido azucarero y que maduren precozmente. A ello ha contribuido la gradual generalización del pago de la materia prima sobre la base de la calidad en el momento de ser entregada a la industria azucarera (Gálvez 1992).
En el contexto de la agricultura cañera cubana, con la creación del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) en 1964, el resultado más relevante se ha obtenido en el mejoramiento del rendimiento en caña. Esto se ha reflejado en el incremento de los cultivares nacionales en la composición varietal del país; si en 1943 sólo 2% del área cañera nacional era ocupada por cultivares cubanos, en 1979 era 36 % (Bernal y col., 1997), al cierre de 2009 era del 85 % (INICA-MINAZ, 2010).
Los cultivares recomendados han tenido un comportamiento satisfactorio en las respectivas provincias donde se han evaluado. No obstante, existe un grupo de cultivares comerciales de caña de azúcar que se desconoce su comportamiento bajo las condiciones de la provincia Holguín, por lo que el objetivo de este trabajo es determinar el comportamiento agroproductivo de los cultivares C97-445 y C95-416 mediante las variables de cosecha: ton caña/há, % pol caña y ton pol/há.

Materiales y Métodos.

Los experimentos fueron plantados en la provincia Holguín, en la época de Frío, en las localidades Silva 1, Santa Inés y Rosel Cruz; correspondientes a las UEB L. Hechavarría, F. de Dios y L. Peña, respectivamente.
Se empleó un diseño de Bloques al azar, con tres repeticiones y parcelas de 48m^2. Se evaluaron los cultivares C97-445 y C95-416 y se utilizaron como testigos C86-12 y C86-503. Las evaluaciones se realizaron en la cepa de Caña Planta y Retoño. Las variables de cosecha estudiadas fueron: t caña/ha, porcentaje de pol en caña y t pol/ha, además se evaluó el comportamiento fiopatológico en condiciones naturales.
Todos los experimentos fueron conducidos y evaluados, según está estipulado en las Normas y Procedimientos para el Mejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba (Jorge y col. 2002).
Con la información proveniente de las variables de cosecha, obtenidas de las evaluaciones realizadas a todos los cultivares en cada localidad, se realizó un análisis de varianza factorial individual de efectos fijos, tomando como factores los cultivares y las localidades. Asimismo, se utilizó la dócima de Tukey ($p=0,05$) para la comparación múltiple de medias.

Resultados y Discusión.

En la tabla I aparecen los resultados de los análisis de varianza factorial, donde se observa que el efecto de los factores simples (Localidades y Cultivares) resultó significativo para las tres variables en estudio, mientras que la interacción Localidad x Cultivar resultó significativa para la variable % pol en caña, lo que significa que los cultivares mostraron diferentes patrones de comportamiento en las distintas localidades en estudio, los resultados antes expuestos justifican la búsqueda de variedades de adaptación específica para cada uno de los ambientes, de ahí la importancia de replicar los ensayos en más de una localidad y cosecha, como también lo indicaron Bernal (1986); Castro (1991); González (1995) y García (2004). Las interacciones para las demás variables no mostraron diferencias significativas. Las ton pol/ha presentaron un patrón similar a las ton caña/ha, coincidiendo con lo planteado por Bernal (1986) y Mendoza y Col. (2014).

Tabla I. Resultados de los análisis de varianza factorial

Fuentes de variación		% Pol				Ton caña/ha				Ton pol/ha			
	GL	SC	CM	F	p	SC	CM	F	p	SC	CM	F	p
Localidad	2	8.50	4.25	35.38	0.0000	6756.5	3378.3	24.376	0.0000	240.816	120.408	24.536	0.0000
Cultivar	3	12.91	4.30	35.79	0.0000	1593.5	531.2	3.833	0.0239	95.633	31.878	6.496	0.0026
Réplica	2	0.06	0.03	0.24	0.7864	35.5	17.8	0.128	0.8803	3.152	1.576	0.321	0.7286
Loc*Cul	6	3.10	0.52	4.30	0.0051	637.2	106.2	0.766	0.6043	25.226	4.204	0.857	0.5412
Error	22	2.64	0.12			3049.0	138.6			107.962	4.907		
C.V.		4.95				20.49				22.63			

p<0.05 *Leyenda: GL-Grados de Libertad SC-Suma de cuadrados CM-Cuadrados medio*

Al realizar la comparación múltiple de medias a la interacción de los factores (cultivar x localidad) para la variable % Pol en caña (Tabla II), los mayores valores se alcanzaron con el cultivar C86-12 en la localidad de Silva 1 sin diferencias significativas con el cultivar C95-416 en las tres localidades y C97-445 en Silva 1, estos a la vez superan de forma significativa al cultivar C86-503 en las localidades Santa Ines y Rosel Cruz, donde se alcanzaron los valores más bajos de % Pol en caña.

Tabla II. Resultados de la comparación múltiple de medias de la interacción Cultivar x Localidad para la variable % Pol en caña

Localidad	Cultivar	%pol	Sig	Localidad	Cultivar	%pol	Sig	Localidad	Cultivar	%pol	Sig
R. Cruz	C86-503	16.00	g	Silva 1	C86-503	17.58	cdef	Silva 1	C97-445	18.32	abcd
Santa Ines	C86-503	16.95	fg	Santa Ines	C97-445	17.80	bcdef	R. Cruz	C95-416	18.54	abc
R. Cruz	C86-12	17.16	ef	Santa Ines	C86-12	17.82	bcdef	Silva 1	C95-416	18.79	ab
R. Cruz	C97-445	17.43	def	Santa Ines	C95-416	18.11	abcde	Silva 1	C86-12	19.11	a

Las ton pol/ha presentaron un comportamiento similar a las ton caña/ha, en la figura 1 se muestran los resultados de la comparación de medias de las localidades para las ton pol/ha, los mejores resultados se alcanzaron en la localidad Santa Inés, superando significativamente a las localidades Silva 1 y R Cruz, las cuales obtuvieron resultados similares.

Los resultados de la comparación de medias de los cultivares para las ton pol/ha (Figura 2) indican que los cultivares C97-445 y C95-416 no mostraron diferencias significativas con el testigo C86-12 y superaron significativamente al testigo C86-503.

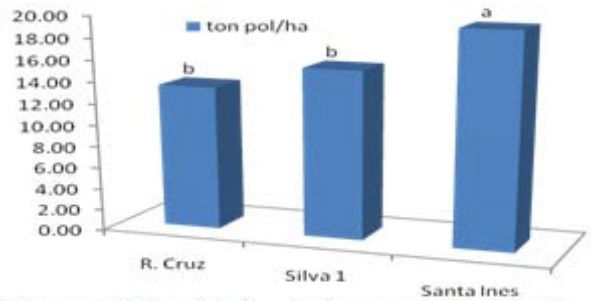


Figura 1: Resultados de la comparación de medias de las localidades para las ton pol/ha.

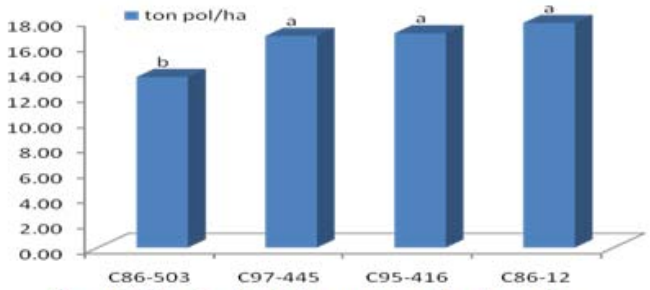


Figura 2: Resultados de la comparación de medias de los cultivares para las ton pol/ha.

Los cultivares C97-445 y C95-416 no fueron afectados por la Roya Parda (*Puccinia melanocephala Sydow)* y Carbón (*Sporisorium scitamineum)* en condiciones naturales.

Conclusiones

- El estudio posibilitó obtener conocimientos e información sobre el comportamiento de los cultivares C97-445 y C95-416 en diferentes localidades de la provincia Holguín.
- En cuanto a la variable % Pol en caña los cultivares mostraron diferentes patrones de comportamiento en las distintas localidades.
- Existieron diferencias significativas entre los factores simples (Localidad y Cultivar) para las variables ton caña/ha y ton pol/ha.
- Los cultivares C97-445 y C95-416 no fueron afectados por las principales enfermedades en condiciones naturales en la provincia Holguín.
- Los mejores resultados para ton pol/ha se alcanzaron en la localidad de Santa Inés, perteneciente a la UEB Fernando de Dios.
- Los cultivares C97-445 y C95-416 alcanzaron buenos resultados agroproductivos mostrando resultados similares al testigo C86-12 y superaron significativamente al testigo C86-503.

Bibliografía

1. Miguelina Marcano; Editor Rivas; Ursulino Manrique; Moraima García; Francisco Salcedo y Delvalle Mark. Prueba de ocho variedades de Caña de Azúcar (Saccharum sp.) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del estado Monagas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Revista UDO Agrícola 2005. 5 (1): 54-61.
2. Gordon, M., R.; Camargo, B.; Franco B, y González S. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. Agronomía Mesoamericana. 2006. 17(2): 189-199.
3. Gálvez G. ¿Es necesaria la obtención de variedades de alto contenido azucarero para iniciar zafra? Resúmenes 46 Congreso ATAC 1992. P 43.
4. Bernal, N.; F. Morales; G. Gálvez e Ibis Jorge. Variedades de Caña de Azúcar. Uso y Manejo. Publicaciones IMAGO. INICA. Ciudad de la Habana. 1997. 101p.
5. INICA-MINAZ. Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. Ministerio del Azúcar. Sancti Spíritus. 2010. 136pp.
6. Jorge, H.; R. González, M. Casas e Ibis Jorge. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín No. 1 Cuba&Caña. INICA.2002. 308p.
7. Bernal, N. A. Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar. Tesis en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA. 1986.106 p.
8. Castro, S. Evaluación de ambientes y genotipos de caña de azúcar en la provincia Holguín. Tesis en opción al grado de Dr en Ciencias Agrícolas. INICA. 1991. pp 94.
9. González, A. Caracterización del efecto ambiental en estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar en la provincia Las Tunas. Tesis en opción al grado de Dr. en ciencias agrícolas. INICA. 1995.120 pp.
10. García, H. Estudio de poblaciones clonales y genotipos de caña de azúcar (Saccharum spp.) en diferentes condiciones de estrés ambiental. 137pp. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA, MINAZ. 2004.
11. Mendoza, Y.; Puchadez Y.; Cuello H.; Vaillant Y.; Céspedes A.; Luis O.; Rodriguez J.; Argota R.; Céspedes M. Evaluación de cultivares de caña de azucar (Saccharum spp. híbrido) al sur de la provincia Holguín, Cuba. III Convención Internacional Agrodesarrollo 2014. Varadero. Cuba.

SELECCIÓN DE CULTIVARES FORÁNEOS DE CAÑA DE AZÚCAR CON POTENCIALIDADES PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL EN CUBA

SELECTION OF SUGARCANE STRANGE CULTIVARS WITH POTENTIALITIES FOR THE COMMERCIAL PRODUCTION IN CUBA

Osmany de la C. Aday Díaz, Félix R. Díaz Mujica, Héctor García Pérez, Carlos Reyes Esquirol, Irenaldo Delgado Mora, Susana Reyes Pérez y Luis Felipe Machado Toledo.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera al CAI Martínez Prieto Km 1½, Boyeros, Ciudad de La Habana, C. P. 19390, osmany@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar 42 cultivares foráneos introducidos en la última década, para decidir su inclusión en los estudios multiambientales de la tercera etapa del esquema de selección establecido en Cuba. Se plantaron dos experimentos en el segundo lote clonal, en suelo Pardo con carbonatos del área experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA Centro Villa Clara). Se utilizaron dos fechas de plantación, octubre de 2012 y enero 2013, como testigos se emplearon C86-12 y C1051-73 de acuerdo a lo establecido para esa etapa de selección. Los cultivares VN85-1089, B00797 y BR97-200 presentaron características agronómicas superiores a los testigos, por otro lado B961227, D89-211, PR86-2027 y V64-16 presentaron características similares. Los valores de brix de los cultivares BJ87-83, BR95-16, CC93-7513, CG96-59, CP92-1641, Mex83-416, Mex84-397 y LTMex96-10 fueron similares o superiores a los del testigo. Se recomienda evaluar en experimentos multiambientales y en pruebas de resistencia a enfermedades, los cultivares foráneos seleccionados en este estudio para determinar su posible uso en la producción comercial.
Palabras clave: *mejoramiento genético, selección, caña de azúcar.*

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate 42 strange cultivars introduced in the last decade, to decide its inclusion in the studies multi-environmental of the third stage of the established selection established in Cuba. Two experiments were planted in the second lot of clones, in Brown soil with carbonates of the experimental area of the Sugar Cane Investigations Territorial Station (ETICA Centro Villa Clara). Two plantation dates, October of 2012 and January 2013 were used, as control C86-12 and C1051-73 were used according to that settled down for that selection stage. The cultivars VN85-1089, B00797 and BR97-200 presented characteristic agronomic superiors to the control, on the other hand B961227, D89-211, PR86-2027 and V64-16 presented characteristic similar. The values of brix of the cultivares BJ87-83, BR95-16, CC93-7513, CG96-59, CP92-1641, Mex83-416, Mex84-397 and LTMex96-10 went similar or superiors to those of the control. It is recommended to evaluate in multi environmental experiments and in resistance tests to illnesses, the strange cultivars selected in this study to determine their possible use in the commercial production.
Key words: *genetic breeding, selection, sugarcane.*

INTRODUCCIÓN

El empleo del mejoramiento genético en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharun* spp.) con el objetivo de la selección de nuevos y mejores cultivares, resulta indispensable para garantizar la renovación sistemática

de los comerciales existentes, que generalmente declinan su rendimiento luego de períodos más o menos prolongados de explotación, volviéndose más susceptibles a determinadas patologías (Mesa *et al*., 2014).
Existen tres vías para la obtención de nuevos cultivares: hibridación, introducción de genotipos foráneos por intercambio internacional y la biotecnología (Mesa *et al*., 2014). En el segundo caso se persiguen dos objetivos, introducir nuevos progenitores y la selección para el posterior uso en la práctica comercial (Jorge *et al*., 2013).
Internacionalmente el intercambio de material genético y nuevos cultivares comerciales resulta en extremo beneficioso en los campos de la investigación científica y la producción azucarera, lo que ha traído como consecuencia que la actividad se consolide como una práctica importante (Jorge *et al*., 2011).
No siempre los cultivares lideres dentro de determinado país resultan destacados en otro, por ello se requiere de un proceso de evaluación. El objetivo del presente estudio fue evaluar 42 cultivares foráneos introducidos en la última década en Cuba y con ello seleccionar los de mayores potencialidades para la producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un suelo Pardo con carbonatos del área experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA Centro Villa Clara), perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Todos los cultivares, según normas y procedimientos establecidos (Jorge *et al*., 2011), se plantaron en la etapa correspondiente al segundo lote clonal en octubre de 2012 (Experimento 1) y en enero 2013 (Experimento 2). Como testigos se plantaron a C86-12 y C1051-73.
Las evaluaciones fitopatológicas se realizaron a los tres y seis meses y en el momento de la cosecha. En el mes de diciembre, a los 14 y 11 meses después de la plantación, en los Experimentos 1 y 2 respectivamente, se seleccionaron al azar tres muestras de tallos por cultivar y se tomó la lectura del brix refractométrico en el centro de cada tallo, se midió diámetro y altura de cada uno de ellos, y se clasificó el vigor de cada cultivar e malo, regular y bueno (1, 2 y 3 respectivamente), según Jorge *et al*. (2011). Se realizaron análisis de conglomerados para agrupar los cultivares en estudio de acuerdo al los valores de brix, diámetro y altura de los tallos, número de tallos y vigor (método Ward, distancia Euclidiana) y se tuvo en cuenta no fusionar grupos demasiado lejanos, como criterio de parada del agrupamiento. A partir de los resultados del análisis anterior y con los valores de brix, diámetro y altura de los tallos, se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey para determinar las diferencias entre los cultivares agrupados junto a los testigos, empleando el programa Statgraphics, versión 4.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un análisis de conglomerados del Experimento 1, se formaron dos grupos de cultivares. En el Grupo1 se agruparon los de características agronómicas semejantes a los testigos. Con relación al brix, el cultivar VN85-1089 presentó valores significativamente superiores a C1051-73 y C86-12. Los cultivares D89-211, PR86-2027 y V64-16 no presentaron diferencias en sus valores de brix y diámetro con respecto a los testigos y fueron superiores en altura. V64-16 floreció pero hasta un 15% lo que no limita su uso comercial. CR87-339 y DB92-102 resultaron susceptibles en condiciones naturales a roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow). En estas condiciones DB92-102 fue susceptible además al carbón [*Sporisorium scitamineum* (M. Piepenbr., M.Stoll & Oberw)] (Tabla I).

Tabla I. Características de los cultivares foráneos introducidos, en segundo lote clonal, Experimento 1

Grupo	Cultivares	Medias				Flores (%)	Afectación por enfermedades
		Brix	Vigor	Altura (cm)	Diámetro (cm)		
1	CR87-339	21,4 bc	3	255,0a	2,9 bc	15	roya
	D89-211	21,8 ab	3	240,0d	2,8 c	10	-
	DB92-102	19,2 d	3	230,0e	3,2 a	0	roya, carbón
	PR86-2027	21,2 bc	3	250,0b	2,8 c	0	-
	V64-16	20,8 bc	3	250,0b	2,8 c	15	-
	VN85-1089	22,8 a	3	230,0e	3,0 ab	0	-
	C1051-73 (T)	21,2 bc	3	242,0c	2,8 bc	0	-
	C86-12 (T)	20,3 c	3	240,0d	2,9 bc	0	-
EE(x)±		0,21		10,65	0,04		
Valor - P		0,0000		0,0000	0,0002		
2	CP01-2390	24,2	2	245,0	2,6	+ 25	carbón
	CP02-1651	21,2	2	240,0	2,5	15	escaldadura
	CP89-1509	19,2	2	260,0	2,6	0	-
	CP89-2376	21,6	2	250,0	2,4	+ 25	-
	CP92-1641	22,6	2	230,0	2,5	15	-
	CP93-1634	22,5	2	245,0	2,5	+ 25	-
	CP95-1039	22,2	2	260,0	2,4	+ 25	-
	CP95-1913	20,8	2	208,0	2,6	+ 25	-
	Mex83-210	22,0	2	245,0	2,7	0	roya
	Mex83-416	22,8	2	230,0	2,6	0	-
	Mex84-397	24,2	2	240,0	2,5	12	-
	V68-78	21,2	2	220,0	2,5	0	carbón
	V71-39	23,2	2	225,0	2,4	12	roya
	V77-12	23,4	2	210,0	2,5	0	-

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, indican diferencia no significativa según la Prueba de Tukey (P< 0,05). N: 62 observaciones

En el Grupo 2, cinco cultivares florecieron más del 25% lo que limita su uso comercial. CP01-2390 y V68-78 mostraron susceptibilidad al carbón, Mex83-210 y V71-39 a la roya parda y CP02-1651 a escaldadura foliar [*Xanthomonas albilineans* (Ashby 1929), Dowson (1943)]. De este grupo CP92-1641, Mex83-416 y Mex84-397 no alcanzaron el vigor de los testigos pero sí un brix significativamente superior (Tabla I).

Como resultado de las evaluaciones del Experimento 2, en el análisis de conglomerados se formaron dos grupos de cultivares. El Grupo 1 quedó formado por 11 que poseen características agronómicas similares a C86-12. Se seleccionaron a los cultivares B00797, B961227 y BR97-200 con un brix significativamente superior al testigo, constituyendo estos los mejores cultivares para su posible explotación comercial. Los valores de brix de BJ87-83 no difieren significativamente del testigo. En el Grupo 2 los valores de brix los cultivares BR95-16, CC93-7513, CG96-59 y LTMex96-10 fueron similares o superiores a los del testigo (Tabla II).

Del total de 22 cultivares evaluados en este experimento sólo uno floreció (CG97-97) y seis mostraron susceptibilidad en condiciones naturales a roya parda (B74125, B93413, Q107, B9015, B97263 y D84-84).

Tabla II. Características de los cultivares foráneos introducidos, en segundo lote clonal, Experimento 2

Grupo	Cultivares	Medias				Flores (%)	Afectación por enfermed.
		Brix	Vigor	Altura (cm)	Diámetro (cm)		
1	B00797	22,4 ab	3	240,0b	3,3 a		-
	B74125	18,4 ef	3	200,0f	3,2 ab		roya
	B93413	19,6 cdef	3	210,0e	3,0 ab		roya
	B961227	21,0 abc	3	230,0c	2,9 b		-
	B96853	18,8 def	3	220,0d	3,3 a		-
	BJ87-83	21,4 abc	3	200,0f	2,8 b		-
	BR97-200	22,0 ab	3	240,0b	3,1 ab		-
	CG97-97	23,0 a	3	230,0c	2,8 b	+25	-
	D84-84	17,0 f	3	250,0a	2,9 b		roya
	Laica05-818	19,6 cdef	3	230,0c	3,1 ab		-
	Q107	20,4 bcde	3	230,0c	2,9 b		roya
	C86-12	20,8 bc	3	250,0a	2,8 b		-
EE(x)±		0,41		10,48	0,07		
Valor - P		0,0000		0,0000	0,0001		
2	B87558	19,8	2	180,0	2,7		-
	B9015	20,4	2	250,0	2,8		roya
	B97263	17,6	2	230,0	2,7		roya
	BJ93-20	19,0	2	240,0	2,6		-
	BR95-16	20,8	2	235,0	2,6		-
	DB86-88	19,2	2	200,0	2,7		-
	CC93-7513	21,4	2	245,0	2,6		-
	CC93-3826	19,0	2	240,0	2,6		-
	CG96-59*****	21,0	2	240,0	2,7		-
	CP96-135	19,4	2	230,0	2,5		-
	LTMex96-10*****	21,2	2	250,0	2,6		-

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, indican diferencia no significativa según la Prueba de Tukey (P< 0,05). N: 69 observaciones

CONCLUSIONES

- Los cultivares foráneos VN85-1089, B00797 y BR97-200 presentaron características agronómicas superiores a los testigos C1051-73 y C86-12.
- Se determinaron características similares a los testigos evaluados en los cultivares B961227, D89-211, PR86-2027 y V64-16.
- Los valores de brix de los cultivares BJ87-83, BR95-16, CC93-7513, CG96-59, CP92-1641, Mex83-416, Mex84-397 y LTMex96-10 fueron similares o superiores a los del testigo.

RECOMENDASIONES

- Evaluar en experimentos multiambientales y en pruebas de resistencia a enfermedades, los cultivares foráneos seleccionados en este estudio para determinar su posible uso en la producción comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Jorge, H.; Bernal, N.A.; Jorge, Ibis; Mesa, J.M. y Gonzáles, P.: Selección, Capítulo 6. En: Jorge, H.; Jorge, Ibis; Mesa, J.M. y Bernal, N.A. (Eds.), Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba, 2da Ed., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2011: 147-198. ISSN 1028-6527.
- Jorge, Ibis; Mesa, J.M.; Santana, I.; Nodarse, Odalis; García, H. y Jorge H.: Variedades y semillas, Capítulo 4. En: Pérez, H.I.; Santana, I. y Rodríguez, I. (Eds.), Manejo sostenible de Tierras, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2013: 57-79. ISBN: 978-959-300-051-2.
- Mesa, J.M.; González, R.; Santana, I.; Jorge, Ibis; García, H. y Jorge, H.: Variedades y semillas, Capítulo 2. En: Santana, I.; González, Maribel; Guillén, S. y Crespo, R. (Eds.), Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2014: 29-61. ISBN: 978-959-300-036-9.

MODIFICACIONES DE LA TÉCNICA DE SOLUCIÓN PARA CRUZAMIENTOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

IMPROVEMENT OF SOLUTION TECHNIQUE FOR SUGARCANE CROSSING IN CUBA

Víctor Caraballoso[1], Evelio Concepción [2], Marlene Quintanilla[3], Héctor García[4] y José Mesa[5]

[1]INICA, Correo: victor.caraballoso@inicass.azcuba.cu

RESUMEN

La obtención de nuevos cultivares, más eficientes y productivos sustentan la industria azucarera cubana a través de programas de mejoramiento genético. El trabajo se realizó con el objetivo de modificar la técnica de solución nutritiva que se emplea en los cruzamientos de la caña de azúcar en Cuba. Se partió de la comparación de la solución nutritiva usada en Cuba con la de otros países, la colocación de un margullo al tallo femenino antes de montar el cruce y la comparación entre la antigua y nuevas técnicas de cruzamiento. Se concluyó que la solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba, pero los mejores avances se lograron con la adición de un margullo al colocar el tallo de la flor femenina en la solución, la que triplicó la producción de posturas de la variante sin margullo.
Palabras claves: caña de azúcar, mejoramiento genético, cruzamientos, soluciones.

ABSTRACT

The obtaining of new more efficient and more productive varieties sustains the Cuban sugar industry through programs of genetic improvement. The work was carried out with the objective of modifying the nutritious solution technique that is used under sugarcane crossing in Cuba. This article beginning to comparison the nutritious solution used in Cuba with that of other countries, the addition of a marcotting in feminine stalk before crossing and the comparison among the old and new crossing techniques. The concluded that the nutritious solution handled in Australia was better than the one used in Cuba, but the best advances were achieved with the addition from a marcotting when mounting the stalk of the feminine flower, the one that triplicated the production of seedling of the previous variant.
Key words: sugarcane, breeding, crossing, nutritious solution

INTRODUCCIÓN

La industria azucarera cubana realiza un profundo proceso de reestructuración, cuyo objetivo central es la eficiencia económica, sobre la base de: elevación de los rendimientos en la producción agrícola, estas metas están sustentadas en la obtención de nuevos cultivares más eficientes y productivos a través de programas de mejoramiento genético, sobre el criterio de que éstos pueden ser responsables de al menos un 50% de los incrementos de producción agrícola y de azúcar (Matsuoka y otros, 1995). Para ello, se necesita hacer uso de una más amplia variabilidad genética, que en el banco de germoplasma de Cuba es suficiente, pero con un nivel de explotación muy bajo, principalmente de las formas originales y géneros afines (Caraballoso y otros, 2012). La mejor técnica de cruzamiento para cumplir con estos objetivos es la de solución, descubierta en Hawái en los años 20 del pasado siglo (Heinz, 1987).

Esta tecnología, muy valiosa por la alta variabilidad genética que permite manejar, al incrementar el número de progenitores y cruzamientos, se incorpora al centro de cruzamientos de Sancti Spíritus en 1998, y se utiliza durante cuatro años sucesivos, con baja producción de posturas, algo que la hacía inefectiva.

Es objetivo del presente trabajo, modificar la técnica de solución nutritiva que se utiliza en los cruzamientos de la caña de azúcar, para que permita aprovechar sus bondades e incrementar la producción de posturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Hibridación de la Caña de Azúcar ubicado en Sancti Spíritus, para ello se utilizaron los datos de cruces con la técnica de solución, empleados en el período de 1999 a 2004 y otros cruces con el único fin de probar modificaciones para ésta técnica.

Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

El sustento de los tallos florecidos en los cruzamientos de caña de azúcar de Cuba, empleando la técnica de solución, está compuesto a base de los ácidos fosfórico, nítrico y sulfúrico, similar a las utilizadas en otros países (Heinz, 1987). El trabajo partió de comparar la solución nutritiva empleada por el Centro de Hibridación de Cuba, con las utilizadas en Australia y Mauricio, dos países líderes en el mejoramiento genético de la caña de azúcar, las que en el momento de iniciar este trabajo se desconocía el grado de similitud entre ellas.

En la comparación entre las soluciones se emplearon los cálculos que aparecen en Quintanilla (2012) para llegar a los resultados que se reflejan en la tabla I.

Tabla I Concentraciones de la solución nutritiva, por países, según portadores.

Países	Portadores (ppm)		
	Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	Ácido nítrico (HNO_3)	Ácido fosfórico (H_3PO_4)
Cuba	51	25	24
Australia	37.5	37.5	78
Mauricio	25	25	50

Con toda la información de las concentraciones, se montaron cinco cruces, con cuatro réplicas, cada cruce fue repetido para las soluciones nutritivas utilizadas por los países mencionados: Cuba, Australia y Mauricio. De cada cruce se obtuvo la producción de posturas de 1g de la semilla, germinada en condiciones controladas (Jorge y otros, 2011), para la comparación se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial y los valores medios se compararon con una prueba de Tukey. Esto serviría de base para nuevos estudios.

Modificación de la tecnología de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba

El mejor resultado con las soluciones, obtenido del acápite anterior se comparó con la ubicación de un margullo en la parte central del tallo femenino, al momento de montar el cruce, para ello se empleó un nailon, que cubría tres entrenudos, el que fue atado en la parte inferior y llenado con una mezcla de suelo más materia orgánica, en proporción 2:1.

Para ello se montaron trece nuevos cruces, con cuatro réplicas, los que se cosecharon y compararon según la producción de posturas, el análisis estadístico realizado fue el mismo que en el caso anterior.

Resultados históricos de las dos variantes de técnica de solución nutritiva

La mejor variante con las modificaciones de los acápites anteriores fue analizada para la variable de posturas/g de semilla y de posturas por cruce. Al final se hacen comparaciones y valoraciones de la variante de solución nutritiva más útil en el contexto actual de modificaciones de manejo de la floración en Cuba, con la finalidad de hacer más eficiente el programa de mejora del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

Al comparar las medias para la interacción (cruce x solución), la concentración empleada en Australia reportó mayor cantidad de posturas/g en cuatro de los cinco cruces seleccionados (Tabla II).

Tabla II. Promedio de posturas/g de las soluciones nutritivas utilizadas en los países estudiados.

Cruce	Países			Promedio
	Australia	Mauricio	Cuba	
B6368 x PC	4d	1d	1d	2c
C90-501 x PC	85a	65b	41c	64a
My54129 x PC	26c	4d	9d	13b
CP70-1133 x PC	31c	15d	8d	18b
L60-25 x PC	30c	7d	14d	17b
Promedio	29a	15b	12b	19

Valores de la interacción ≤ 15 (MDS) no hay diferencia para 0.05.

El único cruce donde no se detectó diferencia fue el de valores más bajos de la variable, mientras que el de valores más altos diferenció bien las tres variantes de soluciones analizadas, lo que corrobora el alto efecto que tiene el cruce en la variación total.

Modificación de la técnica de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba

A pesar de que se incrementó la producción de posturas con la concentración de la solución empleada en Australia, esta resultaba todavía baja, otra variante que se probó alcanzó mejores resultados que fue la que incluía un margullo al momento de ubicar el tallo femenino en el cruzamiento.

En ninguno de los cruces la ausencia del margullo logró valores significativos superiores a su empleo, pues en seis cruzamientos (Tabla III), la mayor producción de posturas se obtuvo con la variante de la solución nutritiva con margullo, para el resto no hubo diferencias significativas.

Tabla III. Promedio de las posturas/g en cruces con dos técnicas de solución.

Cruces	Técnica de solución	
	Sin margullo	Con margullo
B45181 x PC	6e	48c
C147-76 x PC	8e	31d
C229-84 x PC	21de	63bc
C88-553 x PC	7e	111a
C90-501 x PC	55c	100a
CP72-356 x PC	29d	72b
Promedio	21b	71a

Valores de la interacción ≤ 15 (MDS) no hay diferencia para 0.05 de probabilidad.

Las diferencias entre las técnicas de solución, pudieran deberse a que al enraizar el tallo dentro del margullo, estas raíces nutren a la planta y asumen el suministro de alimentos de la solución, algo que se hace crítico en las etapas finales del cruce, al perder su capacidad de absorción.

No se conocen reportes por ningún país, de esta variante de empleo del margullo y la solución nutritiva lo que hace este resultado muy novedoso, además aporta grandes perspectivas para su uso con fines de obtener nuevas y mejores variedades debidos al mayor uso de la variabilidad genética y mayor calidad del cruce al poder seleccionar la mejor flor en el campo.

Resultados históricos de las dos variantes de técnica de solución nutritiva

Al analizar los resultados de cuatro años evaluados se observa una marcada diferencia, la que como promedio es tres veces superior para la solución con margullo (Tabla IV).

Tabla IV. Producción de posturas de las dos técnicas de solución, según datos históricos.

Indicador	Solución sin Margullo	Solución con Margullo
Cruces (No.)	917	857
Total posturas	198 824	813 379
Posturas/cruce	232	887
Posturas/g	13	39

De no haberse encontrado esta variante no se pudiera aplicar con tanto éxito la estrategia para el manejo de la floración recomendada por Caraballoso (2012), debido a la baja producción de posturas de la técnica de solución, única que puede servir para lograr una buena sincronización de la floración.
Los cultivares actuales son híbridos interespecíficos donde domina la aneuploidía y la complejidad de su genoma con una gran cantidad de cromosomas homólogos (Moore y Botha, 2014), los resultados de este trabajo son una contribución a la incorporación de mayor variabilidad genética al mejoramiento del cultivo y permitirá incorporar cultivares más productivos que ayuden a la recuperación de la industria azucarera cubana, en un contexto donde el cambio climático tiene un alto impacto sobre la flor (Caraballoso y otros, 2013).

CONCLUSIONES

- La solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba al aumentar la producción de posturas en cruces montados en solución.
- La modificación de la técnica de cruces en solución, con el uso de un margullo, logró triplicar la producción de posturas respecto a la sin margullo.

REFERENCIAS

- Caraballoso, V. (2012), Propuesta de estrategia para incrementar la explotación de los recursos fitogenéticos en el mejoramiento de la caña de azúcar (*Saccharum*spp.) mediante el manejo de la floración. Tesis de Doctorado. La Habana: Universidad Agraria de La Habana. pp. 50-94.
- Caraballoso, V; Jorge, H; García, H; González, A; Bernal, N; Céspedes, A; Rodríguez, R; Puchades, Y; Arencibia, A. (2012), Management Flowering Ability to Increase Efficiency in the Sugarcane Breeding Program. Sugar Tech. Vol. 35 enero. pp. 4-6.
- Caraballoso, V; García, H; Jorge, H ; García, M. (2013), Posibles impactos del cambio climático sobre la floración de la caña de azúcar (*Saccharum*s pp.) en la región central de Cuba. Centro Azúcar. Vol. 40. Sept-Dic. pp. 4-6.
- Heinz, D.J. (Ed.) (1987), Sugarcane improvement through breeding. Elsevier, Amsterdam: pp. 313-340.
- Matsuoka, S; Arizono H; Bassinello, A. I; A; Gheller C. A; Hoffmann, H. P; Masuda, Y. (1995), Variedades superprecoces da cana-de-acúcar. Acool & Acúcar. Vol. 78 (1): 22-30.
- Moore, P.H; Botha, F. C. (2014), Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology. John Wiley and Sons, Inc. USA. pp. 35-95.
- Quintanilla, M. (2012), Perfeccionamiento de la tecnología de solución para el manejo de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Centro Nacional de Hibridación. Trabajo de diploma de ingeniería en procesos agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus. pp. 22-24.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL DFTU EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DE SEMILLA DE LA CAÑA DE AZÚCAR, SOBRE SUELO FERRALSOL

STUDY OF THE INFLUENCE OF DFTU IN AGRICULTURAL PERFORMANCE OF SUGAR SEED ON SOIL Ferralsol

Mayrelys Mesa Jardín[1], Laura A. Lamí Izquierdo[1], Rafael Zuaznabar [2], Yanay Martínez Pérez[1], Mercedes Díaz Lusbet[1], Javier Delgado[2], Alberto González Marrero [2], Yusnel Cutiño[2], Arelis Rodríguez[2] y Rosa Mejías[2].

[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Vía Blanca 808 y Carretera Central, La Habana, Cuba.
mayrelys.mesa@icidca.azcuba.cu
[2]Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).

Resumen

La urea es un fertilizante muy empleado en la agricultura, pero tiene como inconvenientes su gran solubilidad en agua y alta sublimación, los que provocan pérdidas e incrementan los costos en su empleo. Convertirla en un derivado de liberación lenta contribuirá a disminuir los mencionados efectos negativos. En investigaciones anteriores (IMRE), quedó esclarecido que la condensación de la urea y el furfural origina un compuesto de estructura definida, la difurfuriliden triurea (DFTU), independientemente de la composición de la mezcla reaccionante. Este compuesto se ha aplicado con buenos resultados en tres cultivos (frijol negro, maíz y arroz) comparándose su efectividad, en todos los casos, con el empleo de la urea simple. En el presente trabajo se realizó un estudio de la DFTU aplicada en semillas de caña, para mejorar la calidad de esta última. El DFTU no es contaminante del suelo ni del medio ambiente y puede ser aplicado en el momento de la siembra sin ocasionar daños a la semilla, lo cual representa una ventaja adicional en cuanto a protección inicial de las plántulas. La aplicación del polímero de liberación lenta DFTU mantuvo una tendencia al incremento de los componentes del rendimiento agrícola: la altura y el diámetro de los tallos, que pueden incidir en el resultado final de cosecha.

Palabras claves: DFTU, liberación controlada.

Abstract

Urea is a widely used fertilizer, but has the disadvantages of its high solubility in water and high sublimation, which cause losses and increase in costs. Converting it into a slow release derivative, will contribute to reduce these negative effects. In previous research (IMRE) was enlightened established that condensation of urea and furfural originates a compound of defined structure, the difurfuriliden triurea (DFTU), regardless of the reaction mixture composition. This compound has been applied successfully in three crops (black beans, corn and rice**)** being compared its effectiveness, in all cases**,** with the use of simple urea. This paper presents a study of DFTU applied in seed cane to improve its quality. This product does not contaminate the soil or the environment and can be applied at the time of sowing without damage to the seed, which represents an additional advantage in terms of initial protection of seedlings. The application of slow release polymer DFTU maintained a trend to increase agricultural yield components: height and diameter of stems that can influence in the outcome of the harvest.

Keywords: DFTU, controlled release.

Introducción

La producción y empleo de semilla de alta calidad, juega un papel determinante en el desarrollo y perfeccionamiento integral de la agricultura cañera, lo cual constituye un paso tecnológico decisivo en la obtención de altos rendimientos agrícolas y azucareros por unidad de área cultivada.

Como resultado del mejoramiento Fitotécnico de la Semilla, proceso riguroso de selección y atenciones culturales durante todo su ciclo de desarrollo, la semilla recibe una clasificación en correspondencia con los requisitos que reúna y que exigen los indicadores de calidad establecidos. Se persigue, asimismo, incrementar los rendimientos del cultivo por unidad de área, eliminar o reducir las resiembras, eliminar el empleo de las plantaciones comerciales como semilla e incrementar las poblaciones de los campos cultivados.

Debido a la importancia que se concede a la producción de semilla en el cultivo de la caña de azúcar se estableció un ensayo para evaluar la eficiencia del polímero difurfuriliden triurea (DFTU) sobre suelo Ferralsol en condiciones de riego, en comparación con la aplicación tradicional de urea según el Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas de AZCUBA.

Materiales y métodos

Síntesis del polímero DFTU

Se pesaron 14.4 kg de urea previamente molida en un reactor de 30 L, forrado en su interior con nylon. Se le añadieron, poco a poco con agitación, 10 L de furfural previamente destilado. Se dejó reposar a la luz del sol por un mes, controlando la temperatura con un termómetro infrarrojo. El producto obtenido se molió en un molino de martillo. Se obtuvieron 20 kg del producto, para un 83 % de rendimiento.

Para la evaluación del polímero se estableció un ensayo en la ETICA Mayabeque-Artemisa del Municipio de Quivicán con la variedad de caña de azúcar SP 70-1218 y las aplicaciones del DFTU se realizaron en el momento de la siembra, manualmente, en el fondo del surco.

Los tratamientos evaluados se muestran en la tabla I.

Tabla I: Tratamiento evaluados.

TRATAMIENTOS	**DOSIS (Kg/ha)**	**APLICACIÓN**
TESTIGO	80	EN SIEMBRA
POLÍMERO	80	EN SIEMBRA
POLÍMERO	50	EN SIEMBRA

Se utilizó un Diseño Muestral en Franjas con cuatro estaciones de muestreo compuestas de cuatro surcos de 7,5 m de largo separados a 1,40 m, para un área de cálculo de parcela de 42 m^2, realizándose las siguientes mediciones;

- Altura de tallos (m)
- Diámetro de tallos (cm)
- Número de tallos por metro lineal
- Rendimiento agrícola (t/ha)

Los resultados de las mediciones y determinaciones fueron sometidos a Análisis de Varianza y cuando hubo diferencias entre las medias, se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % del error.

Las labores culturales se realizaron según las recomendaciones del INSTRUCTIVO TÉCNICO para la PRODUCCIÓN y CULTIVO de la Caña de AZÚCAR (2007), manteniendo libre de malezas la plantación durante todo el desarrollo del ensayo.

Resultados y Discusión

Las mediciones realizadas a los seis meses de la plantación, se describen en la tabla II donde se aprecia que el tratamiento del polímero con la dosis mayor alcanza los valores absolutos superiores en las variables de altura y diámetro de tallos, en comparación con los demás tratamientos en estudio, mientras que el número de tallos por metro resultó muy similar entre todos los tratamientos en estudio.

Tabla II: Mediciones realizadas a los seis meses de la plantación.

TRATAMIENTOS	**DIAMETRO**	**ALTURA**	**TALLOS/M**
TESTIGO (80 Kg/ha urea)	1.93[a]	1.71[a]	11.6[a]
POLIMERO (80 Kg/ha)	2.01[a]	1.83[a]	11.[7a]
POLIMERO (50 Kg/ha)	1.95[a]	1.73[a]	11.2[a]

Al respecto Pérez (1982) en las plantaciones de frío (sembradas entre julio-diciembre) planteó que responden ligeramente a las aplicaciones de N, independientemente del tipo de suelo, con dosificaciones comprendidas entre 40 y 75 kg/ha de N.

Por otra parte Quintero (1993, 1997) en Colombia, con el empleo de dosis entre 40 y 120 kg/ha de N en caña planta, encontró respuesta a las aplicaciones de este elemento en dependencia del contenido de materia orgánica del suelo. En los retoños, las dosis requeridas estuvieron entre 75 y 175 kg/ha y las respuestas a las aplicaciones estuvieron relacionadas con factores del cultivo como número de cortes, edad del cultivo y variedad y de las características del suelo como el contenido de materia orgánica, drenaje, profundidad del nivel freático y textura.

El N es el nutriente que más influye en el rendimiento agrícola y el más utilizado en la caña de azúcar. Según Cuéllar et al. (2003), como promedio se emplean entre 1,0 y 1,5 kg de N para la producción de 1 Mg de caña.

En la actualidad, se prefiere prescindir de las aplicaciones de N en planta debido a la baja frecuencia con que se observan respuesta a éstas, excepto en los casos donde se observe en el suelo hidromorfía o compactación manifiesta, o en suelos arenosos (INICA 1999).

No obstante, las plantaciones de semilla deben tener un tratamiento diferenciado por lo que la aplicación de N en este caso se justifica y además se aprecia que con la aplicación del DFTU de liberación lenta hay una tendencia al incremento del rendimiento agrícola del cultivo que se manifiesta con el aumento en la longitud y diámetro del tallo .Además, con el empleo del polímero no es necesario realizar una segunda aplicación antes de la cosecha y solo se emplea el 60 % de la urea que se utiliza en el tratamiento convencional de esta fuente de N.

Conclusiones

La aplicación del polímero de liberación lenta DFTU mantuvo una tendencia al incremento de los componentes del rendimiento agrícola: altura y diámetro de tallos, que pueden incidir en el resultado final de cosecha.

Recomendaciones

Evaluar experimentalmente la eficacia del polímero de liberación lenta DFTU en otras condiciones edafoclimáticas del país, en áreas de semilla.

Establecer estudios extensivos del polímero de liberación lenta DFTU sobre suelo Ferralsol en condiciones controladas.

Bibliografía

1. Cuéllar, I.; M. de León; A. Gómez; D. Piñón; R. Villegas e I. Santana. (2003). Caña de azúcar, Paradigma de sostenibilidad. La Habana. Editorial Publinica, pp. 87-94.
2. INICA (1999). Compendio de elementos básicos de suelo y manejo de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Pág. 133-219.
3. Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar (2007). Dirección de producción de caña. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 146 p.
4. Pérez. H. (1982). Fertilización nitrogenada de la caña de azúcar. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA 1982. 132 pp.
5. Quintero, R. (1993). Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica No. 14.
6. Quintero, R. (1997). Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica No. 21.

RESPUESTA DE LAS ARVENSES FRENTE A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS EN UNA LOCALIDAD DE LA PROVINCIA GUANTÁNAMO

ANSWER OF THE ARVENSES IN FRONT OF DIFFERENT TREATMENTS OF HERBICIDES IN A TOWN OF THE COUNTY GUANTANAMO

Marta Barrera[(1)], Agustín Cobas[(1)], Leonides Peña[(1)], Juan Terrero [(2)], Gerardo Cervera[(1)].

[(1)]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas Guantánamo. Km ½ Carretera a El Salvador. Montesano.
Email: marta.bf@inica.gm.azcuba.cu
[(2)]Especialista de CIM, UEB Atención a Productores, Empresa Azucarera Guantánamo.

Resumen

La competencia activa de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar incide en la disminución de los rendimientos. La Cooperativa de Producción Agropecuaria "Jesús Menéndez" compromete sus producciones para mejorar la economía de sus productores y la de su familia, pero las incidencias de **arvenses** dificultan tales metas. Se realiza un estudio para evaluar diferentes mezclas de herbicidas para minimizar los niveles de enyerbamiento. Todos los tratamientos mostraron un buen **control** sobre las malezas monocotiledóneas desde los 30 días y **selectividad** al cultivo frente a la variedad C1051-73; la repuesta de las arvenses fue superior frente al tratamiento Indaziflam+Ametrina al logra controlar mayor número de especies. El tratamiento estándar formulado (Diuron + Hexazinona) resultó ser el más económico al presentar menor relación costo por días limpios.
Palabras claves. Arvenses, selectividad y control.

Summary

The active competition of the overgrowths in the cultivation of the cane of sugar impacts in the decrease of the yields. The Cooperative of Agricultural Production "Jesus Menéndez" it commits their productions to improve the economy of their producers and that of their family, but the arvenses incidences hinder such goals. He/she is carried out a study to evaluate different mixtures of herbicides to minimize the enyerbamiento levels. All the treatments showed a good control on the overgrowths monocotyledonous from the 30 days and selectivity to the cultivation in front of the variety C1051-73; the one restored of the arvenses it was superior in front of the treatment Indaziflam+Ametrina to the one is able to control bigger number of species. The formulated standard treatment (Diuron + Hexazinona) it turned out to be the most economic when presenting smaller relationship cost for clean days.
Key words. Arvenses, selectivity and control.

Introducción

La caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) ocupa un lugar importante en la agricultura mundial, pero las pérdidas causadas anualmente por las arvenses hace cada día más urgente la necesidad de perfeccionar los métodos de control, ya que las mismas pueden disminuir los rendimientos cañeros hasta un 70% (1). El control de malezas es una necesidad del hombre desde que comenzó a cultivar especies de plantas para su alimentación y este ha evolucionado a la par de los descubrimientos científicos, ante la necesidad de disminuir las pérdidas ocasionadas y así su control ha cambiado a partir de los adelantos de la ciencia y la técnica (2)

La Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "Jesús Menéndez" de la provincia Guantánamo, es una unidad que trabaja para mantener los resultados productivos en lugares cimeros por tales razones realiza cuantiosos esfuerzos en las labores de atención a la caña en el momento oportuno sin menospreciar las especies invasoras que compiten con el cultivo, por tanto se necesita aplicar nuevos tratamientos de herbicidas para el control en etapa de post-preemergencia temprana de malezas y evitar que las plantas se diseminen y se establezcan en el área. Para el estudio nos trazamos los siguientes objetivos**.**

1. Evaluar la respuesta de las arvenses frente a diferentes tratamientos de herbicidas en la CPA "Jesús Menéndez" y la tolerancia al cultivo de la caña de azúcar.
2. Determinar la factibilidad económica de los tratamientos aplicados.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en la Empresa Azucarera "Argeo Martínez" de la provincia de Guantánamo en el bloque 64, campo 1 de la Cooperativa de Producción Agropecuaria "Jesús Menéndez", en suelos Sialitizados cálcicos, entre los meses Septiembre-Diciembre del 2011, en cepa de caña nueva a los 24 días después de plantadas (ddp) sobre la variedad C1051-73. Las precipitaciones fueron de 310.2 mm en 16 días de lluvias, contabilizadas en el pluviómetro de la localidad de San José.

Se emplearon cuatro tratamientos con tres réplicas según como se muestra en la tabla I, utilizando el diseño experimental Zade (3)

Los tratamientos (tabla I) se aplicaron en etapa de post-preemergencia (5-10 cm) sobre diversas especies de malezas y del cultivo, en condiciones húmedas, con mochila Matabi de 16 L y boquillas Flood-jet con una solución final de 200L/ha.

Tabla I.- Descripción de los tratamientos.

No.	*Tratamientos*	*Dosis (g ó ml/ha)*
T_1	Testigo absoluto	-
T_2	Indaziflam + Ametrina	250 + 2000
T_3	Isoxaflutol + Hexazinona	120 + 2000
T_4	Diuron + Hexazinona (estándar)	3500

Los chequeos se realizaron a los 30, 60, y 90 días después de la aplicación (dda), utilizando la evaluación de porcentaje de cobertura de las malezas (4) y la escala EWRS de 9 grados (5) para la tolerancia al cultivo.

Se realizó el análisis estadístico por el paquete STATISTICA 6.1, con un análisis de varianza y la comparación de medias a través de la prueba de rangos múltiples Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

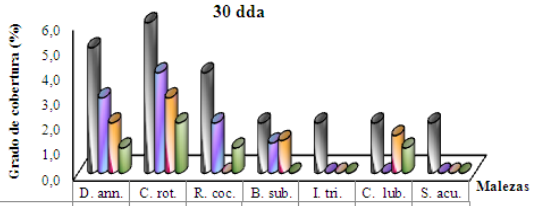
La tabla II muestra la lista florística de arvenses que se encontraba en la unidad representadas por monocotiledóneas con un 57.2% de malezas (M) y 42.8% dicotiledóneas (D).

Tabla II.- Lista florística de arvenses predominantes en el área.

No.	*Nombre científico*	*Nombre común*	*Clase*
1	*Dichanthium annulatum* (Forsk.)	Jiribilla-pitilla	M
2	*Cyperus rotundus* L.	Cebolleta	M
3	*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton	Zancaraña	M
4	*Brachiaria subquadriparia* (Trin.) Hitchc.	Pasto Prieto	M
5	*Ipomea trifida* (Kunth)	Bejuco aguinaldo	D
6	*Croton lubatus* L.	Frailecillo cimarrón	D
7	*Sida acuta* Burm. f.	Malva de caballo	D

La figura 1 muestra las evaluaciones realizadas a los 30, 60 y 90 dda y la respuesta de las arvenses frente a los diferentes tratamientos.

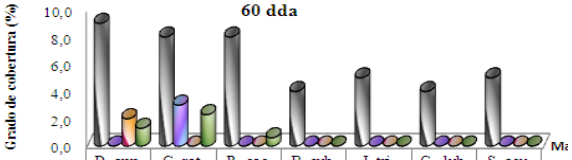
Los resultados presentados por el equipo Bayer (6) sobre el estudio del herbicida Indaziflam frente a las malezas explican que presenta un control efectivo sobre malezas dicotiledóneas a los pocos días de aplicado el producto cuando se emplea solo o mezclado, además muestra un excelente y amplio espectro de control de arvenses en etapa de preemergencia cuando provienen de semillas.



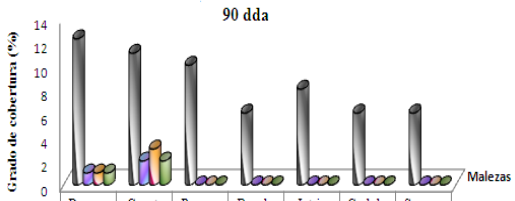
	D. ann.	C. rot.	R. coc.	B. sub.	I. tri.	C. lub.	S. acu.
Testigo absoluto	5,0	6,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Indaziflam + Ametrina	3,0	4,0	2,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Isoxaflutol + Hexazinona	2,0	3,0	0,0	1,3	0,0	1,5	0,0
Diuron + Hexazinona (estándar)	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0

A los 30 dda, se observó un control total de las malezas dicotiledóneas *Ipomea trifida* y *Sida acuta* frente a todos los tratamientos, mientras que para las monocotiledóneas fue más efectivo el tratamiento formulado de Diuron + Hexazinona (estándar) que disminuyeron los porcentajes de cobertura llegando a la desaparición de la *Brachiaria subquadriparia*, mientras que el testigo sin tratar permaneció inalterable.

En las evaluaciones a los 60 dda, las arvenses mostraron similar respuesta frente a los tratamentos Indaziflam + Ametrina e Isoxaflutol + Cometa al eliminar completamente 6 especies de las 7 presentes. Los valores del testigo absoluto fueron superiores respecto a la evaluación anterior.



	D. ann.	C. rot.	R. coc.	B. sub.	I. tri.	C. lub.	S. acu.
Testigo absoluto	9,0	8,0	8,0	4,0	5,0	4,0	5,0
Indaziflam + Ametrina	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Isoxaflutol + Hexazinona	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diuron + Hexazinona (estándar)	1,3	2,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0



	D. ann.	C. rot.	R. coc.	B. sub.	I. tri.	C. lub.	S. acu.
Testigo absoluto	12,2	11,0	10,0	6,0	8,0	6,0	6,0
Indaziflam + Ametrina	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Isoxaflutol + Hexazinona	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diuron + Hexazinona (estándar)	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Los tratamientos a los 90 dda controlaron totalmente a las arvenses *Brachiaria subquadriparia* y *Rottboellia cochinchinensis*. El resultado de los tratamientos frente a *Dichanthium annulatum* fue similar grado 1 pero sin llegar a la desaparición total de la maleza. Los diferentes tratamientos mostraron un control parcial sobre la maleza establecida *Cyperus rotundus* disminuyendo su porcentaje de cobertura.

Figura 1.- Respuesta de las arvenses frente a los tratamientos a los 30, 60 y 90 dda.

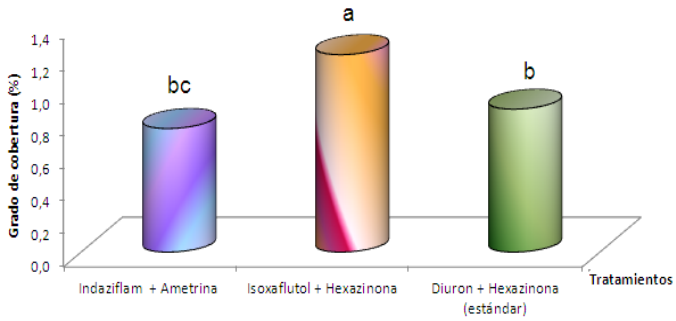
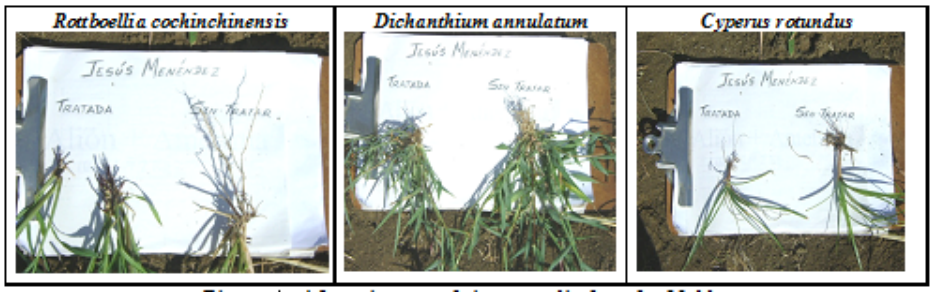


Figura 2.- Relación arvenses-tratamientos.

La figura 2 muestra la relación entre la respuesta de las arvenses y los diferentes tratamientos empleados se muestra en la figura 3; donde se observa que el tratamiento de Isoxaflutol + Hexazinona el que superó significativamente al resto de los tratamientos por lo que el grado de cobertura de malezas es mayor, sin embargo, no existe diferencia entre los tratamientos Diuron + Hexazinona y Indaziflam + Ametrina, lo que se corresponde con el menor enyerbamiento.

En Camagüey, el Diuron + Hexazinona mostró fitotoxicidad de ligera a moderada en dosis superiores y realizó un control efectivo de *Rottboellia cochinchinensis, Ipomea trifida* y *Dichanthium annulatum.* (7)
Los tratamientos empleados mostraron selectividad al cultivo frente a la variedad C1051-73.
Los resultados citados por Barrera (8) señalan que el Diuron + Hexazinona ha sido eficaz en aplicaciones preemergentes y post-preemergentes temprano y tardío, en retoños con humedad y caña planta con ninguna a muy ligera fitotoxicidad en caña.



Las afectaciones en el sistema radicular fueron notables en las especies de arvenses tratadas con el tratamiento Indaziflam + Ametrina al compararla con plantas no tratadas, como muestra la figura 3.

Figura 3.- Afectaciones del sistema radicular.

Análisis económico

En los resultados económicos se muestran en la tabla III y se observa que todos los tratamientos mantienen 90 días limpios el área del experimento, sin embargo, el tratamiento estándar Diuron + Hexazinona fue el más económico por presentar menor costo por días limpios, como se muestra en la tabla III.

Tabla III.- Resultados económicos de los tratamientos.

No.	*Tratamientos*	*Dosis (g ó ml/ha)*	*Días Limpios*	*Costo (USD/ha)*	*Costo x días limpios*
T_1	***Testigo adsoluto***	-	-	-	-
T_2	***Indaziflam + Ametrina 80***	250 + 2000	90	181,78	2,01
T_3	***Isoxaflutol + Hexazinona***	120 + 2000	90	160,4	1,78
T_4	***Diuron + Hexazinona (estándar)***	3500	90	28,30	**0,31**

Conclusiones

1. Los 3 tratamientos mostraron un buen control sobre las malezas dicotiledóneas desde los 30 dda, las que se mantuvieron hasta los 90 dda y selectividad al cultivo frente a la variedad C1051-73.
2. La repuesta de las arvenses fue superior frente al tratamiento Indaziflam + Ametrina al logra controlar mayor número de especies, además de las afectaciones ocasionadas en el sistema radicular ocasionando la muerte paulatinamente.
3. El tratamiento estándar formulado (Diuron + Hexazinona) resultó ser el más económico al presentar menor relación costo por días limpios.

Recomendaciones

- Emplear los tratamientos estudiados frente a las arvenses *Dichanthium annulatum, Cyperus rotundus, Rottboellia cochinchinensis, Brachiaria subquadriparia, Sida acuta, Croton lubatus* e *Ipomea trifida.*

Bibliografía

1. Ustimenko-Bakumovski. El cultivo de plantas tropicales y subtropicales. Ed. Mir. 1982. Pág. 227-255.
2. Zuaznabar, R. Control integral de malezas en la caña de azúcar. 2012 Edición XI. Pág. 88-125.
3. Fuentes Elena Felicita y *et. al.* Experimentación Agrícola. Editorial Félix Varela. *En* Capítulo 7. Diseño experimental. (2007) pág. 144. ISBN 978-959-07-0703-2.
4. Fischer, F. 1975. Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Revista Agrícola. 8 (1): 70-80.
5. Johannes, H. y J. Schuh. 1971. Das bonitierungschema 1-9. European Weed Research Council (EWRC), Begbroke Hill, Kidlington, Oxford.
6. Bayer CropScience-AZCUBA (2011). Resultados de la aplicación de Alion en Centroamérica.
7. Fernández C y *et al.* (2011). Eficacia herbicida y tolerancia de la caña de azúcar de caña planta ante Hexaron GD 60 de Makhteshim-Agan. Departamento de Manejo agronómico. INICA.
8. Barrera Marta (2011). Evaluación de la efectividad del Alión SC 50 (indaziflan) de la firma Bayer en mezcla con Ametrina en el control de malezas y tolerancia al cultivo de la caña de azúcar. Informe de prueba de producto. Departamento de Manejo agronómico. INICA.

USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN EL CONTROL INTEGRAL DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN INTEGRAL CONTROL OF HARVENSES IN SUGARCANE

Pedro León[1], Rafael Zuaznabar[1], Rigoberto Martínez[1], Lorenzo Rodríguez[1], Ciro Fernández[1] y Manuel Pérez[1], Gilda Jimenez[1], Fálix Valladares[1]

[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera Central "Martínez Prieto" km 2½, Boyeros, Ciudad Habana, C.P. 19390, pedro@eticacm.azcuba.cu

Resumen

Se desarrolló un Sistema Automatizado de Soporte de Decisiones para el Control Integral de Malezas (CIM) en Caña de Azúcar, sobre una base técnica más eficaz, económicamente más rentable y ambientalmente más segura; y apoyar el proceso de capacitación técnica realizado por el Sistema de Extensión Agrícola. El sistema se ejecutó sobre ambiente Windows, con el empleo del lenguaje de programación Delphi 7.0, el modelo relacional de datos y la digitalización de mapas a escala 1:10000, con la incorporación de Sistemas de Información Geográfica. Este consta de tres partes fundamentales: la Base de Conocimientos, que incluye los datos de malezas, herbicidas, tratamientos, medios, productividad y costo de las labores; la recomendación de los mejores tratamientos herbicidas a aplicar para ciertas condiciones; y la Confección del Plan Anual de Labores. El mismo ha sido generalizado en las unidades de producción a todos los niveles y validado durante 8 años.
Palabras clave: sistema, recomendación, labores.

Summary

It´s be developed a System Automated of Support of Decisions for the Weeds Integral Control (WIC) in Sugar Cane, on a technical base more efficacious, economically further profitable and environmentally safer; And backing up the process of technical training accomplished by the Agriculture Extension System. The system played on environment Windows itself, with the job of the programming language Delphi 7,0,the model relational of data and the digitalization of maps to scale 1:10000, with the incorporation of Geographic Information Systems. This consists of three fundamental parts: The body of knowledge, that includes the data of undergrowths, herbicides, treatments, means, productivity and cost of works; the recommendation of the best treatments allows to herbicides to apply for certain conditions; And the Confection of the Yearly Plan of Labors. The same it has been generalized in the units of production across-the-board and validated during 8 years.
Passwords: system, recommendation, work.

Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) agrupan los elementos y las técnicas usadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones. Los usos de las TIC no paran de crecer y de extenderse. Desde la agricultura de precisión, a la monitorización global del medio ambiente planetario o de la biodiversidad, a la democracia participativa pasando por el comercio, la telemedicina, la información, la gestión de múltiples bases de datos, la bolsa, la robótica, etc. Las TIC tienden a tomar un lugar creciente en la vida humana y el funcionamiento de las sociedades.

Para lograr y mantener altos rendimientos agrícolas, se requiere de un manejo eficaz, seguro y rentable de las malezas, teniendo en cuenta las características específicas de cada campo. Los sistemas automatizados (basados en la computación) de toma de decisiones constituyen herramientas novedosas para los programas de manejo integral de malezas, con vistas a incrementar la eficiencia económica, a la vez que minimizar el riesgo ambiental [1] y [2].

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, avalado por más de 50 años de investigaciones en el manejo integral de malezas, ha estado ofreciendo desde hace algún tiempo a los productores de caña de azúcar el sistema automatizado PCMalezas para facilitar la organización y desenvolvimiento de los programas de control integral de malezas y apoyar la capacitación y extensión agrícola, con los objetivos finales de lograr un aumento de los rendimientos y realizar un control de las malezas técnicamente eficaz, económicamente rentable y ambientalmente seguro [3].

Actualmente las personas encargadas de tomar decisiones en los Grupos de Ingenios deben manejar grandes volúmenes de información de diversas fuentes por lo que se hace necesario el desarrollo de sistemas integrados por Bases de Datos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de Expertos. Cualquier información relacionada con un cultivo tiene una componente temática, una espacial y otra temporal. En Cuba, se le ha prestado la mayor atención a la componente temática, es decir, a los datos u observaciones. Es por eso que se han desarrollado los sistemas automatizados para usos específicos, entre ellos el PCMalezas, con funciones de almacenamiento, actualización y procesamiento de datos sobre las malezas, lo que ha asegurado la tenencia de bases de atributos en formato digital. La componente espacial de la información agrícola está representada para el caso del cultivo de la caña de azúcar principalmente por el Catastro Especializado y se encuentra digitalizado en los ingenios. La combinación de estas dos componentes ofrece salidas con un mayor valor de uso y atractivos, aplicando los conceptos de Agricultura de Precisión y además el uso de los SIG para ofrecer salidas por mapas.

Considerando lo anterior el presente trabajo se planteó como objetivo desarrollar, a partir de una versión ya existente, una aplicación que contribuya al manejo de malezas mediante la capacitación técnica y la elaboración de planes para su control.

Materiales y Métodos

El lenguaje de programación utilizado fue Delphi 7.0 y se usó el modelo relacional de datos para establecer la Base de Conocimientos del mismo. Se ofrece también la ayuda del sistema que contribuye a la comprensión y operación con el mismo desarrollada con Help& Manual Profesional Edition.

Para la creación de mapas en formato digital se utilizó la escala de 1:10000 que se actualizan con el sistema automatizado MapInfo Profesional v8.0. Los criterios introducidos para la utilización de este software y su actualización todos los años se aprueban por el Grupo de Expertos Nacional del Servicio de Recomendaciones de Control Integral de Malezas.

Resultados y Discusión

El programa, denominado PCMalezas es un programa para la plataforma Windows 32 bits y exige para su funcionamiento una computadora IBM o compatible con microprocesador Pentium o superior, 20 MBytes de memoria RAM y 82 MBytes de espacio disponible en disco duro, incluyendo las imágenes de cada una de las 35 especies de malezas que están presentes en la Base de Conocimientos. Para mayor facilidad en el uso del sistema se recomienda un ratón (mouse) de dos teclas, aunque no es imprescindible. PCMalezas tiene un entorno amigable que permite la interacción del usuario con los datos de una forma rápida y funcional. Con el uso de los menús y la barra de herramientas se acceden a todas las opciones del sistema. Se encuentra instalado en los 69 ingenios del país y en las 14 estaciones de la Red Experimental del INICA. Aunque el sistema utiliza todos sus módulos de conjunto, PCMalezas se puede dividir en tres fundamentales atendiendo a su funcionalidad: Base de conocimientos, Recomendación de tratamientos inmediatos de herbicidas y Confección del plan anual.

Figura 1. Pantalla principal de PCMalezas.

Base de conocimientos: Incluye los datos de malezas, herbicidas, tratamientos, medios, boquillas y productividad y costo de las labores para el control integral de malezas.
Recomendación de tratamientos inmediatos de herbicidas: Permite la recomendación a corto plazo de los mejores tratamientos herbicidas a aplicar para ciertas condiciones dadas por el usuario de forma interactiva. Se toman en cuenta las malezas predominantes y las condiciones de éstas, el cultivo y la efectividad y precio de los tratamientos. Además, de forma opcional, el sistema brinda la cantidad de cada producto a echar en el tanque de la máquina asperjadora, mochila o avión y el orden de mezclado (Figura 2).

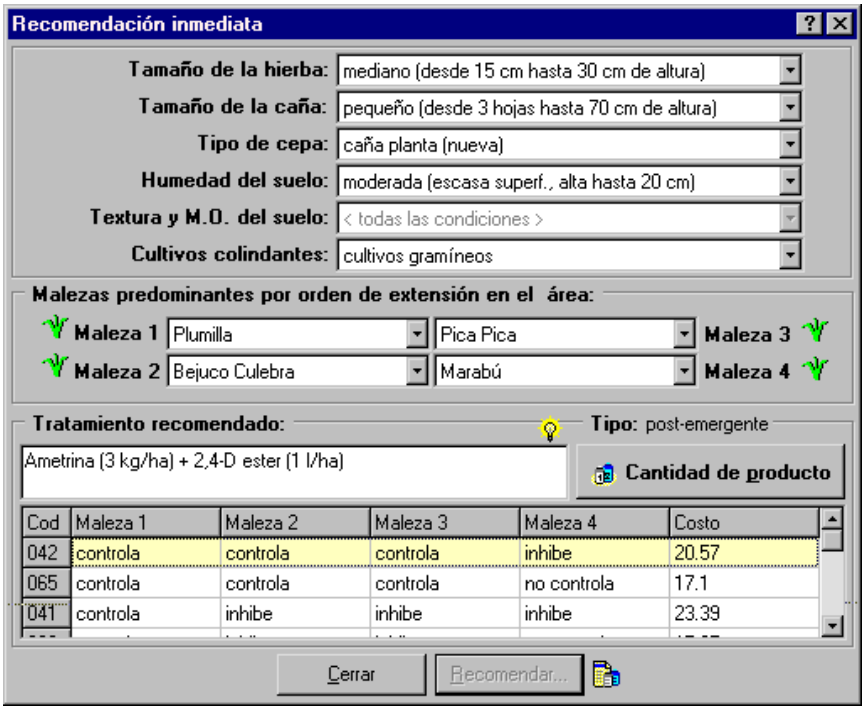


Figura 2. Pantalla Recomendación Inmediata

Confección del plan anual: Permite organizar, de forma rápida y precisa, en una unidad de producción el programa de control de malezas para un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y humanos, mediante la elaboración de un plan anual basado en los datos de los campos, las encuestas de malezas y los medios de control disponibles. El plan anual se obtiene por pantalla o impresora, este último en formato PDF. Dentro de los reportes se incorporó la creación de mapas temáticos en los que se muestran las cuatro malezas predominantes según los resultados de la encuesta de malezas (Figura 3).
También los campos que presentan colindancia con otros cultivos dicotiledóneos para los cuales el sistema le realiza una planificación de otras combinaciones de productos herbicidas que no afectan a estos cultivos. Se representan además los campos con posibilidades de aplicación aérea.

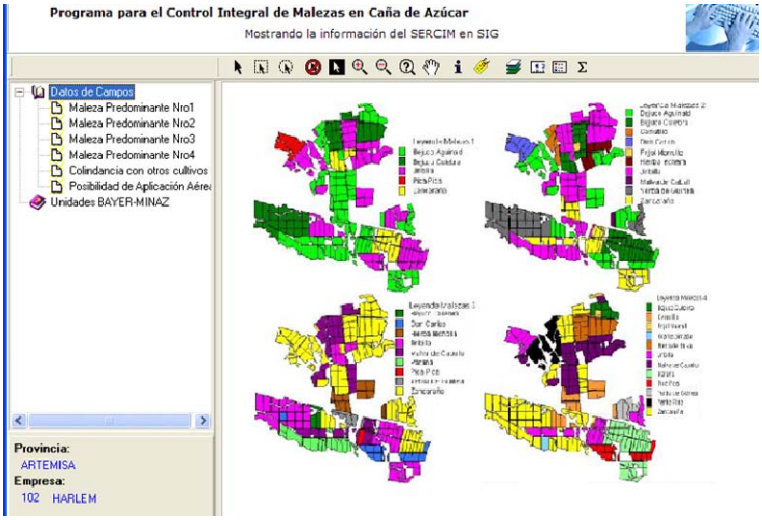


Figura 3. Pantalla de generación de mapas temáticos.

Conclusiones

La aplicación desarrollada constituye una importante herramienta para el control integral de malezas, mediante la elaboración de planes para su control, con mapas temáticos incorporados.

Referencias

[1]. Derksen D.A. *et al*. A decision support system for farmers in conservation tillage systems in western Canada. Dina Workshop on Computer Modelling in Weed Science, Copenhague, 1996, p. 15.
[2]. González Andújar J. L. Sistemas de soporte para una decisión sobre el control y manejo de malas hierbas. En Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI (R. del Prado, y J. Jorrín, editores), Universidad de Córdoba, 2000, p. 233-240, ISBN 84-7801-572-8.
[3]. Díaz J.C. *et al*. Implementation of an automated decision support system for integrated weed management in sugarcane. Proc. IV Intern. Weed Science Congress, Durban (Sudáfrica), 2004, p. 10.

APLICACIÓN DEL RESIDUO LÍQUIDO VINAZA DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA EN LAS ÁREAS AGRÍCOLAS DE LA UEB "HERIBERTO DUQUESNE". PROVINCIA VILLA CLARA

APPLICATION OF THE LIQUID RESIDUAL VINASSE OF THE SUGAR AGROINDUSTRY IN THE AGRICULTURAL AREAS OF THE UEB "HERIBERTO DUQUESNE", OF VILLA CLARA

Emma Pineda Ruiz[1], Manuel L. Vidal Díaz[1], Nelson Arzola, Pina[1], Ilia Lugo Ruiz[1], Irenaldo Fernández Denis[1], Fidel Acosta Hernández[1], Everaldo Becerra de Armas[1], Javier Rodríguez[1], Juan M. González[1], Rafael Más Martínez[1], Irenaldo Delgado Mora[1], Sergio Guillén Sosa[2], Tomás A. Pérez Guevara[3], Amado Cordero López[3], Julio Ávalos[3], Luis Cortés[1], Yohenny Llusa Ramos[4] y Roberto Díaz Pérez[4].

1-Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. ETICA CENTRO Villa Clara. Cuba.
2-Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA. Cuba.
3-Empresa Azucarera Villa Clara. Cuba.
4-Unidad Empresarial de Base "Heriberto Duquesne". Villa Clara. Cuba.
Dra. Emma Pineda Ruiz. Autopista Nacional km 246.Ranchuelo. Apdo. 20. CP 53100. Villa Clara.
mail: emma@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

Se realizó la aplicación del residuo líquido vinaza de la agroindustria azucarera en las áreas agrícolas de la UEB "Heriberto Duquesne", provincia Villa Clara, donde intervinieron un grupo de especialistas del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) y de la UEB-Atención a Productores Cañeros del mismo nombre. El objetivo del trabajo es definir los elementos técnicos fundamentales para el fertirriego con vinaza líquida pura en áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, como solución para el destino final de este residual sin afectar el medio ambiente y como complemento, aprovechar su contenido de nutrientes para beneficiar la fertilidad de sus suelos, se realiza la recomendación de la tecnología de riego de la vinaza en los campos y los elementos técnicos para su manejo y explotación; selección de las áreas a beneficiar y cálculo de las normas dosis a aplicar a nivel de campo; se define y propone un sistema de monitoreo ambiental para evaluar el efecto de las aplicaciones sobre el suelo, el agua y las plantaciones con el fin de calibrar las recomendaciones y realizar las correcciones pertinentes en caso necesario, se muestran los resultados preliminares obtenidos.
Palabras clave: caña de azúcar, vinaza, suelo.

ABSTRACT

It was carried out the application of the liquid residual vinasse of the sugar agroindustry in the agricultural areas of the UEB "Heriberto Duquesne", of Villa Clara, by a group of specialists of the Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) and of the Unidad Empresarial de Base (UEB)-Atención a Productores Cañeros of the same UEB. The objective of the work is to define the fundamental technical elements for the fertirriego with pure liquid vinasse in areas dedicated to sugarcane growing, as solution for the final destination of this residual without affecting the environment and as complement, to take advantage of its content of nutrients to benefit the fertility of its soils. It is carried out the recommendation of the technology of irrigation of the vinasse in the fields and the technical elements of its managhement and exploitation; selection of the areas to be beneficiated and calculation of the norms doses to apply at field level; it is defined and proposed a system of environmental monitoring to evaluate the effect of the applications on the soil, the water and the plantations with the purpose of adjusting the recommendations and to carry out the pertinent corrections should the need arise, the obtained preliminary results are shown.
Key word: sugarcane, soil, vinasse.

INTRODUCCIÓN

Las vinazas de destilería son los residuales de mayor agresividad y carga orgánica que genera la agroindustria de la caña de azúcar en su conjunto, los que son muy agresivos por su elevada carga orgánica que varía entre 60 000 a 150 000 mg DQO L^{-1}, (Arzola et al., 2012). La solución de esta problemática debe apoyarse fundamentalmente en medidas para la reducción del volumen y agresividad de los mostos y alternativas de aprovechamiento como: utilización en el biogás, fertirriego, recirculación de un porcentaje de vinaza a la fermentación, en la obtención de proteína celular, concentrándolo para alimento animal, entre otros.(Pineda, et al., 2011). En la UEB "Heriberto Duquesne", la solución para el aprovechamiento de la vinaza es la planta de biogás, pero cuando éste no funciona a plena capacidad es necesario por parte de la agricultura cañera asumir el riego de 150-300 m^3/día, beneficiando así el cultivo. Una correcta aplicación de este residuo líquido, logra el equilibrio que tanto se reclama y evita las indeseables contaminaciones al medio ambiente; por lo que constituye el objetivo del presente trabajo definir los elementos técnicos fundamentales para el fertirriego con vinaza líquida pura en áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, como una solución para el destino final de este residual sin afectar el medio ambiente y aprovechar su contenido de nutrientes para beneficiar la fertilidad de sus suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la base de datos generada por el SERFE, 2013, para evaluar el comportamiento del pH determinado por el método potenciométrico, así como el fósforo y potasio asimilables por el método de Oniani. El área dedicada a caña de azúcar asciende a 9 613,44 ha, donde la destilería genera 900 m^3/día, para un total anual de 216 000m^3 del residuo y una producción de alcohol en el año de más de 15 000 litros. Mediante procedimiento sencillo se calcularon las dosis de vinaza (m^3 ha^{-1}) y los m^3 del residuo por campo, así como los medios necesarios para su aplicación y características técnicas. Con el empleo del SIG MAPINFO Versión 8 se realizó la distribución espacial del contenido de potasio asimilable existente en cada campo, permitiendo identificar aquellos con necesidades de este nutriente para ser regados, así como la distribución espacial del sistema de monitoreo establecido. Se consideraron todas las Normas Cubanas establecidas para el riego de vinaza (NC 855:2011) y calidad del agua, (NC 827: 2010) y las técnicas analíticas descritas en ellas fueron las usadas para las determinaciones realizadas al agua. Por último se diseñó un sistema de monitoreo para las aplicaciones de vinaza considerando campos, perfiles y pozos controles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Atendiendo a los rangos y categorías establecidas por el SERFE, 2010; sólo el 9% del área ocupa valores inferiores a 5,0 de pH, sin limitaciones para el riego del residual en el 91% del área. En cuanto a la fertilidad fosfórica en el área evaluada 56% de la misma requiere del elemento para la fertilización de las plantaciones cañeras. Con relación a la fertilidad potásica observada, sólo el 12% del área no requiere de su aplicación, por lo que el empleo de la vinaza es factible en el resto de las áreas. Para ubicar los campos que deben ser beneficiados, se dibujaron anillos concéntricos a partir de la Planta de Biogás y espaciados por 5 km hasta 25 km, con vistas a la compactación de su uso, mediante el empleo del SIG MAPINFO. La Figura 1muestra la distribución espacial de los campos para la aplicación de vinaza.

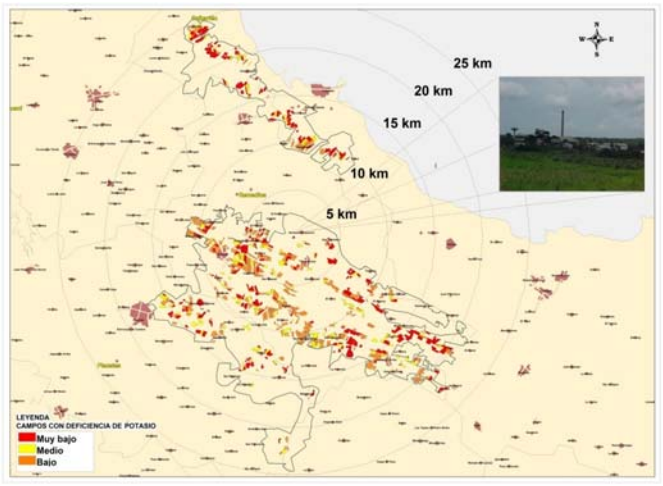


Figura 1. Distribución espacial de los campos para la aplicación de vinaza.

Una vez conocida la distribución de las áreas que requieren de la aplicación de este elemento y que pueden ser beneficiadas con la aplicación de la vinaza, se establecen 3 escenarios:
Optimista: Cuando la Planta de Biogás asimila completamente toda la vinaza producida diariamente (900 m^3); **Esperado:** Cuando se riegan entre 150-300 m^3 $día^{-1}$ por parte de la agricultura y **Pesimista:** Cuando se riegan más de 300 - 900 m^3 $día^{-1}$ a las plantaciones cañeras. De los tres escenarios, el Esperado es la variante que da respuesta a la demanda de AZCUBA, ya que en la UEB "Heriberto Duquesne" la Planta de Biogás es la solución para evitar la contaminación ambiental con dicho residuo, por eso de no poder asimilar esta planta los 900 m^3 diarios, se establece la salida hacia la agricultura de 150-300 m^3 $día^{-1}$.
Monitoreo establecido en las áreas beneficiadas con el residual: Se estableció un sistema de monitoreo que abarca el suelo, el agua y la planta, para ello se definen los campos controles donde se establecen 3 variantes: El riego de vinaza, según la dosis planificada, la aplicación de NPK, según lo recomendado por el SERFE y el Testigo que no recibe aplicación alguna. (Figura 2).

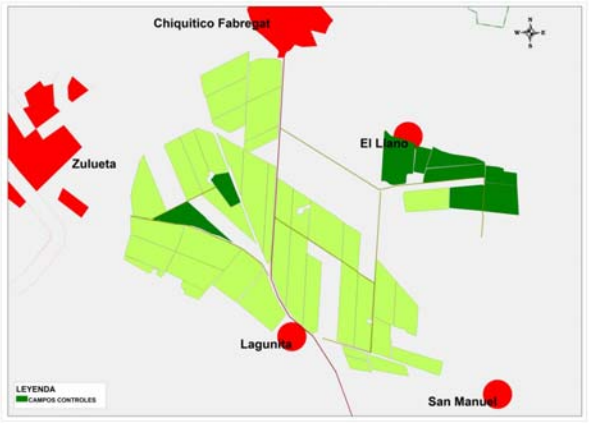


Figura 2. Distribución espacial de los campos controles

Se localizaron un grupo de perfiles de suelo pertenecientes al mapa de suelo a escala 1:25 000, diseminados por el área de riego para su posterior análisis y compararlos con los datos de épocas anteriores sin el riego del residual, como se aprecia en la Figura 3. Además de acuerdo al criterio de los compañeros de Recursos

Hidráulicos en la provincia, se estableció una red de monitoreo de pozos controles donde mensualmente se muestrean para analizar varios parámetros que informan acerca de la calidad del agua. (Figura 4).

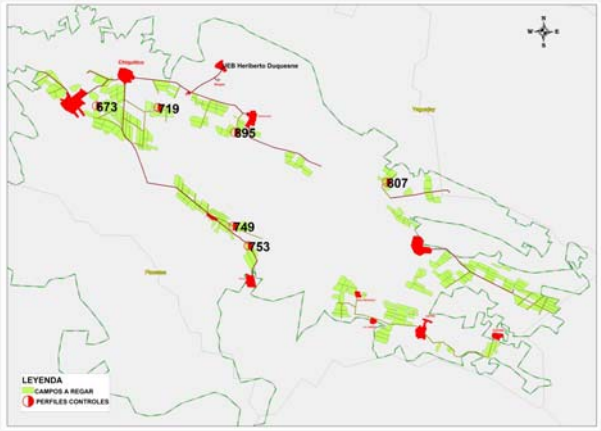


Figura 3. Distribución espacial de los perfiles controles

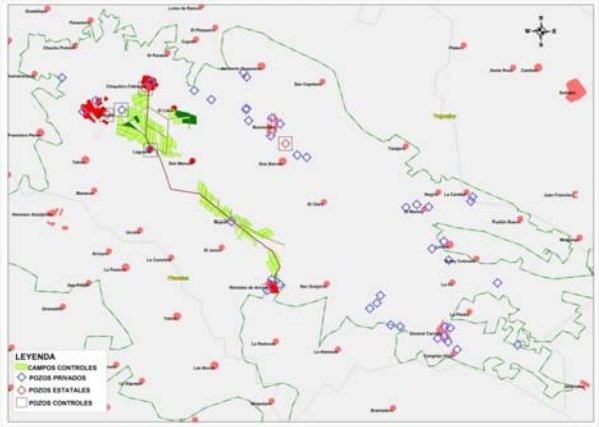


Figura 4. Distribución espacial de los pozos controles

El Cuadro I muestra los análisis de agua realizados en dos muestreos a los pozos controles (1- Pozo Cuatro Caminos Carrillo; 2-Estación de Bombeo Chiquitico; 3-Levisa Pozo Batey; 4-Acueducto Buenavista; 5-Acueducto Zulueta; 6-Pozo El Cafetal). Los resultados analíticos indican que no se han apreciado afectaciones en la calidad del agua, según los índices establecidos en la NC 827, 2010.

Cuadro I. Análisis realizados para el monitoreo de la calidad del agua

No. Pozos	pH	Conductividad ($\mu S\ cm^{-1}$)	Cl^-	CO_3^{-2}	HCO_3^-	Nitratos	DQO
			($mg\ L^{-1}$)				
MUESTREOS 1y2							
1	7,1-7,1	623-753	24,50-31,90	0-0	347-418	1,72-9,51	0,89-0,70
2	7,1-7,1	555-756	63,80-31,90	0-0	369-418	3,95-9,12	0,27-0,81
3	7,0-7,2	602-669	21,30-24,48	0-0	386-415	3,74-5,02	0,35-0,71
4	7,1-7,2	572-654	24,50-24,48	0-0	360-411	4,19-0,00	0,43-1,47
5	7,0-7,0	578-753	22,30-32,97	0-0	382-433	0,00-0,28	2,68-5,32
6	7,3-7,2	529-653	20,20-22,35	0-0	341-407	2,77-0,00	0,23-1,75

(*)Todos los parámetros fueron evaluados por la NC 827 2010: Agua potable para el consumo humano.

CONCLUSIONES

1. El grado de acidez del suelo (pH), no constituye una limitante para el riego de vinaza en el 91% del área; el 56% del área requiere de aportaciones de fósforo en el suelo, mientras que el 88% del área requiere de las aplicaciones de potasio, por lo que es factible la aplicación de vinaza.
2. El escenario Esperado es la alternativa más factible a ser empleada por la agricultura cuando la planta de biogás no pueda asimilar la producción diaria de la destilería (900 m^3).
3. Se estableció un sistema de monitoreo que abarca el suelo, el cultivo y el agua.
4. Los resultados analíticos, referentes a la calidad del agua, no sobrepasan los niveles críticos establecidos para los parámetros determinados según las NC para la calidad del agua y consumo humano.

BIBLIOGRAFIA

1- Arzola, N.; J. Rodríguez; J. González y E, Hernández, 2012. Conceptualización de los elementos técnicos esenciales para la elaboración en fase de inversión de la tarea técnica para la aplicación de residuos de la agroindustria azucarera en las áreas agrícolas de Antonio Sánchez, provincia Cienfuegos (Primera Aproximación). Informe Científico – Técnico. 36 p.

2- Oficina Nacional de Normalización, 2010. Norma Cubana Agua potable – Requisitos sanitarios. NC 827 2010. 11 p.

3- Oficina Nacional de Normalización, 2011. Norma Cubana Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados en el fertirriego de la caña de azúcar. NC 855 2010. 13 p.

4- Pineda, E.; I. Lugo; A. Cruz; F. Acosta; I. Rodríguez; E. Becerra; M. Vidal; I. Fernández; R. Álvarez; M. Reyes; M. Dueñas; Y. Chico y Y. Llusa, 2011. Esquema agrológico para la aplicación de vinaza en áreas dedicadas a caña de azúcar en Villa Clara. Memorias Congreso Internacional de las Ciencias Agropecuarias. AGROCIENCIAS. ISBN: 978-959-16-1367-7. 8p.

5- SERFE, 2010. Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la Caña de Azúcar. INICA. Folleto anual. 20 p.

6- SERFE, 2013. Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la Caña de Azúcar. INICA. Folleto anual. 22 p.

VALIDACIÓN DEL MODELO DE DINÁMICA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO ROTHC26.3 EN LAS CONDICIONES DE CUBA

VALIDATION OF SOIL ORGANIC CARBON DYNAMIC MODEL ROTHC23.6 IN CUBAN CONDITIONS

Maribel González[1], Javier Arcia[1], Mario E. de León[1], Antonio Fernández[2], R. Justiz[2], Isaías Machado[1]

[1]*Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana, Cuba.*
E-mail:maribel@inica.azcuba.cu
[2]*Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar,* Antonio Mesa, Jovellanos, Matanzas.

RESUMEN

Los datos de carbono orgánico del suelo (COS) de la capa cultivable del suelo de experimentos de campo, plantados con caña de azúcar y el rendimiento agrícola, entre 1981 y 2005, sirvieron de base para la parametrización del modelo RothC26.3 (Rothamsted Carbon Model). Los experimentos fueron conducidos en la provincia Matanzas, en suelo Ferralítico Rojo. Para inicializar el modelo, carbono orgánico total se obtuvo sumando el aporte de C de los residuos con el COS. Los valores simulados expresaron 94% de la variabilidad de los observados. Las tasas de descomposición de cada uno de los reservorios activos del modelo, fueron modificadas por las condiciones climáticas sitio específico, mientras que, la cantidad ideal de residuos para mantener el C estable en el suelo fue de 6,91 t ha^{-1}. El modelo se reveló como una herramienta útil en la predicción del C en las condiciones específicas estudiadas.
Palabras claves: carbono orgánico del suelo; residuos agrícolas; caña de azúcar; Cuba

ABSTRACT

Soil organic carbon (SOC) data of arable soil layer from field experiments, planted with sugar cane and agricultural yield from 1981 to 2005, were the basis for parameterization of RothC26.3model (Rothamsted Carbon Model). The experiments were conducted at Matanzas´ province, in a Ferralítico Rojo soil. To initialize the model, carbon from trash plus SOC were used to obtain total organic carbon. The simulated values expressed 94% of the observed variability. Decomposition rates of each active reservoir were modified by site specific weather conditions while, the ideal amount of trash to maintain stable soil C was 6,91 t ha^{-1}. The model proved to be a useful tool to predict SOC at specific studied conditions.
Kyewords: soil organic carbon; harvest residues; sugarcane; Cuba

INTRODUCCIÓN

La dinámica del carbono (C) es controlada por interacciones complejas que involucran el continuo suelo-planta-atmósfera y por tanto, interfiere en las funciones básicas del suelo que incluyen, estabilidad de los agregados, capacidad de infiltración y tasas de descomposición. Estos factores han sido incorporados a modelos de simulación y por ende, validados para una región específica y pueden ser usados para predecir los cambios futuros en el C (Coleman y col., 1997).

El modelo de dinámica de C, RothC26.3 (Coleman y Jenkinson, 1996), está basado en procesos y puede ser corrido con compartimientos conceptuales a partir de esquemas de fraccionamiento. Es un modelo de utilidad para evaluar efectos de manejo sobre la dinámica del C y ha sido usado en un amplio rango de climas (Coleman y col., 1996) y ecosistemas (Coleman y col., 1997).

La parametrización es la etapa que antecede a la aplicación de un modelo y consiste en decidir y definir los valores necesarios para adecuarlo a condiciones diferentes de las que le dieron origen, por lo que, el primer

paso es ajustarlo a las condiciones del lugar, siendo el objetivo del trabajo, validar el modelo RothC26.3 con datos de experimentos de campo plantados con caña de azúcar en un suelo Ferralítico Rojo de la provincia Matanzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios fueron conducidos en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar *Antonio Mesa*, Jovellanos, provincia Matanzas (Tabla I). Los datos de C a la profundidad de 0-20 cm, correspondientes a las parcelas testigos, junto con el rendimiento agrícola, en el período 1981-2005, sirvieron de base para inicializar el modelo.

Tabla I. Experimentos de campo, utilizados para la parametrización del modelo, ubicación, precipitaciones y temperaturas medias anuales.

Experimento	F. muestreo	COS	Rendimiento	Experimento	F. muestreo	COS	Rendimiento
		%	t ha^{-1}			%	t ha^{-1}
MnNv2	20/01/1981	2,36±0,02	106,50±1,61	MnZn-1	07/05/1995	1,20±0,04	83,53±7,37
MmKc2-2	23/04/1981	1,78±0,42	74,60±3,16	MnRo-1	28/06/1995	1,34±0,03	96,39±4,58
MmPv-3	01/06/1982	1,62±0,03	82,88±2,87	MCC1_2	18/12/1995	1,62±0,02	88,27±1,52
CaCO3e-2	09/06/1987	1,39±0,02	65,82±2,18	MnFm-2	05/05/2000	1,60±0,03	80,38±3,91
MmBn-1	07/09/1987	1,52±0,06	78,05±2,72	MmNn-14	24/01/2005	1,48±0,04	88,45±2,18
MCC1_1	05/11/1989	1,38±0,03	91,81±1,62				
Ubicación	22º48'26,4″ N	81º11'55,4″ E	**Precipitaciones**	1 400 a 1 600 mm		**Temperatura**	24,1±2,3 ºC

Partiendo de que después del corte, en el campo quedan entre 6 y 12 t ha^{-1} de masa seca (MS) (Sulroca, 2004), con un contenido de C de 50% y que el que se integra al suelo, en un año, representa 25%, se calculó el aporte de C de los residuos de cosecha, mediante la ecuación 1.

$$C_{aéreo}\ (t\ ha^{-1}) = Rendimiento \times 0{,}003875 \quad (1)$$

Dónde: $C_{aéreo}$ es el C aportado por la parte aérea del cultivo. El rendimiento agrícola en t ha^{-1} fue afectado por el factor 0,00385, de acuerdo con los factores mencionados. El C aportado por la raíz ($C_{subaéreo}$) se calculó teniendo en consideración que éste representa 22% del $C_{aéreo}$ (Sulroca, 2004).

Para el cálculo del carbono orgánico total (COT), se utilizó la ecuación (2).

$$COT\ (t\ ha^{-1}) = C_{aéreo} + C_{subaéreo} + C_{suelo} \quad (2)$$

Dónde: $C_{aéreo}$ es el C aportado por los residuos de cosecha; $C_{subaéreo}$ es el C aportado por el sistema radical y C_{suelo} es la reserva de carbono en el suelo determinado por el método de Walkley y Black, expresada en t C ha^{-1}. Para obtener $C_{aéreo}$, el rendimiento agrícola se expresó en t ha^{-1}mes^{-1}, para eliminar el efecto de la edad de cosecha y se multiplicó por 12 para obtener la biomasa que se produjo en un año.

Para simular la dinámica del COS se usó el modelo RothC versión 26.3 (Coleman and Jenkinson, 1996). El modelo simula la dinámica del C sobre la base de cuatro compartimientos activos: materia orgánica descomponible (DPM), materia orgánica resistente (RPM), biomasa microbiana (BIO) y materia orgánica humificada (HUM). El componente inerte (IOM) es resistente a la descomposición. Para inicializar el modelo, el COS inicial fue el medido al comienzo de la investigación y simulada su dinámica para los 0-20 cm de profundidad. El modelo se corrió en modo inverso 10 000 años para establecer el contenido de COS inicial y el de los cinco compartimentos bajo la condición de equilibrio. Este C fue dividido entre los nueve meses en que el suelo permaneció plantado, de acuerdo con Coleman y Jenkinson (1996).

El aporte mensual de residuos se divide en DPM y RPM, de acuerdo con el factor de calidad utilizado (0,63), descomponiéndose en cada reservorio por procesos de primer orden y tasas de descomposición diferentes, mediante la ecuación: $\delta y = Y_o * (1 - e^{-abckt})$; dónde: y_o es COT inicial de la fracción a analizar; *a*, *b* y *c* son los

coeficientes de temperatura, humedad y cobertura del suelo, que modifican *k*, que es la constante de descomposición de cada reservorio o compartimiento y *t* es 0,083 para expresar *k* en escala mensual.
Se utilizó una relación DPM/RPM de 0,63. Los datos mensuales medios de temperatura, precipitaciones y evaporación, fueron obtenidos de la estación meteorológica, perteneciente al INSMET, enclavada en el lugar del estudio, para el periodo 1981-2005.

Obtención de los factores modificadores de k (a, b y c) y de los compartimientos

El factor (*a*) se calculó mediante la ecuación $a=47,9/(1+e^{(106/t+18,3)})$, donde *t* es la temperatura media mensual del aire en ^{o}C (grado Celsius). Las cifras 47,9; 18,3 y 106 son valores fijados por el modelo.
La tasa modificadora de *k* para la humedad (*b*) fue calculada a un valor mínimo de 0,2 durante el periodo menos lluvioso y a un valor máximo de 1,0 durante el periodo lluvioso.
El factor (*c*), cobertura de residuos, se fijó por el modelo de acuerdo con el uso del suelo:
Suelo plantado, $c=0,6$ y suelo desnudo, $c=1,0$.
El compartimiento inerte fue obtenido de acuerdo con la ecuación: $IOM=0,049*COT^{1,139}$, BIO fue calculado a partir del contenido de COT; HUM=COT-(BIO+HUM) y DPM, por diferencia de acuerdo con Skjemstad y col (2004). Posteriormente, el modelo se corrió hasta 2005. Para la evaluación de su comportamiento, la correspondencia entre los valores de COS observados y simulados, fue establecida a través de análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de cada una de las fracciones, arrojó un aumento en la tasa de descomposición, que fue más evidente en aquellas que se descomponen más rápido (Tabla II), así, DPM se descompone 1,21 año^{-1} más rápido que en las condiciones templadas de Inglaterra.

Tabla II. Constantes de descomposición (*k*) para los diferentes reservorios en las condiciones de Cuba.

	Valores de *k* (año^{-1})			
	DPM	RPM	BIO	HUM
Rothamsted, Inglaterra	10,000	0,300	0,660	0,020
Jovellanos, Cuba	8,787±0,81	0,269±0,02	0,658±0,001	0,020±0,00

Resultados similares fueron obtenidos por Farina y col (2013), en condiciones semiáridas, lo que demostró la factibilidad de su aplicación en condiciones muy diferentes de las del lugar donde fue concebido el RothC26.3. De acuerdo con Tivet y col. (2013), tanto el papel como la magnitud de la disminución del COS son mayores en suelos de los trópicos que en aquellos de regiones templadas, debido a una mayor velocidad de descomposición.
La cantidad ideal de residuos para mantener los niveles de C estables en el suelo, en las condiciones específicas del estudio, fue de 6,91 t ha^{-1} anuales, determinada por el modelo para las condiciones de equilibrio. La correspondencia de los datos de COT observados con los simulados (Figura 1), expresó 94% de la variabilidad (Figura 2), lo que indica la factibilidad de utilizar el modelo en la condiciones de Cuba.

El estadístico RMSE, que indica el porcentaje de la diferencia total entre los valores observados y los simulados, CD que es la medida de la proporción de la varianza total de los datos observados, expresada por los simulados y EF, al tener valores cercanos o iguales a los ideales, implicaron un comportamiento satisfactorio del modelo y por tanto, capaz de predecir el comportamiento del COS bajo un manejo determinado.

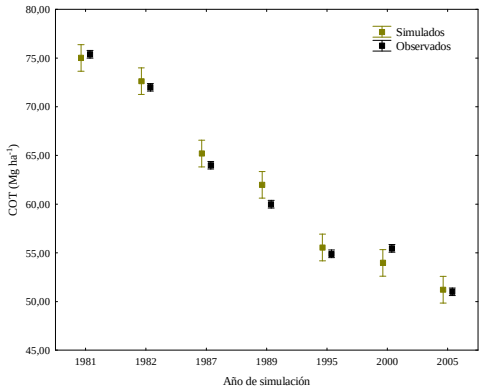


Figura 1. COS observado y simulado, en un período de 25 años. Barras verticales indican intervalos de confianza a 0,95.

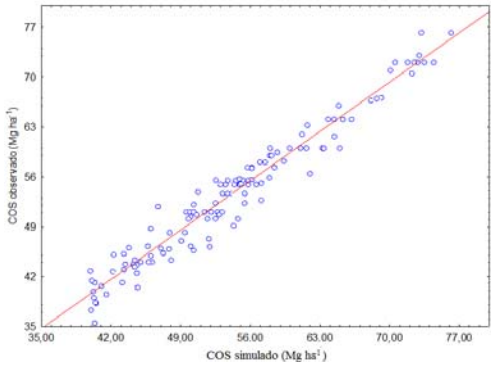


Figura 2. Relación entre los valores de COS observados y simulados. COT_observado = 0,9926*COT_simulado; R^2 =0,94.

CONCLUSIONES

1. Fue posible parametrizar el modelo RothC26.3 en las condiciones del trópico, lo que lo convierte en una herramienta útil para la simulación del C y su predicción.
2. Los factores climáticos y la cobertura de residuos modificaron la tasa de descomposición de las fracciones de C de más rápida descomposición, demostrando la aplicabilidad del modelo en las condiciones del trópico.

REFERENCIAS

1. Coleman K.; Jenkinson D.S.; Crocker G.J.; Grace P.R.; Klir J.; Korschens M.; Poulton P.R. y Richter, D.D. 1997. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. Geoderma 81 (1–2), 29–44.
2. Coleman K. y Jenkinson D.S. 1996. RothC-26.3.A model for the turnover of carbon in soil model description and windows users' guide. 29 pp.
3. Ponce-Hernandez R.; Koohafkan P. y Antoine J. 2004. "Assessing carbon stocks and modeling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes," Food and Agriculture, Organization of the United Nations, Rome. 156 p.
4. Sulroca F. 2004. Los residuos de la cosecha cañera y su factibilidad en la producción de alimento animal y biofertilizantes. Revista Cuba Azúcar Vol XXXIII Oct – Dic. 2004 p. 25-36.
5. Jackson M.L. 1970. Análisis químico de suelos. Edición Revolucionaria. La Habana, 662 pp.
6. Hernández I.; Medina E. y López D. 1995. Respiración edáfica y aportes de materia orgánica por las raíces y la hojarasca en un cultivo de caña de azúcar. Agronomía Trop. 45(1): 121-142.
7. Nakamura S.; Hayashi K; Omae H.; Ramadjita T.; Dougbedji F.; Shinjo, H.; Saidou A.K. y Tobita S. 2010. Validation of soil organic carbon dynamics model in the semi-arid tropics in Niger, West Africa. JARQ 43 p. 63–69.
8. Farina R.; Coleman K. y Withmore A.P. 2013. Modification of the RothC model for simulations of soil organic C dynamics in dry-land region. Geoderma, Vol. 200–201, p. 18–30.
9. Tivet F.; Sá J.C.M.; Lal R.; Briedis C.; Borszowskei P.R.; Burkner J.D.S.; Farias A.; Eurich G.; Hartman D.D.C.; Nadolny M.J. y Bouzinac S.L.S. 2013. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. Soil & Tillage Research 126, p. 203–218.

METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA COMPACTACIÓN DEL SUELO CON PENETRÓMETRO DE IMPACTO
METHODOLOGY TO EVALUATE THE COMPACTION OF THE SOIL WITH IMPACT PENETROMETER

Inoel García Ruiz, Maritza Sánchez Ortiz, Manuel L. Vidal Díaz, Bárbara Barreto Pérez..
Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara. Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara. Teléfono: 452178. email: inoel@inicavc.azcuba.cu

Resumen

Se determinó la variación de resistencia durante el tráfico de los equipos de cosecha mecanizada según cambia la humedad en el momento del tráfico y se obtuvieron las ecuaciones polinomiales grado 2 y se determinó el rango de humedad donde el tráfico no incrementa la resistencia, la aumenta hasta el valor máximo y donde la resistencia comienza a disminuir, denominándose a dichos rangos humedad baja, media y alta, respectivamente. Se obtuvieron ecuaciones exponenciales en suelo no perturbado para estimar la resistencia en función de la humedad, las cuales se utilizaron para calcular el error introducido en las lecturas de resistencia para humedad diferente a capacidad de campo. Las ecuaciones exponenciales para suelo no perturbado se evaluaron para los valores dentro de cada categoría de humedad, se calculó el error medio por categoría de humedad y se confeccionó una tabla con los impactos críticos por suelo y categoría de humedad.
Palabras claves: Suelo, resistencia, penetrómetro, impactos críticos, humedad.

Abstract

The increase or decrease of resistance traffic because of mechanical harvesting equipment was determined according to the humidity changes and second-degree polynomial equation. The polynomial equations were evaluated for moisture where mechanized harvest occurred in each soil and moisture range where traffic does not increase the resistance, the increases to the maximum and where resistance begins to decrease was determined, being referred to these categories as low, medium and high moisture, respectively. Exponential equations were obtained in undisturbed soil conditions to estimate the resistance as a function of moisture, which is used to calculate the error introduced in the resistance readings for different field capacity moisture. Then, exponential equations for undisturbed soil were evaluated for moisture values within each category, allowing calculate the average error by category humidity and a table was drawn to the critical impacts on soil and moisture category.
Keywords: Soil, resistance, penetrometer, critical impacts, humidity

Introducción

Las propiedades físicas de los suelos determinan su capacidad para el uso a que los destina el hombre y , los decisores debieran entender cómo influyen en el crecimiento de las plantas, cómo la actividad humana las modifica y la importancia de mantener buen estado físico en el suelo (Rucks y col. 2004). Nacci y col. (1992) señalaron que la resistencia a la penetración es un parámetro adecuado para conocer la dinámica de las propiedades físicas del suelo y acotan que, un equipo poco costoso como el penetrómetro de impacto es tan efectivo como el más caro y sofisticado de los instrumentos.

La resistencia del suelo cambia inversamente a la humedad siendo necesario corregir las lecturas de campo si la humedad es diferente a la capacidad de campo. Hakansson y Lipiec (2000) señalan que ignorar la humedad en las evaluaciones de compactación constituye un grave error y agregan que, las evaluaciones de compactación deben hacerse en capacidad de campo o en humedad arbitraria si se dispone de un procedimiento de corrección.

El objetivo fue diseñar una metodología basada en impactos críticos por suelo y humedad para que el agricultor decida el manejo de labores en retoños de caña de azúcar de forma sencilla y barata.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en suelos Pardo Mullido (PMC), Gley Vértico Húmico (GV) y Ferralítico Rojo Háplico (FR) (Hernández y col., 2015) de Villa Clara perturbados por el tráfico y condiciones no perturbadas.

1. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha sobre la resistencia del suelo.

En contenidos variables de humedad del suelo en campos de producción se evaluó la resistencia con penetrómetro de impacto antes y después de la cosecha. Se calculó el incremento o decremento de resistencia (y) en función de la humedad (x), se ajustaron al modelo polinomial grado 2 y se determinó el rango de humedad por suelo donde el tráfico reduce la resistencia, la incrementa desde cero al valor máximo y desde el valor máximo a cero. Dichos rangos de humedad se denominaron humedad baja, media y alta, respectivamente.

2. Efecto de la humedad sobre la resistencia del suelo no perturbado.

En sitios de suelo no perturbado se humedeció hasta capacidad de campo (CC), se evaluó la resistencia con penetrómetro de impacto y la humedad por gravimetría en 5 puntos por sitio cada dos días hasta el menor contenido de humedad posible por secado natural y se obtuvieron ecuaciones patrones de la resistencia (y) en función de la humedad (x) por suelo. Si las ecuaciones se evalúan para la humedad en CC y para otra humedad ≠ a CC, se obtienen los valores de resistencia en CC (Rpcc) y en humedad arbitraria (Rpa). Por la fórmula 1 se calcula el error de lectura de resistencia al variar la humedad.

$\Delta r = Rpa - Rpcc$ (1), donde: Δr = Error (impactos) Rpa=Resistencia patrón estimada para x ≠ 48 %
Rpcc = Resistencia patrón estimada para x = CC.

Si la ecuación (1) se evalúa para los valores de humedad dentro de los rangos de humedad determinados en el acápite 1, se puede calcular el error promedio (Δrp) por rango de humedad y tipo de suelo.

3. Calibración del penetrómetro.

El penetrómetro de impacto se calibró para el límite crítico (LC) de resistencia de 3 000 kPa propuesto por (Dexter, 1986) como limitativo para el desarrollo de plantas monocotiledóneas, aunque pueden utilizarse valores propios de la localidad. Se utilizó la fórmula $e=m^2*g*h/pt*a*r$(2), donde:
e = Penetración promedio por impacto en el LC (m), m: Peso del mazo (kg), g = Gravedad (m/seg^2), h = Recorrido del mazo (m), p_t = Peso penetrómetro (kg), a = Área del cono (m^2), r = Resistencia (kPa).
El valor **e** se utiliza para calcular el número de impactos en el LC para una profundidad de suelo dada, asumida en una humedad estándar de capacidad de campo, por la fórmula: ILC = PSE/e (3), donde:
ILC = Impactos en el LC de resistencia de 3000 kPa y en CC, PSE= Profundidad de suelo evaluada (m).
Conocidos los valores de impactos en el límite crítico (ILC) y los errores promedios por rangos de humedad (Δrp), se calculan los impactos críticos de campo (ICC) por la fórmula: $ICC = ILC + \Delta rp$ (4)

Resultados y discusión

1. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha sobre la resistencia del suelo.

El efecto del tráfico, evaluado en términos de incremento o decremento de resistencia (Figura 1) dependió de la humedad del suelo y se ajustó al modelo polinomial grado 2. El ajuste polinomial significa que los suelos tienen una humedad donde el incremento de resistencia se hace máximo, decreciendo hacia ambos lados de dicho valor, llegando a cero incremento si la humedad es muy baja Proctor (1933) señaló que, si la humedad aumenta la aplicación de una fuerza externa hace aumentar la compactación hasta un punto luego del cual disminuye. En consecuencia, el tráfico en baja humedad compacta poco porque la fuerte unión inter-partículas del suelo lo impide y por otra parte, en suelo húmedo no aumenta la resistencia porque prevalecen los deslizamientos inter-partículas. En base a la curva polinomial por suelo se fijaron los rangos para las categorías de humedad baja, media y alta.

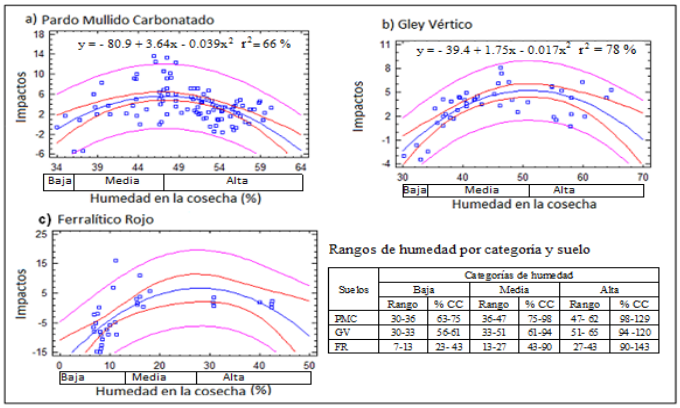


Figura 1. Variación de la resistencia a la penetración causada por el tráfico durante la cosecha de la caña de azúcar en función de la humedad por tipo de suelo.

2. Efecto de la humedad sobre la resistencia del suelo no perturbado.

La reducción de humedad en suelo no perturbado estableció una relación exponencial con la resistencia (Tabla 1), lo que coincide con diversos autores y discrepa de otros quienes encontraron una relación potencial resistencia-humedad y proponen dichas ecuaciones para corregir la resistencia evaluada en humedad arbitraria. Se diseñó un procedimiento de corrección que se ejemplifica con la curva **a-b** del suelo PMC, con CC (**w**) = 48 % para la profundidad 0 - 20 cm (Figura 2).

Tabla I. Ecuaciones exponenciales de la resistencia en función de la humedad por suelo y profundidad..

Suelos	Profundidad 0 -20 cm		Profundidad 20 - 30 cm	
	Ecuaciones	r^2 (%)	Ecuaciones	r^2 (%)
PMC	y = exp(3.170 - 0.045x)	88	y = exp(2.445 - 0.025x)	33
GV	y = exp(5.60 - 0.066x)	78	y = exp(2.774 - 0.031x)	29
FR	y = exp(4.78 - 0.074x)	65	y = exp(3.752 - 0.051x)	35

Si **w** se prolonga hasta la curva **a-b** genera el punto **Rpcc** (resistencia de la curva patrón en CC), cuya prolongación horizontal crea la recta **c-d**. Las zonas **Δr** y **-Δr** son el error para cualquier valor de w ≠ 48 %.

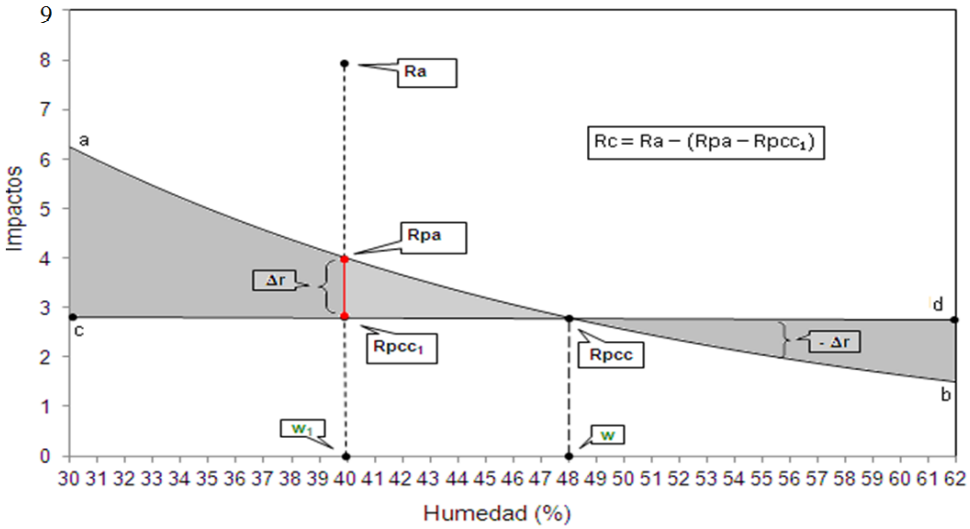


Figura 2. Variación de resistencia del suelo PMC no perturbado en función de la humedad. Profundidad: 0 - 20 cm.

Aparece un estudio de caso $\mathbf{w_1}$=40 % y **(Ra)** = 8 impactos. Si la ecuación PMC (0-20 cm) la evalúo para $\mathbf{w_1}$ y **w** en CC, se obtiene Rpa = 4 y Rpcc = 2.8 impactos del mazo. Entonces, por la fórmula 1 puedo calcular el error en $\mathbf{w_1}$, o sea, Δr = 1.2 impactos. Si la ecuación se evalúa para **w** dentro del rango de humedad por categoría se obtiene el error promedio por rango de humedad (Δrp).

3. Calibración del penetrómetro de impacto.

Se calibró por la fórmula (2) con resultado **e** ≈ 2.9 cm/impacto, o sea, para las características constructivas del penetrómetro, si el suelo está en el límite crítico de resistencia asumido y en capacidad de campo, el cono penetra a un promedio de 2.9 cm por impacto de la maza. Entonces, por la fórmula (3) se obtienen los valores de ILC de 7 y 3.5 impactos para las profundidades 0 – 20 y 20 – 30 cm, respectivamente y por la fórmula 4 los impactos críticos de campo (ICC), que es el valor de referencia para la toma de decisión de las labores culturales de descompactación en los retoños de caña de azúcar. CIP: Cobertura inalterada de residuos. CT : Cultivo a 20 cm de profundidad. CP: Cultivo a 30 cm de profundidad.

Tabla II. ICC por suelo, categoría de humedad y profundidad (cm).

Pardo Mullido Carbonatado				Gley Vértico			Ferralítico Rojo		
Prof.	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC
Baja (30 - 36 %)				Baja (30 - 33 %)			Baja (7 - 13 %)		
0-20 20-30	10 7	PI < ICC PI < ICC	CIP	23 7	PI < ICC PI < ICC	CIP	29 20	PI < ICC PI < ICC	CIP
0-20 20-30	10 7	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	23 7	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	29 20	PI < ICC PI ≥ ICC	CP
0-20 20-30	10 7	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	23 7	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	29 20	PI ≥ ICC PI < ICC	CT
0-20 20-30	10 7	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	23 7	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	29 20	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP
Media (36 - 47 %)				Media (33 - 51 %)			Media (13 - 27 %)		
0-20 20-30	8 5	PI < ICC PI < ICC	CIP	13 5	PI < ICC PI < ICC	CIP	14 10	PI < ICC PI < ICC	CIP
0-20 20-30	8 5	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	13 5	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	14 10	PI < ICC PI ≥ ICC	CP
0-20 20-30	8 5	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	13 5	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	14 10	PI ≥ ICC PI < ICC	CT
0-20 20-30	8 5	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	13 5	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	14 10	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP
Alta (47 - 62 %)				Alta (51 – 65 %)			Alta (27 - 43 %)		
0-20 20-30	5 2	PI < ICC PI < ICC	CT	6 3	PI < ICC PI < ICC	CT	5 2	PI < ICC PI < ICC	CT
0-20 20-30	5 2	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	6 3	PI < ICC PI ≥ ICC	CP	5 2	PI < ICC PI ≥ ICC	CP
0-20 20-30	5 2	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	6 3	PI ≥ ICC PI < ICC	CT	5 2	PI ≥ ICC PI < ICC	CT
0-20 20-30	5 2	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	6 3	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP	5 2	PI ≥ ICC PI ≥ ICC	CP

Pasos para Tabla 2.

1. Seleccione columna del suelo evaluado y humedad, ya sea por gravimetría en los 9 puntos o estimación visual en baja, media o alta.
2. Compare los PI a 0-20 y 20-30 cm con los ICC y seleccione, en la columna PIvsICC, la fila según PI sea mayor o igual (≥) o menor (<) a ICC.
3. En la fila elegida y columna TEC está la tecnología a aplicar.

Conclusiones

1. La metodología contribuirá a elevar el conocimiento y aceptación del penetrómetro de impacto por los agricultores, como un instrumento sencillo y de bajo costo, útil para tomar decisiones de manejo de labores culturales.
2. Los valores de impactos críticos propuestos por suelo y nivel de humedad son de referencia sólo para penetrómetros iguales al utilizado en el estudio, siendo necesario validarlos para otros cultivos agrícolas.

Referencias

1. Dexter, A. (1986). Model experiment on the behaviour of root of the interface between a tilled seedbed and compaction sub-soil. Plant and soil. 95. p. 123-133.
2. Hakansson, I., J. Lipiec (2000). A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. Soil Till. 53. Sweden. p. 71-85.
3. Hernández, Jiménez, A. ; Pérez, J. M:, Bosch Infante , D.; Castro Speck, C. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 91 pp.
4. Nacci, S. y Pla Sentis, I. col. (1992). Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. Agronomía Tropical. 42(1-2): 115-132.
5. Proctor, R.R. 1933. First of four articles on the design and construction of rolled-earth dams. Fund. principles of soil compaction. Eng. News-Rec. 111:245–248.
6. Rucks, L., García, F., Kaplán, A. (2004). Propiedades físicas del suelo. F. A. U., Uruguay. 56 pp.

LA ROYA PARDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA. CARACTERÍSTICAS Y ESTRATEGIAS PARA SU MANEJO

BROWN RUST OF SUGARCANE IN CUBA; CHARACTERISTICS AND STRATEGIES FOR ITS MANAGEMENT

Isabel Alfonso, Eida Rodríguez, Roberto González, Mérida Rodríguez, Maria LaO, Joaquín Montalván y Ana Lidia Jiménez
Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE Km 1 1/2. Boyeros, C.P. 19390. La Habana. Cuba. e-mail:isabel@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Desde la aparición de la roya parda en Cuba, el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) emprendió estudios para la caracterización de la enfermedad, su organismo causal y de interacción hospedante-patógeno, entre otros. Paralelamente se desarrolló un amplio programa de evaluación del comportamiento de los cultivares en las áreas experimentales y de producción en las diferentes regiones cañeras del país, para ello se establecieron procedimientos básicos que dieron origen al sistema evaluativo de la resistencia vigente. El empleo de cultivares resistentes más intermedia en áreas de producción redujo el índice de infección del 25,9% en el año 2002 a 10,23 % al cierre del 2013, lo que unido al establecimiento de un Servicio Fitosanitario (SEFIT), con el manejo y la vigilancia de la enfermedad permitió medir su impacto en los últimos años. Los resultados obtenidos sugieren una nueva estrategia, más flexible para el manejo de la resistencia de la enfermedad.

Palabras clave: Roya parda, Servicio fitosanitario, estrategia de resistencia.

ABSTRACT

Since the brown rust disease was informed in Cuba, INICA started studies to characterize the disease, its causal organism, host-pathogen interactions, among others. At the same time a wide program of evaluation of the behavior of cultivars in experimental and production areas in different regions all over the country took place. Therefore basic procedures originating the curried system of resistance evaluation were established. On the other hand, the usage of resistant and intermediate cultivars in production areas has allowed the reduction of the rating of national infection to 10,23 % at the end of 2013 compared to 25.9% in 2002. This fact is a measure of phytosanitary service impact in the last years. The obtained result has made possible the establishment of a more flexible strategy for brown rust disease management.

Key words: Brown rust, sanitary service, resistance strategy.

INTRODUCCIÓN

La roya parda de la caña de azúcar se informó en Cuba en el año 1978 y ocasionó ataques intensos sobre la variedad B4362, que ocupaba más del 30% del área cañera nacional, lo que ocasión pérdidas hasta del 50% de la cosecha, al tener que demoler extensas áreas fuertemente afectadas por dicha enfermedad. En la zafra 1979-1980 las pérdidas se estimaron en 805 millones de pesos (Rodríguez *et al*., 2005; Alfonso *et al*., 2012). En la actualidad, a pesar de la estrategia seguida para su control, esta enfermedad se ubica entre las de

primer orden, debido a su distribución, los altos niveles de afectación que presentan algunos cultivares comerciales, la posible variabilidad patogénica del organismo causal, así como las variaciones de las condiciones climáticas.

DESARROLLO

Desde la aparición de la roya parda en las áreas cañeras cubanas se estudiaron las características morfológicas del agente causal y su variabilidad patogénica, la dinámica de la enfermedad en diferentes condiciones agroclimáticas. Además, el INICA inició un amplio programa de evaluación del comportamiento de los cultivares en diferentes regiones del país, considerando todo el material existente en las áreas experimentales y de producción

Sintomatológía

En plantas afectadas por roya parda aparecen en la superficie abaxial de las hojas, pústulas de color marrón (Figura 1a y 1b) formadas por las uredosporas que son consideradas la fase más infectiva en el ciclo de las royas (Alfonso, 1987; Sandoval, 1996). Estas se distribuyen el todo el área foliar y en cultivares muy susceptibles forman parches que pueden ocupar gran parte del área foliar lo que reduce el área fotosintética, y en variedades susceptibles detiene el crecimiento. De los uredosoros se liberan esporas que van a infectar nuevas hojas, estas se dispersan fundamentalmente por el viento. La severidad de la roya puede incrementarse en un breve periodo, puesto que el ciclo reproductivo es muy corto. Una uredospora puede infectar y desarrollar la enfermedad dentro de un ciclo de 14 días, y en un tiempo de seis semanas, pueden infectar campos completos en un cultivar susceptible.

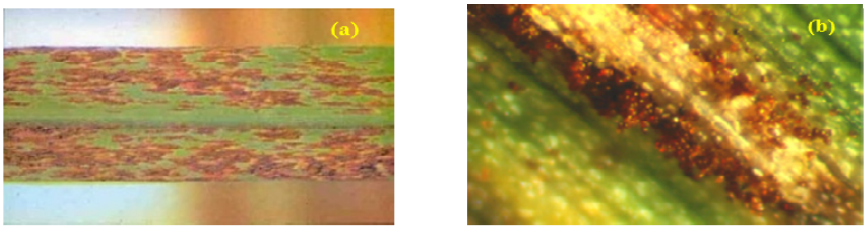


Figura 1. Síntomas de roya parda (a), pústula esporulada (b)

Estos resultados propiciaron la confección de las escalas y métodos de evaluación en condiciones de campo y laboratorio, lo que constituye en el presente el sistema evaluativo de la resistencia a esta enfermedad en el esquema de obtención de variedades, así como su comportamiento en áreas de producción (Alfonso, 1987; Rodríguez *et al*., 2005).

Estrategias para manejo de roya parda en Cuba

En el esquema de obtención de variedades en Cuba se discriminan los individuos susceptibles en todas las etapas de selección y al final se aplica una prueba de resistencia en la que también se excluyen los genotipos susceptibles y se manejan los de reacción intermedia, con progresos en la composición varietal a favor de la resistencia. En el presente se realizan estudios para establecer nuevos criterios de evaluación, perfeccionar la red de ambientes; así como ampliar los patrones de resistencia.

La roya parda puede producir explosiones cíclicas que se agravan en dependencia de la presión de inóculo ambiental, hospedante susceptible y condiciones favorables del ambiente para su desarrollo, lo que de forma general, obliga a mantener una estrategia que siga incluyendo la discriminación de los individuos altamente susceptibles y el manejo de los resistentes, intermedios e incluso los susceptibles que no muestren reducción de los rendimientos considerada por González *et al*., 2014, como Estrategia III, la cual permite una mayor

flexibilidad, con el empleo de cultivares de cierta susceptibilidad en áreas de producción, siempre bajo la vigilancia epidemiológica sin comprometer la producción.

.

Comportamiento de los principales progenitores ante roya parda

Al evaluar los principales progenitores utilizados en las campañas de cruzamiento, el 32% resultó resistente, 18% se mostraron intermedios y el mayor porcentaje lo ocuparon los susceptibles que alcanzaron 41%. En el presente el programa de mejoramiento del INICA trabaja por la inclusión de progenitores que posibiliten la obtención de cultivares resistentes (Figura 2), lo que no excluye el empleo de algunos padres susceptibles, pero combinados adecuadamente.

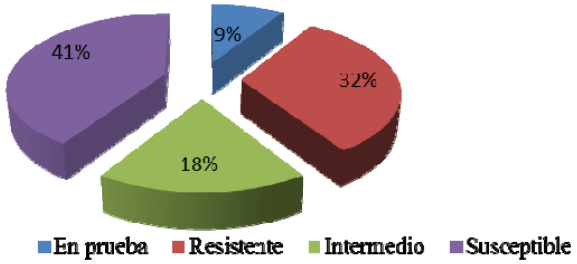


Figura 2. Distribución porcentual de los progenitores más utilizados en las campañas de cruzamientos

Reacción de cultivares en foco de infección de roya parda

Las evaluaciones de los cultivares en foco de infección permiten establecer la composición en condiciones de producción. Los cultivares que ocupan más del 3% del área cañera nacional (Tabla 1), muestran un alto porcentaje con reacción intermedia y resistentes, y sólo uno se comporta como susceptible, esto hace que la composición sea adecuada ya que los intermedios no son discriminatorios, sino que se manejan desde el punto de vista epidemiológico, mientras se aprovechan sus características agro productivas (González *et al*., 2014)

Tabla 1. Respuesta de las principales variedades ante roya parda.

Cultivar	Categoría	Área (%)	Cultivar	Categoría	Área (%)
C86-12	INT	18.82	C87-51	R	3,96
C323-68	S	8,92	C1051-73	R	3,90
C90-469	INT	6,09	C86-156	INT	3,83
C86-56	INT	5,68	C90-317	INT	3,58
C86-503	INT	5,51	B80250	INT	3,54
CP52-43	R	4,87	Co997	R	3,14

Leyenda: Resistente(R); Intermedia (INT); Susceptible(S)

Índice de infección de roya parda en áreas de producción

El empleo de cultivares resistentes más intermedia en áreas de producción se puede medir al analizar su incidencia en los últimos años, lo que unido al establecimiento de un Servicio Fitosanitario (SEFIT), ha permitido el manejo y la vigilancia de la enfermedad y su impacto al reducir el índice de infección del 25.9% en el año 2002 a 10,23 % al cierre del 2013 (INICA, 2014). El incremento que ocurre a partir del 2011 fue

motivado por el crecimiento en área de C323-68 susceptible a la patología (Fig. 3).

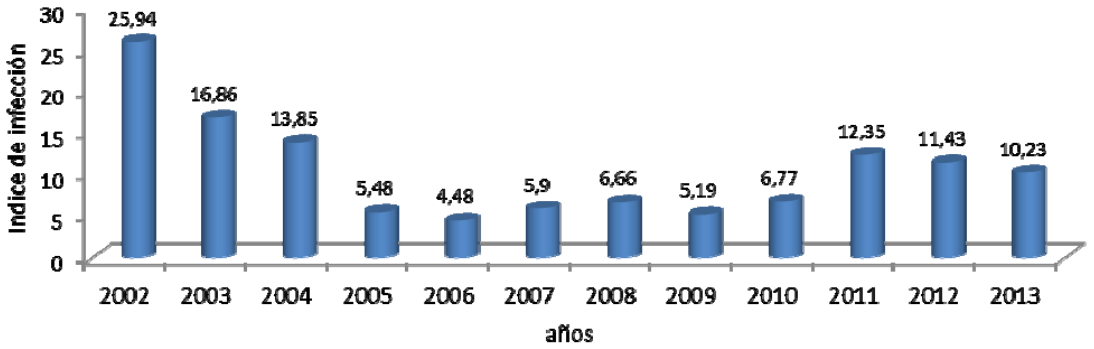


Figura. 3. Evolución del índice de infección de roya parda a nivel del país en período 2002 – 2013

Estos resultados ilustraron la necesidad de adecuar el balance a favor de cultivares resistentes, con la introducción de cultivares nuevos con alto grado de resistencia y limitar los susceptible a partir del 2012 (Fig. 4).

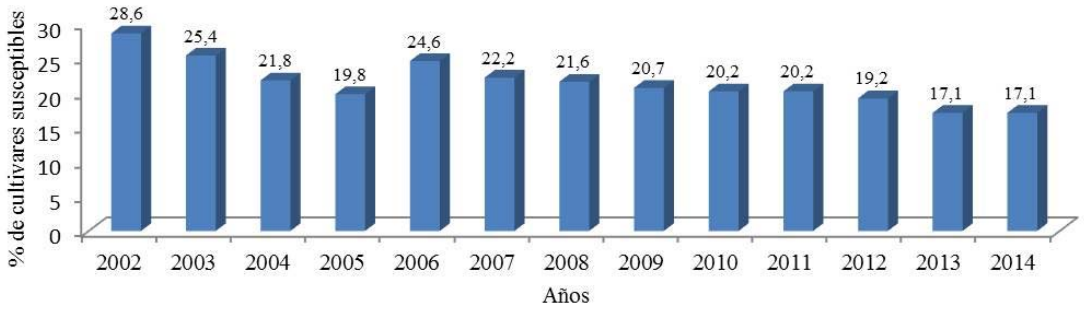


Figura 4.Porcentaje de cultivares susceptibles en áreas de producción

CONCLUSIONES

- La estrategia seguida para evaluar la resistencia desde la aparición de la roya parda en Cuba ha permitido un manejo y control adecuado de la enfermedad mediante el empleo de cultivares resistentes e intermedios en la producción.
- La situación actual de las plantaciones ante la roya parda permite el empleo de una Estrategia para la resistencia con mayor flexibilidad, en lo que respecta al manejo de cultivares susceptibles con potencialidades agro productiva.

REFERENCIAS

Alfonso, Isabel. Bases fitopatológicas para el control de la roya de la caña de azúcar en Cuba. Tesis de Doctorado, INICA, 92 pp., 1987.

Sandoval, Ileana. Biología y epifitiología de *Puccinia melanocephala* H. y P. Sydow Resumen Tesis de Doctorado, INISAV, 30 pp., 1996.

Alfonso Isabel; Eida Rodríguez y R. Acevedo. La roya parda de la caña de azúcar en Cuba. Editorial Académica Española. ISBN-13: 9783659063145. 72 pp. 2012.

Roberto González, Omelio Carvajal, Joaquín Montalván, Francisco Alfonso y Alberto Fuentes. Resistencia a enfermedades de la caña de azúcar en Cuba. Criterios y Estrategias. Memorias 50 Aniversario INICA, 2014.

INICA, 2014. Informe Central a la XXI Reunión Nacional de Variedades Semillas y Sanidad Vegetal, 87 pp,

Rodríguez M., E. Rodríguez, I. Alfonso. SEFIT: premisas para el desarrollo de una agricultura ecológica sostenible en la caña de azúcar Memorias 40 Aniversario del INICA, ISBN 959-246-122-8. 2005.

INMUNO IMPRESIÓN DIRECTA DE TEJIDOS PARA EL DIAGNÓSTICO MASIVO DE *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* EN CAÑA DE AZÚCAR *(Saccharum spp.)*

DIRECT TISSUE IMMUNE IMPRESSION FOR THE MASSIVE DIAGNOSIS OF *Leifsonia xylisubsp. xyli* IN SUGARCANE (*Saccharumspp.*)

Javier Delgado Padrón, María de la Luz La O Hechavarría, Osmany de la C. Aday Díaz, Juana de las M. Pérez Pérez, Mario Casas González, Tania Casero Rodríguez, Yaquelin Puchades Izaguirre, Omelio Carvajal Jaime, Arian Céspedes Zayas, Joaquín Montalván Delgado, Ana Lidia Jiménez Reyes, José Rodríguez Zayas, Midiala Peña Prades y Lázaro Pardo Mora.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE Km 1 ½. Boyeros, C.P. 19390. La Habana, Cuba. Correo electrónico: fitomejoramiento.etica@inicamy.azcuba.cu.

RESUMEN

El agente causal del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli)* coloniza el xilema e impide su normal funcionamiento en la planta. La enfermedad produce pérdidas en los rendimientos agrícolas entre 10 y 60%. El estudio tuvo el objetivo de estandarizar la técnica inmuno impresión directa de tejidos para el diagnóstico masivo de la bacteria y determinar su distribución en Cuba. Para lo cual se utilizaron como controles positivo el cultivar CP31-29, susceptible y control negativo My5514, resistente sano. Se realizó un estudio en 35 campos comerciales seleccionados al azar en 13 Empresas Azucareras y en 637 individuos de la Colección de Germoplasma. La bacteria está ampliamente distribuida en las plantaciones comerciales y con bajos porcentajes en la Colección de Germoplasma. Esta técnica es una alternativa para la detección rápida y económica de la bacteria.
Palabras claves: raquitismo de los retoños, inmuno impresión directa de tejidos, caña de azúcar

ABSTRACT

Leifsonia xyli subsp. xyli, causal agent of ratoon stunt disease (RSD) in sugarcane, is distributed in the plant throughout the xylem vessels impeding its normal function. This pathogen is spread worldwide causing losses in the crop yields between 10 to 60%. The present work focused in the standardization of the tissue blot immunoassay (TBIA) regarding a massive diagnosis of the bacterium and to determine its distribution in Cuba. For the standardization purpose cultivars CP31-29 (susceptible) and My5514 (resistant) were used. The study was carried out in 35 commercial lots distributed at random in 13 Sugar Enterprises and in 637 individuals of the Germplasm Collection. The bacterium is highly distributed in commercial plantations and showed low percentages in the Germplasm Collection. This technique is an alternative for an easy and economical detection of this pathogen.
Key words: ratoon stunt disease, direct tissue immune impression, sugarcane

INTRODUCCIÓN

El agente causal del raquitismo de los retoños [*Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Davis) Evtushenko], es una bacteria que se distribuye en la planta a través del xilema e impide su normal funcionamiento. Las pérdidas en los rendimientos agrícolas se encuentran entre 10 y 60% (Guzmán, 2011).

Los síntomas, tanto externos como internos, del raquitismo de los retoños son inespecíficos, pueden estar enmascarados y originarse por varias causas (Silva, 2013). Debido a que estos no son suficientes para su identificación es necesario el empleo de métodos de diagnósticos seguros y precisos. En estos es vital realizar un adecuado reconocimiento de su agente causal para elaborar un programa de manejo del mismo. Este hecho pone de manifiesto la importancia de realizar análisis en el laboratorio apropiados con el fin de determinar tempranamente el estado sanitario de las plantaciones cañeras.

El estudio tuvo el objetivo de estandarizar la técnica inmuno impresión directa de tejidos para el diagnóstico masivo de la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* y determinar su distribución en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la estandarización de la técnica se utilizó el primer entrenudo del tercio basal de cuatro tallos de caña de azúcar de los cultivares: positivo CP31-294 (susceptible infectado) y negativo My5514 (resistente libre de la bacteria) procedentes de la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar de Matanzas. Se siguió el procedimiento descrito por Funes *et al*. (2009).

Se probaron diferentes diluciones (1/3000, 1/4000 y 1/5000) del anticuerpo específico anti *L. xyli* subsp. *xyli* (cabra), donado gentilmente por el Dr. Jean-Claude Girard (CIRAD, Francia). Para cada combinación del anticuerpo primario con el anticuerpo específico anti cabra conjugado con fosfatasa alcalina se utilizaron las diluciones 1/700, 1/800, 1/900 y 1/1000.

Los resultados fueron observados en un estereoscopio con ocular de diez micrómetros. La reacción positiva se confirmó con la aparición de puntos violetas sobre los haces vasculares impresos en las membranas de nitrocelulosa. La prueba se consideró válida cuando el control negativo permaneció incoloro y el positivo desarrolló la reacción característica (puntos violetas).

El estudio se realizó en todas las provincias donde se cultiva la caña de azúcar en Cuba, durante los meses de enero y febrero del 2013 en 35 campos de más de nueve meses de edad en diferentes Unidades Empresariales de Base (UEB) de 13 Empresas Azucareras.

En la Colección de Germoplasma se seleccionaron al azar individuos de caña de azúcar de las formas e híbridos en diferentes estados generacionales. De estos se colectaron los entrenudos del tercio basal de dos tallos al azar de cada individuo.

El procesamiento de las muestras por la técnica serológica inmuno impresión directa de tejidos se realizó siguiendo la metodología descrita anteriormente. Se utilizó la combinación de diluciones de los anticuerpos específicos que alcanzó los mejores resultados en el revelado. El cultivar de caña de azúcar se consideró infectado con la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* si al menos una de las muestras de los tallos seleccionados tuvo reacción positiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estandarizó la técnica serológica inmuno impresión directa de tejidos para la detección de la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* en el cultivo de la caña de azúcar con la combinación de los anticuerpos específicos anti *L. xyli* subsp. *xyli* (cabra) diluido 1/3000 y el anti cabra conjugado con fosfatasa alcalina 1/800 por mostrar la mejor resolución del revelado. Los resultados muestran la efectividad de esta técnica y la posibilidad de utilizarla eficientemente en los diagnósticos del raquitismo de los retoños.

De los 35 campos estudiados, en 26 se detectó el patógeno lo que representa 74,3%. Los resultados de la inmuno impresión directa de tejidos en membranas de nitrocelulosa reflejan la amplia presencia de la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* en las plantaciones seleccionadas de las Empresas Azucareras de Cuba. (Figura 1).

En las Empresas Cienfuegos, Sancti Spíritus, Granma, Holguín y Guantánamo las plantaciones muestreadas mostraron mayor porcentaje de distribución de la bacteria (100%); en el resto fue variable, Santiago de Cuba resultó la de menor porcentaje (33,3%).

En la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar de la EPICA de Matanzas se estudiaron 637 individuos agrupados en cinco categorías genéticas de las formas e híbridos en diferentes estados generacionales de caña de azúcar (Tabla I). Las formas originales del género *Saccharum* representan 34,4%*;* los F_1 interespecíficos del género *Saccharum* 45,1 %*;* los F_2 interespecíficos del género *Saccharum* 63,2%*;* las cruzas regresivas BC_1 interespecíficas 54,7% y otros híbridos 11,5%.

La presencia de la bacteria no superó el 35% en ninguna de las categorías genéticas, lo cual puede representar posibles fuentes resistencia en los individuos no infectados de la Colección de Germoplasma. La misma está sometida a una constante fuente de inoculo por haber sido cosechada en dos ocasiones y

propagado sistemáticamente durante muchos años sobre la misma superficie de terreno sin aplicar medidas de higiene al suelo, instrumentos de cosecha y material de propagación. Por tal motivo se deben continuar los estudios para conocer el comportamiento del resto de los individuos de la colección ante *L. xyli* subsp. *xyli*, y de esta forma recomendar su utilización para implementar líneas de mejora ante esta bacteria en el programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba.

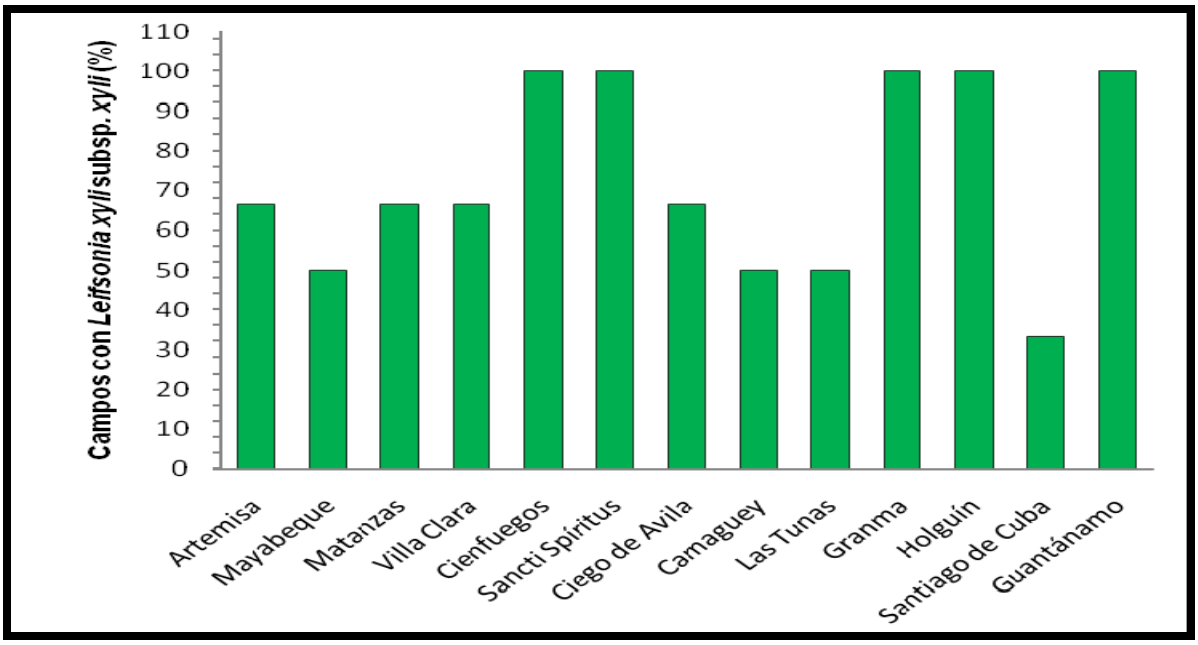


Figura 1. Presencia de la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* en las plantaciones de caña de azúcar muestreadas de las en Empresas Azucareras de Cuba.

Tabla I. Individuos de la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar diagnosticados por inmuno impresión directa de tejidos para *L. xyli* subsp. *xyli*.

Categorías genéticas	**Individuos**				
	Estudiados	**Positivos**	**%**	**Negativos**	**%**
Formas originales del género *Saccharum*	77	22	29	55	71
F_1 interespecíficos del género *Saccharum*	79	28	35	51	65
F_2 interespecíficos del género *Saccharum*	24	7	29	17	71
Cruzas regresivas BC_1 interespecíficas	150	35	23	115	77
Otros híbridos	307	95	31	212	69
Total	**637**	**187**	**29**	**450**	**71**

Esta técnica es ampliamente utilizada en el diagnóstico masivo de agentes nocivos en caña de azúcar, como virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (Aday *et al.,* 2011); bacterias como *Xanthomonas albilineans* (Garcés *et al.,* 2003) y *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Londoño, 2011) con alta sensibilidad y confiabilidad.
En Cuba, sólo se ha empleado para el diagnóstico masivo del raquitismo de los retoños en la caña de azúcar la microscopía de contraste de fases ya que la misma permite la detección y cuantificación de las células bacterianas directamente en extractos vegetales (Chinea *et al.,* 2010). Sin embargo, tiene como principal desventaja que la concentración bacteriana difiere entre los cultivares y no son detectadas a bajas concentraciones (Davis y Bailey, 2000). Además, por lo trabajosa que resulta la técnica no es muy práctica para el análisis de un gran número de muestras, el tiempo que se consume para su ejecución es elevado y posee baja sensibilidad y especificidad.

El tratamiento hidrotérmico a la semilla agámica de caña de azúcar es un medio de manejo que se utiliza en todo el país en los bancos de semilla básica y registrada, sin embargo, no es totalmente efectivo en el control de esta bacteria (Funes *et al*., 2009) la cual puede servir de material de diseminación en la nueva plantación y como fuente de inóculo para las vecinas. Además, a pesar de que existe el Servicio Fitosanitario a la producción, el diagnóstico del raquitismo de los retoños se realiza de forma visual, y hasta el momento no existe un sistema de detección específico que alerte la presencia del patógeno para realizar las medidas de manejo que se requieran en cada caso.

La existencia de posibles fuentes de resistencia en las formas originales de las especies *Saccharum*, géneros afines e híbridos en diferentes estadíos de avance generacional, fue informada por Chinea *et al*. (2010) al emplear microscopia de contraste de fases en la evaluación de un gran número de individuos de esta Colección de Germoplasma.

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto la necesidad de utilizar técnicas que permitan los diagnósticos masivos de *L. xyli* subsp. *xyli* en la caña de azúcar y de esta forma trazar estrategias de trabajo para determinar la susceptibilidad, tolerancia y resistencia de los cultivares en explotación en Cuba ante esta bacteria y establecer medidas de manejo eficaces en cada caso.

Especial atención se debe tener en el manejo de la Colección de Germoplasma para evitar la degradación de su material vegetal, lo cual garantiza la variabilidad genética para mantener y potenciar los programas de mejoramiento de la caña de azúcar en el país y como material de intercambio con otras naciones del mundo; estos permiten los reemplazos sistemáticos de los cultivares en explotación. Además brindan la posibilidad de disponer de individuos superiores a los existentes en determinados caracteres para mitigar el peligro del cambio climático y de agentes nocivos; así como afrontar retos y exigencias del sector azucarero en Cuba.

CONCLUSIONES

Queda establecida la técnica inmuno impresión directa de tejidos para el diagnóstico masivo de la bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* en la caña de azúcar en Cuba.

La bacteria *L. xyli* subsp. *xyli* está ampliamente distribuida en las plantaciones comerciales muestreadas de caña de azúcar en Cuba y con bajos porcentajes de presencia en los individuos estudiados de la Colección de Germoplasma.

REFERENCIAS

1. Guzmán, T. 2011. Agrotecnia de la caña de azúcar VI. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 151 p.
2. Silva, H. 2013. Enfermedades bacterianas asociadas a caña de azúcar. México. Revista Mexicana de Fitopatología, suplemento, volumen 31: 63-64.
3. Funes, C.; E. Acosta; C. Ramallo. 2009. Principales enfermedades en caña de azúcar. Manual del Cañero. Las Talitas, Tucumán: R. Argentina. pp. 125-129.
4. Aday, O.; A. Chinea; J. Mesa; M. La O; M. Zardón; F. Díaz; H. Jorge; I. Delgado; L. Machado; S. Reyes; J. Barroso; A. Gallardo. 2011. Fitoplasmas y virus de la hoja amarilla en el germoplasma y colecciones de caña de azúcar en la región central de Cuba. Fitosanidad, año 4, volumen 15: 56-64, ISSN 1562-3009.
5. Garcés, F.; C. Valladares; G. Quiridumbay. 2003. Diagnóstico del síndrome de la hoja amarilla, el raquitismo y la escaldadura en caña de azúcar en Ecuador. Memorias del VI Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar. Calí, Colombia.
6. Londoño, O. 2011. Aislamiento de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. x*yli* agente causal del raquitismo de la soca en Caña de azúcar. CENICAÑA. Cali, Colambia. 9 p.
7. Chinea, A.; G. Pérez; L. Cabrera; J. Pérez; J. Pérez; S. Vidal. 2010. Comportamiento del germoplasma de la caña de azúcar ante el raquitismo de los retoños en Cuba. Publinica. La Habana. 5 p.

8. Davis, M.; R. Bailey. 2000.Ratoon stunting. In: Rott, P.; R. Bailey; J. Comstock; J. Croft; A. Saumtally (Eds.), a guide to sugar cane diseases. CIRAD. Montpellier. pp. 49-54.

EFECTO DEL VMCA SOBRE INDICADORES DEL RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

EFFECT OF SUGARCANE MOSAIC VIRUS ON SUGARCANE YIELD

Yaquelin Puchades, Eida Rodríguez, Mérida Rodríguez, María de la Luz Lao y Joaquín Montalván,

Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Oriente Sur. Carretera Central Km
yaquelin.puchades@inicasc.azcuba.cu

RESUMEN

Este trabajo está dirigido a evaluar el efecto que produce la infección por VMCA sobre indicadores del rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar. Los tratamientos evaluados corresponden a genotipos inoculados y sin inocular con VMCA. Se evaluaron los genotipos controles empleados en las pruebas de inoculación artificial con el virus. Fueron recolectados los datos de las variables ton caña/ha, porcentaje de pol en caña y ton pol/ha y procesados mediante análisis de varianza. Los resultados mostraron la infección con VMCA provoca una disminución de las variables estudiadas. El genotipo susceptible C236-51 mostró pérdidas de 27% en rendimiento agrícola y 11% de porcentaje de pol. Estos resultados ofrecen una clara relación entre rendimiento y el grado de afectación por el VMCA, lo cual contribuye al perfeccionamiento de los procedimientos para asignar una categoría de resistencia a nuevos clones.

Palabras claves: VMCA, genotipos controles, rendimiento agrícola.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effect of SCMV on sugarcane yield. The evaluated treatments were genotypes inoculated and without inoculating with SCMV. The standard varieties using in SCMV inoculated trials were used. The variables ton cane/ha, pol percentage and ton pol/ha were recorded and analyzed by means of variance analysis. The results showed a decrease of the studied variables when infection with VMCA occurs. The susceptible genotype C236-51 showed losses of 27% in agricultural yield and 11% of pol percentage. These results offer a clear relationship between yield and the level of infection with VMCA, so it contributes to the improvement of the procedures to assign resistance ratings to new clones.

Key words: SCMV, standard genotypes, sugarcane yield.

INTRODUCCIÓN

El método de control más eficiente para la mayoría de las enfermedades de caña de azúcar es el cultivo de genotipos resistentes. El uso de variedades resistentes tiene un impacto medioambiental mínimo y es un procedimiento que los productores adoptan ágilmente (Stringer et al., 2012).

Harris y Frederiksen (1984) exponen que, en términos de resistencia, la responsabilidad primaria de fitomejoradores y fitopatólogos es producir una variedad económicamente viable que beneficie tanto al productor como al consumidor. Los productores están interesados en genotipos que no sufran ninguna pérdida económica, y el sistema de la valuación para la resistencia varietal en caña de azúcar debe definir las variedades resistentes como aquellas que no producen pérdidas económicas significativas en la producción comercial ante determinada enfermedad.

Los ensayos de resistencia a las principales enfermedades del cultivo constituyen un elemento fundamental dentro del esquema de selección de la caña de azúcar en Cuba. Las pruebas de inoculación artificial se emplean para determinar el nivel de resistencia de nuevos clones para las enfermedades roya marrón, carbón, escaldadura foliar y virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA). En cada ensayo los clones son comparados con genotipos controles y una escala asignada de valores describe la conveniencia del uso a escala comercial. Cada genotipo control ha de ser estable en términos de retener su nivel original de resistencia para asegurar la fiabilidad del ensayo.

El mosaico de la caña de azúcar es una de las patologías virales más importantes para el cultivo. Las pérdidas estimadas por la enfermedad pueden variar entre 11 y 50% en genotipos susceptibles con infección severa (Singh et al., 2003). Este trabajo está dirigido a evaluar el efecto que produce la infección por VMCA sobre indicadores del rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los datos correspondientes a un estudio establecido en la localidad Florida, Camagüey. Se evaluaron los genotipos controles empleados en las pruebas de inoculación artificial con VMCA: B42231 (R); C97-59 (Int); 39MQ832 (Int) y C236-51 (S). Los genotipos fueron plantados en surcos de 4m, con un diseño de bloques al azar y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados corresponden a los genotipos inoculados y sin inocular con VMCA. La inoculación se realizó en campo a los 60 días posteriores a la plantación.

Las variables evaluadas fueron ton caña/ha (TCHA), porcentaje de pol en caña (PPC) y ton pol/ha (TPHA). La evaluación se realizó a los 12 meses de edad. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias empleando las dócimas de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los resultados de la comparación de medias entre genotipos para cada una de las variables analizadas. Es importante destacar que los genotipos sin inocular solamente difieren en el contenido azucarero (PPC). Sin embargo la inoculación con el VMCA provoca una disminución significativa de los indicadores del rendimiento agroindustrial evaluados.

La infección con VMCA disminuye el rendimiento agrícola entre 10.7 y 23.2 ton caña/ha. El genotipo susceptible C236-51 es el más afectado con un 27% de pérdidas. En este genotipo se aprecian los síntomas más severos de la infección con el virus, no solo se distinguen síntomas típicos de mosaico en toda el área foliar, sino que se observa una reducción del crecimiento de la planta.

En el caso del contenido azucarero el genotipo menos afectado es B42231 clasificado como resistente a la enfermedad. Sin embargo este genotipo fue afectado en el rendimiento agrícola con una disminución del 12% y en las hojas más jóvenes se observaron síntomas de mosaico.

Tabla 1: Comparación de medias entre los genotipos empleados en los tratamientos inoculados y sin inocular con VMCA (letras diferentes indican diferencias significativas p <0.05)

	Tratamientos				
Genotipo	**S/Inocular**		**Inoculado**		**Dif**
		TCHA			
B42231	87.93	ns	77.24	a	-10.69
C97-59	93.27	ns	78.42	a	-14.84
39MQ832	82.34	ns	71.56	ab	-10.78
C236-51	83.73	ns	60.58	b	-23.16
		PPC			
B42231	17.68	ab	17.06	a	-0.62
C97-59	15.73	c	14.71	c	-1.02
39MQ832	16.59	bc	15.42	bc	-1.18
C236-51	18.18	a	16.12	b	-2.06
		TPHA			
B42231	15.54	ns	13.18	a	-2.36
C97-59	14.66	ns	11.53	ab	-3.12
39MQ832	13.67	ns	11.03	b	-2.65
C236-51	15.22	ns	9.74	b	-5.48

Los resultados de la variable TPHA son muy similares a los descritos para el rendimiento agrícola. La pérdida producida en el genotipo susceptible es de 36%, mientras que en el genotipo resistente es de 15%.

La resistencia a enfermedades en plantas es descrita según las categorías ordinales: resistente, intermedia y susceptible. Existen varias definiciones para resistencia, una de ellas es: "medida de la habilidad de un hospedante para reducir el crecimiento, reproducción o capacidad del patógeno para producir enfermedades, lo cual resulta en síntomas menos severos" (Pataky et al., 2011). En muchos casos es difícil medir el crecimiento del patógeno sobre la planta y se emplean los síntomas o incidencia de la enfermedad como estimados indirectos de la resistencia o crecimiento del patógeno.

La tolerancia a las enfermedades generalmente es inaceptable en caña de azúcar debido a que aunque el genotipo tolerante puede que no sufra pérdidas económicas, incrementa la propagación de la enfermedad y la probabilidad de pérdidas en otros genotipos que sean cultivados en áreas cercanas a este. Por lo que la definición de un genotipo como resistente se considerará siempre en relación con uno susceptible (Stringer et al., 2012).

Los resultados de este trabajo muestran una relación entre el rendimiento y el grado de afectación por el VMCA, lo cual reafirma los planteamientos anteriores. Si a esto unimos una necesaria revisión del método para asignar una categoría de resistencia a nuevos clones basada en diferencias significativas entre los genotipos usados como controles entonces se contará con una herramienta que facilite una fácil discriminación de los individuos resistentes, intermedios y susceptibles.

CONCLUSIONES

1. La infección con VMCA provoca una disminución de las variables TCHA, PPC y TPHA en los genotipos controles de las pruebas de resistencia al virus.
2. El genotipo susceptible C236-51 es el de mayores pérdidas en los indicadores agroindustriales evaluados, en correspondencia con la severidad de la infecció por VMCA.

BIBLIOGRAFÍA

Stringer, J., Croft, B., Bhuiyan, S., Deomano, E., Magarey, R., Cox, M., Xu, X. (2012). A new method of statistical analysis for disease screening trials. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 34 (CD-ROM)

Harris MK, Frederiksen RA (1984) Concepts and methods regarding host plant resistance to arthropods and pathogens. Annual Review of Phytopathology 22, 247–272.

Singh, V., Sinha, O.K. and Kumar, R. (2003). Progressive decline in yield and quality of sugarcane due to sugarcane mosaic virus. Indian Phytopathology, 56: 500–502.

Pataky, J.K., Williams, M.M., Headrick. J.M., Nankam, C., du Toit, L.J. and Michener, P.M. (2011). Observations from a quarter century of evaluating reactions of sweet corn hybrids in disease nurseries. Plant Dis., 95: 1492–1506.

VISUALIZACION DE LA SITUACION FITOSANITARIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL POLÍGONO ANZOÁTEGUI, ESTADO COJEDES, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

VISUALIZATION OF THE SANITARY SITUATION OF THE SUGAR CANE IN THE ANZOÁTEGUI POLYGON, COJEDES STATE, BOLIVARIAN REPUBLIC OF VENEZUELA

Ángel Solís[1], Félix González[1], Midiala Peña[1], Osmany Aday[1], Orlando Rodríguez[1], Dilcia Peña[2], Francisco Alfonso[1,] José Rodríguez[1].

1 *Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA). Guaro, Mayarí, Holguín, Cuba. CP 84300. Telf.: 336286, 596262 y 596209. e. mail: maydalin.molina@hlg.jovenclub.cu*

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en el Estado Cojedes, República Bolivariana de Venezuela, en la zona delimitada para el Complejo Agroindustrial de Derivados de la Caña de Azúcar "José Félix Ribas". Para las evaluaciones fitosanitarias se tomó como punto de partida las zonas de atención a productores en las cuales está dividido el polígono, seleccionando el 60,54% del área total plantada con caña. Los tablones a evaluar fueron seleccionados teniendo en cuenta los cultivares presentes en cada zona, así como la cepa y la edad de las plantaciones. Las enfermedades y los insectos plagas se categorizaron siguiendo los postulados de las metodologías y escalas de evaluación descritas por Rodríguez *et al.*(2002), Chinea (2004) y por Figueredo *et al*. (2005). En el caso de la evaluación de *Diatraea spp.* y *Aeneolamia spp.* se utilizaron las metodologías de evaluación descritas por Linares (1984), Yépez y Linares (1987) y Ferrer y Guedes (1990), en Venezuela. Sobre la base de los resultados alcanzados se realizó un conjunto de recomendaciones, entre las que se destacan: Aplicar el proyecto de variedades y semilla en los plazos establecidos para reducir las áreas ocupadas por cultivares susceptibles a las principales enfermedades y plagas. Evitar que algunos cultivares que cuentan con un cuadro fitopatológico difícil ocupen más del 15% del área bajo cultivo. Implementar un sistema de manejo integrado de plagas para la caña de azúcar que ofrezca la posibilidad de un control temprano y eficaz de las plagas y enfermedades que puedan afectar el cultivo. Tomar las medidas pertinentes para reducir la incidencia de la enfermedad de la roya y el taladrador de la caña de azúcar así como su nivel de impacto sobre el desarrollo del cultivo.
Palabras claves: enfermedad, plaga, caña de azúcar

ABSTRACT

The work is developed in the Cojedes State, Bolivarian Republic of Venezuela, in the area delimited for the Agroindustrial Complex of By-products of the Sugar Cane "José Félix Ribas". For the disease and plague evaluations it is taken as starting point the areas from attention to producers in those which is divided the polygon, by selecting 60.54% of the planted total area with cane. The large boards to evaluate were selected by keeping in mind you variety them presents in each area, as well as the stump and the age of the plantations. The disease and the insects infest it is categorized by following the postulates of the methodologies and scales of evaluation describe for Rodríguez et al. (2002), Chinea (2004) and describe them for Figueredo et al. (2005). In the case of the evaluation of Diatraea spp. and Aeneolamia spp. used the methodologies of evaluation describe for Linares (1984), Yépez and Linares (1987) and Ferrer and Guedes (1990), in Venezuela. On the base of the reached results carried out a whole of recommendations, between those who stand out to him: Applying the project of variety and seed in the terms established to reduce the busy areas for variety susceptible to the main disease and infest. It avoids that someone variety that they count on a difficult fitopatológic square occupy more than 15% of the area below cultivation. Implementar a system of handling integrated of plagues for the sugar cane that offers the possibility of a control early and

effective of the plagues and disease that they can affect the cultivation. Taking the pertinent measures to reduce the incidence of the disease of the rust and the borer of the sugar cane your level of impact on the development of the cultivation
Keys words: disease, plague, sugar cane

INTRODUCCION

En la República Bolivariana de Venezuela desde del año 2007 **PDVSA AGRICOLA SA,** sociedad mercantil filial de **Petróleos de Venezuela S.A.,** desarrolla acciones del "**Proyecto Agrícola de Caña de Azúcar para la Producción de Etanol Combustible"** el cual contempla a los cultivares de caña de azúcar, como el medio donde se produce y se almacena en el campo el etanol, correspondiendo a las plantas procesadoras su obtención.

La caña de azúcar es una de las plantas de más altos rendimientos en biomasa por área y unidad de tiempo (Cuellar *et al*., 2003).

Las enfermedades y los insectos plagas constituyen uno de los principales factores que afectan la producción azucarera debido a que tienen una contribución considerable en las pérdidas tanto agrícolas como industriales que se producen en el proceso productivo (Chinea y Rodríguez, 1994).

Considerando la importancia potencial que representan las plagas en el satisfactorio avance y consolidación del cultivo de la caña de azúcar en el Complejo Agroindustrial "José Félix Ribas" del estado Cojedes, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de visualizar la situación fitosanitaria en el balance varietal, antes y después de aplicado el proyecto de variedades en el polígono y emitir recomendaciones que permitan establecer un manejo más eficaz de las plagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona delimitada para el Complejo Agroindustrial de Derivados de la Caña de Azúcar "José Félix Ribas", se ubica entre las coordenadas N-1.044.000 m. y 1,068.000 m. y E-508.000 m y 524,000 m. Por el Norte limita con la Carretera Troncal 5, al Sur con el municipio Ricaurte, al Este con el Río Camoruco, el municipio San Carlos y el municipio Ricaurte y al Oeste con el Río Cojedes y el Estado Portuguesa.

El censo realizado en el año 2011 dentro de la posible área reportó un total de 258 productores de caña de azúcar, de los cuales hay digitalizados un área bruta total aproximada 20199,0 ha y sembrada de caña, hasta la fecha, 10040,0 ha.

Las principales variables climáticas se caracterizan por temperaturas elevadas y uniformes, con medias anuales alrededor de 28 ºC. Las temperaturas diurnas y nocturnas nunca alcanzan valores inferiores a 20ºC. Los valores de la humedad relativa se incrementan a partir del mes de mayo con la consiguiente disminución de la temperatura, lo cual puede favorecer la incidencia de algunos patógenos. En este sentido la nubosidad propicia el mantenimiento de estos valores por un tiempo mayor. La evaporación es más elevada en el período de diciembre a abril, aunque con muy poca influencia en la humedad relativa, debido a que en estos meses las precipitaciones son muy escasas.

Existen diferencias en la cantidad de lluvia total anual registrada en diferentes lugares del área de estudio. En las estaciones que se encuentran más al Norte, por su cercanía a la zona montañosa, se registran valores superiores (San Rafael de Onoto y Santa Teresa) a las que se ubican en la llanura central (Palo Quemado). Los valores oscilan entre 39.9 y 184.0 mm alcanzando la máxima, promedios muy superiores que sobrepasan los 2000 mm, con mínimas inferiores a 900 mm.

Para las evaluaciones fitosanitarias se tomó como punto de partida las zonas de atención a productores en las cuales está dividido el polígono, seleccionando el 60,54% del área total plantada con caña. Los tablones a evaluar fueron seleccionados teniendo en cuenta los cultivares presentes en cada zona, así como la cepa y la edad de las plantaciones. Se presenta un análisis de la evolución de la resistencia en la composición de cultivares al inicio y una vez aplicado el proyecto de variedades. También se ofrece la información de las variedades mas afectadas por la enfermedad o la plaga evaluada a nivel del polígono (INICA, 2010a).

El trabajo se desarrolló siguiendo las metodologías y escalas de evaluación descritas por Rodríguez *et al.*(2002), las cuales han sido empleadas además en México, Cuba y Panamá, las de Chinea (2004) y las descritas por Figueredo *et al*. (2005), en Venezuela. Para el caso de la evaluación de *Diatraea spp.* y *Aeneolamia spp.* se utilizaron las metodologías de evaluación descritas por Linares (1984), Yépez y Linares (1987) y Ferrer y Guedes (1990), en Venezuela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enfermedades y plagas de la caña de azúcar constituyen uno de los principales factores negativos para la producción de azúcar y etanol (Nass *et al*., 1991). En el Cuadro 1 se puede observar el estado fitosanitario de los cultivares en las áreas del polígono (INICA, 2010). Se aprecian los altos porcentajes de las áreas ocupadas por cultivares susceptibles ante la roya, carbón, escaldadura foliar y candelilla, lo cual indica que en este momento, antes de la aplicación del proyecto de variedades, la composición de cultivares es predominantemente susceptible y merece prestarle la máxima atención, en particular, al cultivar C323-68 por los altos porcentajes de área que ocupa. Por otra parte, se aprecia una tendencia favorable para el mosaico y el taladrador del tallo.

Cuadro I. Situación fitosanitaria de los cultivares en el polígono.

Cultivares	**% Area**	**Roya**	**Carbón**	**E. foliar**	**Mosaico**	**Candelilla**	***Diatraea***
Antes de la aplicación del proyecto de variedades							
R+MR	100	16,77	16,77	21,45	85,40	18,45	66,54
AS+S	100	70,75	70,75	63,85	-	55,66	22,23
T	100	11,43	11,43	11,43	-	-	-
Al terminar el proyecto de variedades							
R+MR	100	48,73	57,32	38,21	60,82		39,17
AS+S	100	38,21	32,48	28,96	5,73		31,85
T	100	13,06	13,06	13,06	-		-

R- Resistente; MR- Moderadamente resistente; S- Susceptible; AS- Altamente susceptible ; T- Tolerante

Ante estas circunstancias se necesita que la implementación del proyecto requiera, en lo posible, de genotipos con resistencia o al menos tolerancia a las principales plagas y enfermedades que afectan los rendimientos del cultivo, de manera que posibilite conformar una composición varietal más eficiente desde el punto de vista fitosanitario y agroproductivo. En la propuesta para el cierre del proyecto se alcanzan tales propósitos, pues para todas las enfermedades y plagas se manifiestan valores favorables a la resistencia.

En el caso de la roya común y el carbón, las aéreas cubiertas por cultivares susceptibles disminuirán hasta el 38,21% y 32,48%, respectivamente; para el resto de las enfermedades y plagas éstos no alcanzarán el 32% del área con cultivares susceptibles a estas patologías.

El mosaico, aunque experimenta una disminución de su área de individuos resistentes, alcanza los valores más altos. El hecho de que la CR87-339 manifieste tolerancia ante roya, carbón y escaldadura foliar, unido a los cultivares susceptibles, incrementa el porcentaje de área con individuos presentando síntomas de estas enfermedades y constituyendo además una fuente de inoculo adicional. Debido a esto, es conveniente revisar sistemáticamente la propuesta de cultivares por el hecho de que algunos en desarrollo y promisorios manifiestan susceptibilidad a determinadas enfermedades, por lo que debe tenerse en cuenta un control riguroso y periódico de los cultivares y de las áreas a plantar en el proyecto.

De la evaluación de los cultivares en el campo se apreció que la enfermedad del carbón estuvo presente en 108,14 ha para un 18,05% del área evaluada, aunque en grados de afectación muy bajos. Los cultivares C323-68, CP74-2005 y PR75-2002 son los únicos afectados por la enfermedad en más del 25% del área

evaluada. Esta situación puede incrementarse en el tiempo con las cosechas sucesivas, pues es una enfermedad que produce las mayores afectaciones en las socas.

La roya común, sin embargo, presenta una situación más preocupante pues en el 60,02% del área estuvo presente, generalmente con un alto grado de incidencia en la mayoría de los cultivares. Los cultivares CP74-2005, C323-68 y CR87-339 manifestaron una incidencia superior al 70% del área evaluada y casi siempre resistencias muy bajas. El Pokkah boeng tuvo incidencia en la generalidad de los cultivares, principalmente en aquellos más propagados. En este sentido es conveniente resaltar que PR83-1248 se ha comportado como el más sensible ante esta enfermedad. Según Ordosgoitti *et al*. (1979) estas enfermedades están consideradas de amplia distribución por todo el país.

En el caso de las plagas de insectos, el barrenador *Diatraea spp.* fue detectado en el 74,67% del área evaluada en el polígono, significando que los cultivares con mayor afectación fueron C323-68, RB855035, CR87-339, CC85-92 y CP74-2005, los cuales mostraron un área de incidencia de la plaga por encima del 33%, alcanzando en el caso de C323-68 el 45,35% de su área con presencia del insecto; todas con un alto grado de afectación. Esto requiere de medidas de control efectivas para disminuir o atenuar los daños que ocasiona. Los insectos defoliadores estuvieron presentes en el 41,63% del total evaluado, siendo los cultivares CR87-339, PR83-1248, C323-68 y CP74-2005 los que presentaron el mayor porcentaje de afectación. Las especies más frecuentes encontradas fueron el cogollero del maíz y el gusano medidor, así como el salta hojas hawaiano y el pulgón amarillo.

También señalar el comportamiento estable presentado por algunos genotipos como RB855113, RB855546 y CC85-92, que mostraron afectación en grados muy bajos y en ocasiones ausentes. Ordosgoitti y Aponte (1986) y Zérega y Hernández (1991), señalan que en Venezuela, en los últimos años, se han destacado por su influencia negativa en el rendimiento, entre otras, las enfermedades del carbón (*Ustilago scitaminea* = *Sporisorium scitamineum*) y roya común (*Puccinia melanocephala*); así como la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) y el raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*), enfermedades, estas últimas, que no pudieron ser evaluada convenientemente en este trabajo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la aplicación del proyecto de variedades se reduce considerablemente la cantidad de áreas ocupadas por cultivares susceptibles a las principales enfermedades y plagas del cultivo.
- En la evaluación de campo sólo la enfermedad de la roya común y el taladrador de la caña de azúcar tuvieron una incidencia de importancia en el manejo del cultivo.
- Evitar que algunos cultivares que cuentan con un cuadro fitopatológico difícil ocupen más del 15% del área bajo cultivo.
- Implementar un sistema de manejo integrado de plagas para la caña de azúcar que ofrezca la posibilidad de un control temprano y eficaz de las plagas y enfermedades que puedan afectar el cultivo

REFERENCIAS

Chinea, A. . El raquitismo de los retoños: una peligrosa enfermedad que el cañicultor debe conocer y puede controlar. Cuba & Caña, 2004, 1, 8-11.

Figueredo, L.; Hernández, L. y Linares, B. . Relación epidemiológica entre áfidos (Homoptera: Afididae) y enfermedades virales en el cultivo de la caña de azúcar en los Valles de los ríos Turbio y Yaracuy, Venezuela. Caña de Azúcar, 2005, 22, 1, 5-19.

Ferrer, F.; Guedez, E. . Estudio de los daños causados por D*iatraea* spp. (Lepidóptera: Pyralidae) en el área de influencia de la Azucarera Río Turbio en los años 1986-1987-1988. Caña de Azúcar, 1990, 8, 1, 25-35.

VULNERABILIDAD ANTE LA ESCALDADURA FOLIAR [*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson] DE LAS UNIDADES PRODUCTORAS DE CAÑA DE LA EMPRESA AZUCARERA ARTEMISA

VULNERABILITY TO LEAF SCALD DISEASE *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson IN SUGARCANE PRODUCING AREAS OF ARTEMISA SUGARCANE ENTERPRISE

Francisco Alfonso, Susana de la C. Tuero, Eusebia de la C. Pérez, Mirta E. Pérez, María de la L. LaO y Rolando González

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)

RESUMEN

La escaldadura foliar puede causar graves efectos depresivos sobre los rendimientos agrícolas e industriales en la caña de azúcar. Las primeros síntomas de la enfermedad en la Empresa Azucarera Artemisa se observaron en los años 2000-2001 y durante 2013 y 2014 reapareció afectando los cultivares C87-51, C90-530 y SP70-1284 en áreas de semilla, lo que conllevó a realizar un análisis de la proyección de la composición de cultivares para el periodo 2015-2019 en las Unidades Productoras de Caña de la Empresa y su reacción ante la enfermedad para conocer su vulnerabilidad. La presencia del patógeno, porcentajes de áreas superiores al 50% ocupadas por cultivares susceptibles e intermedios en la mayoría de las unidades productoras y lo favorable del clima para el desarrollo de la enfermedad, señalan a estas plantaciones como vulnerables a los ataques de la enfermedad y ocurrencia de epifitias.

Palabras claves: caña de azúcar, escaldadura foliar, vulnerabilidad, enfermedad, resistencia

ABSTRACT

Leaf scald of sugarcane is able to decline severely both, the agricultural and industrial yields. The first symptoms of this disease in Artemisa Sugarcane Enterprise were observed during 2000-2001, and resourced in 2013-2014 years, affecting seed plantations of C87-51, C90-530 and SP70-1284 cultivars, when an analysis of the new reality suggested a reformulation of the varietal composition for 2015-2019 period in the sugar enterprise, according with the reaction and vulnerability to leaf scald disease. Presence and spraying of the causal organism, a high percentage of the area planted with susceptible or intermediate cultivars, and the existence of favorable conditions for the disease development, expressed a high vulnerability for leaf scald epidemic development.

Key words: sugarcane, leaf scald, vulnerability, disease resistance

INTRODUCCIÓN

La escaldadura foliar [*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson] es una enfermedad que puede causar graves efectos depresivos sobre los rendimientos agrícolas e industriales en caña de azúcar.
Las primeras evidencias de la enfermedad en áreas de la actualmente Empresa Azucarera Artemisa datan de los años 2000-2001 (Alfonso *et al*., 2004) y en los años 2013 y 2014 se observaron síntomas presuntivos en áreas de semilla. Debido a esto, se realizaron encuestas en los Centros de Semilla Registrada de la Empresa

Azucarera y se hizo un análisis de la proyección, para el periodo 2015-2019, de la composición varietal de sus unidades productoras para conocer la vulnerabilidad de estas ante posibles ataques de la escaldadura foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones se realizaron durante el período febrero 2013 – febrero 2014. De las plantas presentando síntomas sospechosos de la enfermedad se tomaron muestras de tallos y hojas para su diagnóstico, los que se realizaron en el laboratorio central del INICA por cultivo del microorganismo en medio Wilbrink y Reacción en Cadena de la Polimerasa.
El análisis de la vulnerabilidad de las plantaciones ante los ataques de la enfermedad se realizó a partir de la reacción de los cultivares incluidos en la proyección de la composición varietal para el periodo 2015-2019 a nivel Unidades Productoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultaron positivas para *X. albilineans* las muestras de los cultivares C87-51 y C93-540 en Abraham Lincoln, C87-51 y SP70-1284 en Harlem y C87-51 en 30 de Noviembre (Figuras 1, 2, 3 y 4). De los 25 cultivares de reacción conocida actualmente bajo cultivo en las Unidades Empresariales de Base de la provincia, el 52.0 % es susceptible a la enfermedad; catalogándose Harlem como crítica debido a los altos porcentajes de áreas con individuos susceptibles proyectados para el periodo 2015-2019.

Figuras 1, 2 y 3. Síntomas típicos de la enfermedad en el cultivar C87-51 (Figura 1) en el BSR de la UEB Harlem, en C87-51 (Figura 2) en el BSR de la UEB 30 de Noviembre y C93-540 (Figura 3) en el BSR de la UEB Abraham Lincoln.

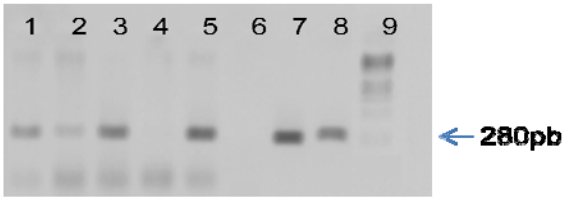


Figura 4 Fragmentos de ADN 280pb específicos de *Xanthomonasalbilineans*, amplificado por Reacción en Cadena de la Polimerasa con los cebadores PGBL1/PGBL2. Las muestras corresponden a cultivar C93-540 de Abraham Lincoln (1), C87-51 de Harlem (2), SP70-1284 de 30 de noviembre (3), control planta sana Co997 (4), C87-51 de Harlem (5), control negativo mezcla de reacción (6), control positivo ADN cepa bacteriana Q4 (7), control positivo ADN planta enferma (8) y marcador de peso molecular 100pb (Promega) .

La escaldadura foliar posee una alta dependencia de los factores del clima, principalmente las altas temperaturas acompañadas por abundantes precipitaciones (Alfonso *et al*., 2014). En el escenario estudiado las temperaturas anuales oscilan entre 19,2 y 30.0^{0}C, con media de 24,5^{0}C, en tanto las precipitaciones promedio son de 1538,7 mm. Estas condiciones son consideradas favorables para el desarrollo de la enfermedad. Además, las plantaciones cañeras se encuentran ubicadas en zonas geográficas donde ocurren los frentes fríos, generalmente acompañados por lluvias en invierno y el período lluvioso y temperaturas relativamente altas durante primavera-verano donde se incrementan, además, las probabilidades del paso o influencia de huracanes y tormentas tropicales, lo que favorece la diseminación e intensidad que puede alcanzar la escaldadura foliar.

En las Unidades Productoras de la UEB Abraham Lincoln, las áreas proyectadas a ocupar por cultivares resistentes son superiores a las susceptibles y prácticamente no poseen cultivares intermedios, lo que facilita el manejo de estos en caso de epifitias. Las UBPC Julito Díaz, Rigoberto Corcho, José A. Labrador y Quebrada del Yuro, y la CCS Marcos Martí poseerán un balance varietal favorable a la resistencia hacia 2019; sin embargo, en el resto de las unidades los porcentajes de cultivares susceptibles son altos (Tabla 2). En todos los casos, los cultivares más influyentes en la vulnerabilidad de las unidades son C323-68 y CP52-43, susceptibles a la enfermedad.

Tabla 2. Proyección de área (%) a ocupar durante el periodo 2015-2019 por cultivares susceptibles en las unidades productoras de Abraham Lincoln.

Unidad Productora	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
UBPC Carlos Baliño*	58.4	60.3	60.2	64.1	64.1
UBPC Rigoberto Corcho	48.0	49.7	44.2	36.2	33.7
UBPC José A. Labrador	45.2	47.6	37.5	38.7	38.7
UBPC Victoria de Girón*	67.4	67.8	68.8	69.0	59.2
UBPC Quebrada del Yuro	20.3	21.3	25.2	39.3	39.7
UBPC Julito Díaz	18.8	18.8	18.8	18.7	27.7
CPA Orlando Nodarse	40.0	42.7	41.6	43.5	47.1
CPA Ismael Ricondo	55.0	54.6	51.9	49.0	47.9
CCS Francisco Costa*	62.1	62.4	53.2	58.1	64.6
CCS Flores Betancourt*	84.3	76.8	73.2	71.3	68.3
CCS Marcos Martí	30.4	30.4	30.4	31.6	36.7

*- Poseen áreas con cultivares no probados en pruebas de resistencia.

Las unidades productoras de Harlem son consideradas las más vulnerables a sufrir graves epifitias pues son las que menores áreas ocuparán con cultivares resistentes y de ellas el 70,6% poseerán más de un 50% del área plantada con cultivares susceptibles y un porcentaje alto de los intermedios. Las UBPC Blanca Arena, Hermanos Cruz y las CPA Alfredo Rodríguez y José Martí, son las de menores porcentajes de áreas con cultivares susceptibles; sin embargo, cuentan con amplias áreas de los intermedios, lo que las convierte igualmente en vulnerables. Se consideran como las más críticas las UBPC Comandante Cruz, las CPA Camilo Cienfuegos, Eberto Polanco y Raúl Sánchez y la GE Camilo Cienfuegos (Tabla 3). Los cultivares que mayor influyen en el estado fitosanitario negativo de las unidades son C87-51, C323-68, C132-81, C86-503, CP52-43 y SP70-1284.

Tabla 3. Proyección de área (%) a ocupar durante el periodo 2015-2019 por cultivares susceptibles en las unidades productoras de la UEB Harlem.

Unidad Productora	2015	2016	2017	2018	2019
UBPC Corojal	71.1	71.1	71.1	63.2	62.3
UBPC Blanca Arena	54.6	51.4	44.9	39.5	39.9
UBPC Frías	63.5	64.5	66.6	59.58	71.3
UBPC Comandante Cruz	90.3	90.3	90.3	84.2	79.7
UBPC Hermanos Cruz	83.5	59.8	59.8	56.7	46.8
UBPC San Juan de Dios	64.4	61.5	66.8	65.3	66.4
UBPC Corojalito	70.9	70.9	70.9	60.9	65.1
CPA Camilo Cienfuegos	49.6	49.1	58.7	60.8	75.1
CPA José Martí	46.6	53.0	45.0	43.7	42.8
CPA Eberto Polanco	80.2	73.5	77.4	82.0	82.0
CPA Alfredo Rodríguez	40.0	40.0	43.7	44.2	45,8
CPA Raúl Sánchez	81.9	81.9	84.9	84.9	84.9
G M Redención	58.7	58.3	61.8	61.5	55.9
G E Camilo Cienfuegos*	77.0	83.1	83.1	87.0	87.0
CCS Basilio Rabelo	31.4	42.1	56.0	54.1	55.2
CCS José Manuel Lazo	95.7	59.5	57.3	60.8	60.8
CCS Genaro Arzola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*- Poseen áreas con cultivares no probados en pruebas de resistencia.

La mayoría de las Unidades Productoras de 30 de Noviembre cuenta con porcentajes de área con cultivares susceptibles por debajo del 50% (Tabla 4). Sólo la CPA Capitán Tomás y la CCSF Irma Echevarría sobrepasan ese porcentaje; el resto presenta una composición varietal favorable hacia la resistencia. Sin embargo, las UBPC Rafael Ferro, La Paloma y José Martí y la CPA Leopoldo Reyes poseen altos porcentajes de los intermedios por lo que deben prestar atención ante una emergencia fitosanitaria. Los cultivares de mayor influencia en el porcentaje de los susceptibles son C87-51, C323-68, C86-503, CP52-43 y SP70-1284.

Tabla 4. Proyección de área (%) a ocupar durante el periodo 2015-2019 por cultivares susceptibles en las unidades productoras de la UEB 30 de Noviembre.

Unidad Productora	2015	2016	2017	2018	2019
UBPC Novillo*	19.0	22.3	19.7	20.7	21.1
UBPC José Martí*	24.3	24.5	32.6	31.6	31.7
UBPC Sumalacara*	29.6	31.9	32.5	33.0	38.0
UBPC Rafael Ferro	23.6	27.5	35.8	33.8	27.9
UBPC Jesús Menéndez	49.2	39.3	48.9	42.2	45.4
UBPC La Paloma	25.6	33.8	39.5	32.5	40.7
CPA José Martí	39.9	45.6	42.7	42.7	45.5
CPA Leopoldo Reyes	43.7	38.1	41.1	34.6	33.5
CPA 14 de Junio	42.1	45.7	45.7	45.7	33.8
CPA José Manuel Lazo	47.4	50.6	50.6	41.9	36.8
CPA Capitán Tomás	79.7	80.1	80.1	81.4	52.0
CCSF Irma Echevarría	35.3	54.2	46.1	44.2	53.1
CCS Celia Sánchez*	33.4	35.8	42.3	45.0	43.7
CCS Camilo Cienfuegos	32.0	8.8	8.8	8.8	0.0
CCSF Manuel González	31.5	27.6	26.6	31.1	25.0

CCSF José Reyes	12.5	12.0	12.0	13.7	13.9

*- Poseen áreas con cultivares no probados en pruebas de resistencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Acorde al clima, la presencia del agente causal de la escaldadura foliar en el territorio y el porcentaje de área proyectado a ocupar por cultivares de reacción intermedia y susceptible para el periodo 2015-2019, existen condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad en las plantaciones de las unidades productoras de caña de azúcar de la provincia de Artemisa. Debido a esto, deben tomarse adecuadas medidas de cuarentena interna que no contribuyan a la distribución del patógeno, aplicar eficientemente las medidas de manejo de la enfermedad en los centros de producción de semilla categorizada, mantener la vigilancia fitosanitaria permanente para la detección precoz de focos primarios y establecer una composición de cultivares favorable hacia la resistencia. Esto permitirá reducir la vulnerabilidad de las plantaciones y minimizará los riesgos de ocurrencia de epifitias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso, F., Aleika Iglesias, Isabel Alfonso y María La O. Aspectos epifitiológicos de la escaldadura foliar de la caña de azúcar en la provincia Pinar del Río. V Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, Mayo 24-28, 2004, La Habana.

Alfonso, F., C. R. Rodríguez, Mérida Rodríguez, C. Cáceres, Dilcia Peña, Yulixe López, Mirta E. Pérez, Midiala Peña, O. Rodríguez, J. Rodríguez, O. Aday, A. Solís y Mónica Tamayo. Distribución de la escaldadura foliar y comportamiento varietal en plantaciones de caña de azúcar para la producción de etanol en Venezuela. Revista ATAC, Vol. 75, No 3, pág. 20-25, 2014.

Trionymus sacchari Cockerell EN CAÑA DE AZÚCAR

Trionymus sacchari Cockerell IN SUGARCANE

Zoila Loddo Vega[1], Ana Lidia Jiménez Reyes[1], Mérida Rodríguez Regal[1], Eida Rodríguez Lema[1], Héctor Sariol Bring[2], Carlos Granado Rojas[1] y Yaquelín Puchades Izaguirre[1].

[1] Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas (GESA) Granma del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) E-mail: zloddo@gesagr.azcuba.cu
[2] Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Granma

RESUMEN

La vigilancia fitosanitaria establecida por el Servicio Fitosanitario permitió detectar variaciones en las poblaciones de *Trionymus sacchari* Cockerell en el cultivo de la caña de azúcar. En este trabajo se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas en áreas cañeras de la UBPC ¨Los Chinos¨ de la provincia Granma, para ello se empleó el método de sobre cerrado y una escala de cuatro grados que categorizó la infestación e intensidad de los daños. Como resultado se evidenció la presencia de colonias del insecto con 75 individuos promedio por nudo del tallo, lo que produjo una mortalidad estimada del 36,67% de los tallos, con repercusión en la producción del área para la venidera zafra. Los cambios ocurridos en las poblaciones de *T. sacchari* alertan la necesidad de reforzar la vigilancia conductual de esta especie en los diferentes territorios y de emprender estudios que permitan definir sus causas.

Palabras claves: Chinche harinosa, caña de azúcar, *Tryonimus sacchari*

ABSTRACT

Populational changes of *T. sacchari* were detected through the plant pets surveillance established by the Sugarcane Phytopathology Service. This work showed the results obtained in the Production Unit ¨Los Chinos¨ in Granma province. In sugarcane commercial fields of this site were observed death stools. It was employed the sampling method of on closed and the four grade scale. It was found an average of 75 individuals for kink and, also the 36.67% of the evaluated stalks were affected for the pest leaving them completely dried. So it was observed affectations in the estimated cane yield for this harvest. It is necessary led studies to assess the factors involved in insect population change and undertake actions to control the pets and its harmful effect over sugarcane plantations.

Key words: mealybug, sugarcane, *Tryonimus sacchari*

INTRODUCCIÓN

La cochinilla o chinche rosada de la caña de azúcar, está ampliamente difundida en las zonas cañeras del mundo. Esta especie que afecta la base de las hojas de la caña fue citada por Wille como *Pseudococcus sacchari* (Cockerell) y por otros con el nombre de *Trionymus sacchari* Ckll. En Colombia se encuentra reportada en algunas especies de poáceas y en caña (1). El género *Trionymus* fue descrito por Berg, (1899) y comprende un amplio número de especies que generalmente infestan a las gramíneas.

A pesar de su distribución geográfica es una especie poco estudiada, y se considera una plaga ocasional. Sus poblaciones se exacerban, mayormente con condiciones climáticas extremas. Los daños se producen cuando los insectos se alimentan principalmente del floema o del parénquima de los entrenudos de los tallos, debajo de la yagua se observan secreciones cerosas abundantes de color blanquecino. Cuando las plagas están asociadas con hormigas sus poblaciones se incrementan considerablemente (2).

La extracción de savia es la mayor causa del daño directo a la planta, pero no se descarta la probabilidad de que puedan trasmitir patógenos y/o toxinas que pueden reducir aún más el vigor de la planta y eventualmente matar a la hospedera (3). Indirectamente las sustancias azucaradas excretadas de la alimentación, sirven de alimento para las hormigas, que a su vez controlan a los parasitoides de la plaga.

En plantaciones desarrolladas de caña de azúcar se ha observado, que una alta población de chinches produce amarillamiento de las hojas y reducción del tejido en la zona del nudo. En infestaciones tempranas puede provocar muerte de las cepas y de los tallos severamente infestados.

El impacto económico se produce cuando se complementan los daños del insecto con la aparición de fumagina (*Capanodium* sp.) en las excretas azucaradas de la especie, el crecimiento del hongo reduce la actividad fotosintética de la planta, y por tanto se afecta la concentración de azúcar y el tonelaje de caña. Hasta la fecha no hay una valoración cuantificada de las pérdidas.

La vigilancia fitosanitaria establecida por el Servicio Fitosanitario a la Caña de Azúcar (SEFIT) en la provincia Granma permitió detectar variaciones en las poblaciones de este insecto. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la magnitud de población y los daños provocados por la chinche harinosa rosada en áreas plantadas con caña de azúcar en la UBPC ¨Los Chinos¨ de la provincia de Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el campo 2 del bloque 19 plantado con la variedad C90-530 de cepa Primavera/2014 con 11 meses de edad, perteneciente a la Unidad de Producción Cooperativa ¨ Los Chinos¨ de la Unidad Empresarial de Base (UEB) ¨Roberto Ramírez¨ del municipio Niquero. Se colectaron distintos estadios del insecto los que fueron trasladados al Departamento de Entomología del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal para su identificación.

El método de muestreo empleado fue el de 5 puntos considerando cada uno como una estación de muestreo, en cada una de ellas se seleccionaron al azar 6 tallos para un total de 30 tallos. Para realizar un mejor conteo de las chinches por colonias, se cortaron los tallos al ras de suelo y para la categorización se empleó la escala modificada (4) (Tabla I).

Tabla I.

Suresh & Chandra (2008) Modificada		
Clase	Categoría	Descripción
1	Ausente	0 Chinches
2	Ligero	1 a 10 aisladas Chinches en un nudo, menos de 5 tallos con presencia de colonias aisladas con bajo número de individuos.
3	Medio	De 11-20 Chinches en un nudo, de 5 a 10 tallos con presencia de colonias aisladas con bajo número de individuos. Manchas de humedad sin chorreaduras.
4	Intenso	Más de 20 Chinches en un nudo con depresión de los entrenudos, más de 10 tallos con presencia de colonias con abundante número de individuos. Manchas de humedad y chorreaduras en el arropado de los tallos (lo que indican la existencia de abundantes colonias de Chinches bajo la misma)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las áreas evaluadas el Departamento de Entomología del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal confirmó la presencia de la especie como *Trionymus sacchari* Cockerell de la familia Pseudococcidae. Las observaciones demuestran que *T. sacchari* está presente en los nudos de los tallos de la caña de azúcar formando colonias debajo de las vainas, en las partes protegidas de la planta lo que concuerda con lo planteado por algunos autores (5).

La infestación de esta plaga alcanzó un promedio de 787 individuos por tallo y 75 por nudo en los tallos, con un 36,67 de nudos deprimidos. El 63,33% de los tallos evaluados presentaron colonias con abundantes individuos (Tabla II). No se advirtió presencia de enemigos naturales.

Tabla II. Comportamiento de los indicadores evaluados.

Tallos evaluados	30
Promedio de individuos/tallo	787
Promedio de individuos/anilla	75
% de tallos con depresión de los entrenudos	36.67
% tallos con presencia de colonias con abundantes individuos	63.33

Figura.1 Efecto de la población de chinche harinosa rosada (*T. sacchari*) en caña de azúcar. a. Depresión de los entrenudos como consecuencia del ataque. b. Presencia de hormigas en asociación con las colonias. c. Campo afectado.

De acuerdo a la escala de evaluación utilizada la categoría del campo fue intensa. Fue evidente la asociación entre hormigas y chinche harinosa en los tallos donde estaban presentes las colonias. Según diversos autores (1) esta asociación exacerba el potencial de dispersión de los pseudococcidos (Figura 1b.). Todo parece indicar que las chinches abandonan los tallos severamente dañados, ya que no se observó presencia de insectos en aquellos que ya estaban completamente deprimidos y muertos (Figura 1a.).

Los resultados de la evaluación realizada nos permiten afirmar que los daños provocados por esta plaga están asociados a la población de individuos por colonias presentes en los anillos de la caña, con una considerable succión de la savia, lo que provocó su debilitamiento y muerte en muchos casos.

Tallos con colonias con pocos insectos no parecen visualmente afectados en su vigor como se observa en la misma Figura 1b, sin embargo una vista parcial del campo evidencia el foco de la especie y los daños ocasionados por su población, tallos visiblemente afectados con muy pocas hojas activas donde

las altas poblaciones de estos pseudococcidos provocaron serios efectos en detrimento del desarrollo y la producción del cultivo (Figura 1c.).

Se plantea que la cosecha de campos con altas poblaciones de este insecto afecta la filtración y clarificación de los jugos en la fábrica, producto de la abundante cera que reviste a los individuos influyendo negativamente en el proceso industrial.

Se plantea que los cambios en la distribución y dispersión o expansión de las especies resulta un importante indicador para evaluar el efecto del cambio climático sobre las poblaciones de insectos (6).

Los cambios ocurridos en las poblaciones de la chinche harinosa rosada del tallo de la caña de azúcar en esta localidad pudieran estar relacionados con este fenómeno y constituyen una alerta sobre la necesidad de incrementar las observaciones no sólo de los organismos que constituyen plagas, sino de aquellos menores que pueden cambiar su conducta.

Con estos resultados se hace evidente la necesidad de emprender estudios que den respuesta a los cambios estacionales de los individuos y que evalúen acciones que faciliten tomar acciones que permitan reducir los cambios y con ello su efecto negativo en los cultivos

CONCLUSIONES

La presencia de *Trionymus sacchari* Cockerell en poblaciones de 75 individuos por nudo del tallo provocó pérdidas en la producción de caña de azúcar con la muerte del 36,67% de los tallos molibles.

RECOMENDACIONES

Los cambios ocurridos en las poblaciones de *Trionymus sacchari* Cockerell alertan la necesidad de reforzar la vigilancia conductual de esta especie en los diferente territorios y de emprender estudios que den respuesta a las acciones que permitan reducir sus poblaciones y con ello su efecto negativo en los cañaverales cubanos.

REFERENCIAS

1. Ramos P. A. A. y F. J. Serna C. (2004). Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemíptera: Pseudococcidae)
2. Gómez, L. Y L. Lastra. (1995). Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. En: El cultivo de la caña en la Zona Azucarera de Colombia. CENICAÑA, Cali.: 237-263.
3. Gullan, P. and Martin, J.(2003). Sternorrhyncha (jumping plant lice, whiteflies, aphids, and scale insects). En: Encyclopedia of Insects. s.l.: Academic Press, 2003. p. 1079-1089.
4. Suresh, S. & K. P.Chandra. (2008). Seasonal Incidence of economically important coccid pests in Tamil Nadu. *In:* M. Branco, J.C. Franco & C.J. Hodgson (Eds). *Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies.* Oeiras, Portugal: pp. 285-291.
5. Arnal, E.; F. Cerdá; M. Cermeli; J. Clavijo; J. De Marmels; J. L. García; F. Godoy; L. J. Joly; P. Morales; E. Osuna; C. J. Rosales y V. Savini. (2003). Entomofauna Agrícola Venezolana. Facultad de Agronomía, Departamento de Zoología Agrícola, Fundación Polar, Venezuela: 191 p.
6. Vázquez Moreno, Luis L. (2007). Contribución de la sequía a los desastres fitosanitarios causados por insectos y recomendaciones para mitigar sus impactos. Portal del medioambiente: Agricultura: 10 pág. Disponible en: http: www.portal del medio ambiente.com Consultado en marzo/2014.

IMPACTO CIENTÍFICO-PRODUCTIVO DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA HOLGUÍN

SCIENTIFIC-PRODUCTIVE IMPACT OF THE SUGARCANE BREEDING PROGRAM IN THE HOLGUIN PROVINCE

R. Cruz S.; Y. Mendoza B.; A. Solís B.; J. Rodríguez Z.; J. Ibarra R.; Y. Vaillant C.; H. Cuello T.; A. Céspedes Z. y O. Luis M.

Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín.
Provincial Sugarcane Research Station of Holguín.

e-mail: rubisel.cruz@inicahl.azcuba.cu

Resumen

Se ofrece una panorámica sobre los resultados obtenidos por el Programa de Mejoramiento Genético de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín durante el periodo 1992-2014. Se tratan aspectos relacionados con la evolución y composición de la Colección de Germoplasma, el trabajo de selección en las diferentes etapas del esquema, la recomendación e introducción de nuevos cultivares de caña de azúcar en áreas de producción y su contribución a la sostenibilidad de la agroindustria azucarera en la provincia, a partir del incremento del porcentaje de área con cultivares adaptados para ciclo largo y el mejoramiento de los niveles de resistencia a las enfermedades roya común y carbón. Se abordan, asimismo, los resultados obtenidos en las Pruebas Estatales de Resistencia a enfermedades y los relativos a estudios del comportamiento de la floración en diferentes localidades.

Palabras clave: caña de azúcar, germoplasma, selección

Summary

In this paper a panoramic of results obtained by the Breeding Program of the Provincial Sugarcane Research Station of Holguín during the period 1992-2014 are offered. Aspects related with the evolution and composition of the Germplasm Collection, the selection work in different stages of the scheme and the recommendation and introduction of new sugarcane cultivars in production areas are approached and its contribution to the sustainability of the sugar agroindustry in the province by increasing the percentage of area with adapted cultivars for large cycle and the improvement of resistance levels to diseases common rust and smut. Results obtained in State Tests of Resistance to diseases common rust, smut and sugarcane mosaic virus (SCMV) and those related to studies of the flowering behavior in different localities are approached also.

Key words: sugarcane, germplasm, selection, drought.

ESTIMACIÓN DEL DAÑO PRODUCIDO POR EL BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea saccharalis* Fab.) EN CUATRO CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR

ASSESSING DAMAGES PRODUCE BY STEM BORER (*Diatraea saccharalis* Fab.) IN FOUR SUGARCANE CULTIVARS

Mérida Rodríguez Regal[1], Héctor Rodríguez Caballero[2], Antonio Chinea Martín[1], Zoila Loddo Vega[1], Jorge Felix Álvarez González[1], Ana Lidia Jiménez[1], Técnicos Gerencia Agrícola[2] y Viktoria Santos[2].

[1] Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Cuba. merida@inica.azcuba.cu
[2] Alcoholes del Uruguay S.A. República Oriental del Uruguay.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el factor de deterioro y las pérdidas económicas causadas por *Diatraea saccharalis*, se muestrearon áreas de producción de los cuatro cultivares de mayor importancia económica en el Ingenio "Ing. Alfredo Mones Quintela" de Alcoholes del Uruguay S.A. La metodología de muestreo utilizada para determinar el porcentaje de intensidad (I.I.) consideró tallos y entrenudos barrenados en campos y zonas. Para evaluar el índice de deterioro se simuló el daño formando agrupaciones de diferentes categorías a partir de 0 hasta 50 entrenudos infestados, con intervalos de 5 de manera constante hasta el valor máximo. A cada muestra se le estimó el contenido de azucares totales. El modelo cuadrático resultó eficiente para medir las variaciones del deterioro, por cada nivel de daño y cultivar. Los valores de pérdidas en azúcar, expresado en %RIT, fueron diferentes para cada variable y estuvieron condicionados a la intensidad de infestación. Se determinó un índice de deterioro de 0,3426; 0,3866; 0,1567 y 0,5182 kg azúcar/% de I.I. para los cultivares TUC77-42, LCP85-384, HoCP92-618 y TUC78-14, respectivamente. Los valores de pérdidas para la empresa se estiman en 1 487 136 kg de azúcar dejados de producir con un valor monetario de 992 172 USD.
Palabras clave: Barrenador, pérdidas en azúcar, caña de azúcar

ABSTRACT

For this purpose were screened the most extended four cultivars in commercial field of sugarcane mill "Ing. Alfredo Mones Quintela" from Alcoholes del Uruguay S.A. The sampling methodology used to determine the percentage of intensity (I.I.) it considered bored stalk and internodes in fields and zones. Borer damaged was simulate to assess deterioration index by creating clusters of different categories starting from 0 up to 50 bored internodes increasing 5 in a constant way until the maximum value. To each sample was determined content of sugar. A quadratic model was useful to measures deterioration factor at each damage level and cultivar. Sugar losses, expressed as %RIT were different for each variable and conditioned to infestation intensity. An index of deterioration of 0,3426; 0,3866; 0,1567 and 0,5182 kg sugar /% of I.I. was determined for cultivars TUC77-42, LCP85-384, HoCP92-618 and TUC78-14, respectively. The values of losses for the company are considered in 1 487 136 kg of sugar with a monetary value of 992 172 USD.
Keywords: borer, sugar losses, sugarcane

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, hasta la fecha, no se dispone de un Programa de Manejo de Plagas en caña de azúcar, lo cual constituye una vulnerabilidad del sistema de protección, toda vez que comparte fronteras con varios países productores de la gramínea. Las plagas y en especial *Diatraea saccharalis* se presentan como uno de los

factores limitantes de la producción, por tal motivo, es importante conocer los niveles de incidencia y severidad, lo cual posibilitará el establecimiento de alternativas para su mitigación.
Tomando en consideración los elementos antes mencionados, la Gerencia Agrícola de ALUR desarrolló un estudio para determinar el factor de deterioro y las pérdidas económicas causadas por el barrenador en los cuatro cultivares de mayor importancia económica del cultivo en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar los daños producidos por el barrenador *D. saccharalis* se tomaron muestras de 5 tallos en 3 puntos al azar de cada campo. Para la valoración del índice de daño mediante la Intensidad (%I.I. = Entrenudos barrenados X 100/Total de entrenudos), los tallos fueron seccionados longitudinalmente para cuantificar el total de entrenudos sanos y afectados.
Para determinar el índice de deterioro se simularon agrupaciones con diferentes categorías de daño, a partir de 0 y hasta 100% de entrenudos infestados, de manera constante, con intervalos incrementales de 5 entrenudos perforados con un máximo de 50 para la TUC77-42 y 30 para el resto (LCP85-384, HoCP92-618 y TUC78-14) dada la disponibilidad de material dañado.
De cada clase formada se generó una muestra independiente, que fueron ingresadas al Laboratorio de Cala del Ingenio para determinar los azucares totales mediante el Rendimiento Industrial Teórico RIT%. Se realizó un análisis de correlación entre el % de RIT y correspondiente valor de porcentaje de intensidad (%I.I.) por cultivar. El criterio de selección del modelo de mejor ajuste se fundamentó por el mayor valor del coeficiente de determinación (R^2).
Para el cálculo de los kg de azúcar perdidos por hectárea, se utilizó la fórmula: KAH = FP x TAz/ha x I.I., donde: KAH= kg de azúcar dejados de producir, FP= índice de deterioro, TAz/ha = Toneladas de azúcar por hectárea e I.I.= Porcentaje de intensidad (Valverde *et al.,* 1990). Las pérdidas en kilogramo de azúcar por cultivar y totales se estimaron a partir del Factor de Pérdida (FP), la intensidad de infestación y el real de azúcar producida en la cosecha de la zafra 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo de regresión que mejor se ajustó a las variaciones del %RIT en relación con %I.I. en los diferentes cultivares fue el cuadrático, y expresa que las pérdidas no son constantes en cada nivel de daño; sino que son crecientes en forma desigual, por cada nivel de intensidad, resultados similares fueron obtenidos por varios autores para distintas especies del género *Diatraea* (Ruiz *et. al*., 1968; Terán *et al.*, 1983, Barba, 1985 y Valverde *et al.*, 1990).
En los cuatro cultivares la correlación resultó aceptable dado los coeficientes de determinación obtenidos para el análisis, los valores estuvieron entre 0,41 y 0,75 por lo que estos llevan implicito gran parte de la varibilidad real del área agrícola que abastece a la empresa. Los coeficientes βo son diferentes y describen el deterioro que ocasiona el barrenador en cada cultivar. HoCP92-618 fue la que menor coeficiente presentó (0,1567), por tanto resultó la de menor deterioro, lo que en términos biológicos refiere que es la que mayor resistencia natural ofrece ante la incidencia de *D. saccharalis*. LCP85-384 y TUC77-42 presentaron coeficientes similares 0,3426 y 0,3866, respectivamente, mientras que TUC78-14 fue de 0,5182 lo cual indica que este cultivar es el de mayor deterioro, por cada unidad de intensidad del barrenador (Figura 1).
Estos resultados demuestran la importancia de esta plaga, ya que según los coeficientes se pierden desde 15 hasta el 50% de la producción estimada, reflejados directamente en la calidad de la materia prima y de jugo que se procesa en el ingenio, lo que repercute en los rendimientos industriales y por tanto en los indicadores económicos.

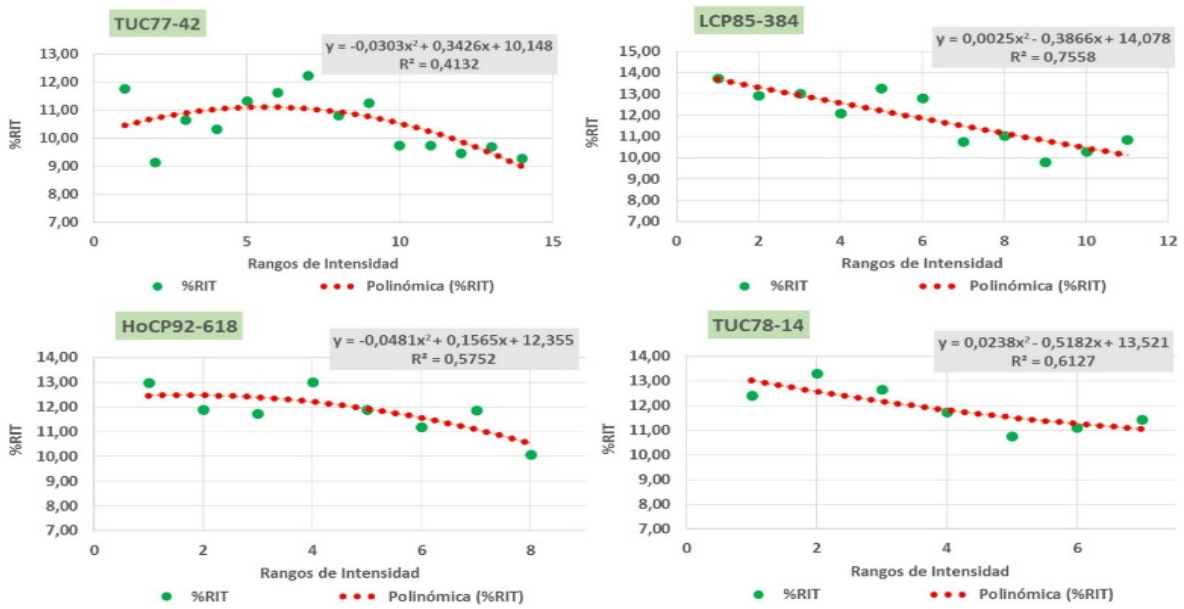


Figura 1. Ecuaciones de regresión del efecto de la intensidad de infestación sobre el rendimiento industrial en los cuatro cultivares

Varios autores consideran que el deterioro y las pérdidas industriales varían, según la zona, el rendimiento agrícola y la intensidad de infestación (Gómez y Lastra, 1995; Badilla *et al.*, 1997; Alpízar, 1983 y Morera, 2005), tal es el caso de LCP85-384 y TUC77-42 que con valores de coeficientes cercanos, las pérdidas estimadas para la TUC77-42 resultaron superiores (795 069 kg azúcar) en comparación con LCP85-384 (433 107 kg azúcar), básicamente por presentar 2 unidades de I.I. superior (Figura 2).

El análisis para un área de 41.6 ha en la TUC77-42, refleja pérdidas de 238 kg de azúcar /ha por cada unidad porcentual de intensidad de infestación, lo que a nivel del ingenio promedia 795 069 kg de azúcar con I.I. de 10,72%. En LCP85-384 para un área de 53.86 ha se estimaron pérdidas de 220 kg de azúcar/ha, con un promedio para el ingenio de 433,107 kg, para un 8,78% de I.I. En el cultivar HoCP92-618 en 54,41 ha evaluadas se estimó una pérdida de 105 kg de azúcar /ha y significó 143 560 kg de azúcar para la empresa con I.I. de 10,39%. En las 15.72 ha de TUC78-14 las pérdidas fueron de 311 kg/ha de azúcar/cada % de intensidad de infestación, lo que representó en correspondencia con un I.I. de 10,39%, 115,401 kg de azúcar dejadas de producir.

Figura 2. Estimación de las pérdidas a partir del FP calculado y la intensidad de infestación en las cultivares principales. (Real / Zafra 2014)

La disminución del % RIT se produce por el desdoblamiento de la sacarosa a fructosa y glucosa (Salazar *et al.*, 2003). Se conoce que la inversión de la sacarosa (daños directos) son ocasionados por el complejo barrenador - pudriciones asociadas (hongos y bacterias). Para la empresa se estimó que el azúcar dejada de producir, como consecuencia del ataque del barrenador, es de 1 487,136 kg de azúcar /ha por cada % de entrenudos dañados y representa una pérdida de 992 172 USD, lo que demuestra el perjuicio y la importancia de la plaga.

Otros factores que inciden sobre las pérdidas económicas son el valor del kg de azúcar y el costo del control, por lo tanto no es conveniente prefijar el umbral económico, sino que debe ser valorado en cada momento para trazar, medir la conveniencia o los resultados de las estrategias (Ruiz *et. al*., 1968; Terán *et al.*, 1983 y Salazar *et al.*, 2003). El daño económico es el elemento más sencillo de estimación y según Stern *et al*., (1959) es la cantidad de daño que justifica el costo de medidas adicionales de control. Sin lugar a dudas, en cualquier Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) entre los elementos básicos están la evaluación de la población y la toma de decisiones y son precisamente estos los que determinan y caracterizan los enfoques más avanzados en esta tecnología (Pedigo, 1996).

CONCLUSIONES

- ✓ El modelo cuadrático resultó eficiente para medir las variaciones del deterioro por cada nivel de daño de *D. saccharalis*.
- ✓ Los valores de pérdidas en azúcar fueron diferentes para cada cultivar y estuvieron condicionados además a la intensidad de infestación de *D. saccharalis.*
- ✓ Los factores de pérdida en kg de azúcar/% de I.I.en los cultivares fueron de: 0,3426 para TUC77-42; 0,3866 para LCP85-384; 0,1567 para HoCP92-618 y 0,5182 para TUC78-14.
- ✓ Para la empresa se estimaron pérdidas totales de 1 487,136 kg de azúcar dejados de producir y con un valor monetario de 992 172 USD.

RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un Programa de Manejo Integrado para el control del barrenador que posibilitará incrementos en la calidad de la materia prima y los rendimientos industriales.

REFERENCIAS

Valverde, L.; Badilla, F. y Fuentes, G. 1990. Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica, causadas por *Diatraea tabernella* en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la Zona Alta de San Carlos. Congreso Nacional de Entomología Costa Rica. p. 61-64.

Gómez, L. A. L y Lastra, L. 1995. Los barrenadores de la caña de azúcar. Su manejo y control. Serie Divulgativa Nº 6. CENICAÑA. Cali, Colombia. 4 p.

Badilla, F. Uribe. E. y Arias, M. 1997. Determinación del factor de pérdida y el umbral económico para el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), Central Portuguesa, Acarigua, Venezuela. Congreso de Entomología (4). San José, CR. p. 80.

Alpízar, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. Práctica de graduación de Bachillerato. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. 69 p.

Morera S. E. 2005. Determinación del factor de pérdida según la intensidad de infestación ocasionada por *Diatraea guatemalella* en el cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Taboga, Guanacaste. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional, 33p.

Bates, J. F. 1981. Manejo del Taladrador de la caña de azúcar en un ingenio azucarero. Seminario Inter-americano, 1981, Florida. Memorias Florida International University p. 337- 351

Pedigo L. P. 1996. Ed: E. B. Radcliffe y W. D. Hutchison [eds.], Radcliffe: Umbrales Económicos y Niveles de Daño Económico. Capítulo Manejo Integrado de Plagas (MIP) Texto Mundial de MIP, URL: http://ipmworld.umn.edu, Universidad de Minnesota.

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo con características excepcionales, que nos brinda la posibilidad de desarrollar una agricultura sobre bases sostenibles, a este aspecto se han referido diversos autores, entre ellos Cuéllar [(1)] y Suárez y Morín, citados por Jorge y col., [(2).]

El Programa de Fitomejoramiento tiene como misión obtener variedades de alto potencial agroazucarero, adaptadas a las principales condiciones edafoclimáticas del país, con tolerancia a diferentes condiciones de estrés ambiental, resistencia a las principales plagas y aptas para la diversificación (Jorge y col., [2]).

El objetivo de este trabajo es mostrar, resumidamente, algunos de los principales resultados obtenidos por el Programa de Mejoramiento Genético de la EPICA Holguín durante los últimos años.

Materiales y métodos

Los resultados corresponden a estudios realizados en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín en el período 1992- 2014, conducidos según las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba (Jorge y col., [3, 2]); cuando no fue así, se señala oportunamente.

Los estudios metodológicos para la estimación de parámetros genético–estadísticos se realizaron en poblaciones derivadas de un diseño de cruzamiento Carolina del Norte II ó factorial (Hogarth,[4]) con la participación de cinco progenitores femeninos y cuatro masculinos, en condiciones de sequía y salinidad (0.15 - 0.30 % de SST), evaluadas según las normas vigentes en ese momento (INICA – MINAZ, [5]). Los estudios de floración se realizaron en las localidades de Guaro y Pinares de Mayarí, con clones procedentes de un diseño de cruzamiento similar al anterior, en el cual participaron cuatro progenitores femeninos y cinco masculinos.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra la composición de la Colección de Germoplasma, observándose la necesidad de incrementar el genofondo disponible, fundamentalmente con formas originales, híbridos interespecíficos y géneros afines, en correspondencia con lo expuesto por Cruz y col. [(6)].

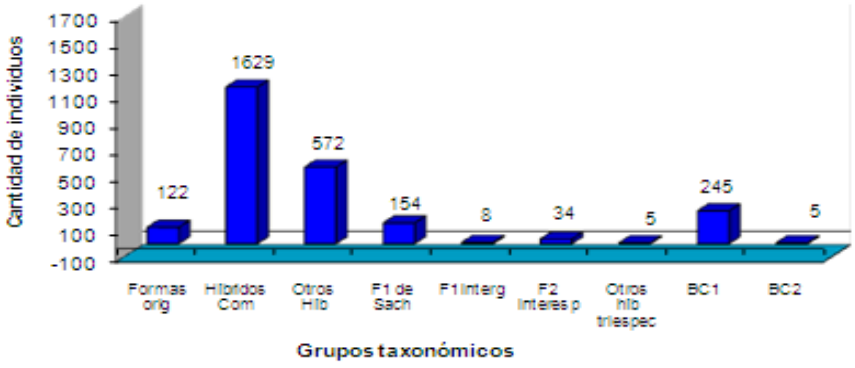


Fig. 1. Composición de la Colección de Germoplasma de Holguín. Año 2015.

La caracterización de los recursos fitogenéticos, conjuntamente con los resultados de los estudios de resistencia a las enfermedades principales y de evaluación de progenies, han permitido hacer un empleo más adecuado de los progenitores en la hibridación y perfeccionar la selección, a través de las cuales se han obtenido y recomendado 16 nuevos cultivares, cuyo rendimiento, según Cruz y col. [(7)], supera en 10 t caña/ha al de los tradicionales de los últimos años y entre 1.04 y 1.16 t azúcar / ha; los mismos se muestran en la tabla I.

Tabla I. Cultivares recomendados en la provincia Holguín durante el período 1992-2014.

Año	Cultivares recomendados
1994	C85-503
1997	C90-501
1998	C90-530 y C86-12
2000	C88-523 y C86-531
2002	B78505

Año	Cultivares recomendados
2005	C91-522, C92-514 y C92-524
2009	C93-540 y C94-504
2011	C97-538 y C 97-539
2012	C92-509
2013	C97-526

Las recomendaciones mencionadas han contribuido a elevar el porcentaje de área con cultivares resistentes a roya común y carbón, según muestran las figuras 2 y 3.

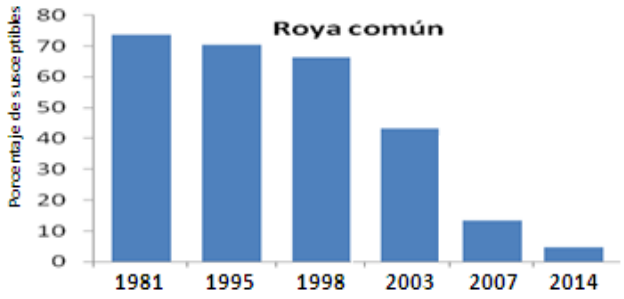


Fig. 2. Evolución de los niveles de resistencia a roya común. Periodo 1981 – 2014.

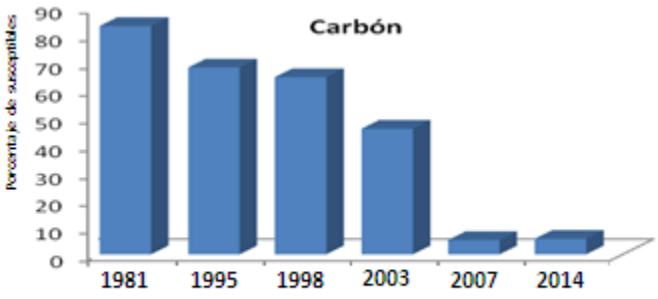


Fig. 3. Evolución de los niveles de resistencia a carbón. Periodo 1981 – 2014.

Paralelamente a los Estudios Replicados, se han realizado las Pruebas Estatales de Resistencia a enfermedades; en la tabla II se ofrece un resumen al respecto.

Tabla II. Resultados obtenidos en las Pruebas Estatales de Resistencia a enfermedades.

Enfermedades	Var. y cul. evaluados	Resistentes		Intermedios		Susceptibles	
		Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Roya común	**838**	**395**	**47.1**	**269**	**32.1**	**174**	**20.8**
Carbón	**803**	**542**	**67.5**	**110**	**13.7**	**151**	**18.8**
VMCA	**590**	**218**	**36.9**	**135**	**22.9**	**237**	**40.2**

Teniendo en cuenta las proyecciones de la agroindustria azucarera, especialmente el incremento de las áreas con riego, se está trabajando en una línea de mejora con los siguientes objetivos:

- Alto contenido azucarero y elevada productividad en diferentes ciclos de plantación y cosecha.
- Tolerancia al estrés por sequía y a las principales patologías.

Los estudios de floración evidenciaron que en Pinares de Mayarí los factores que la gobiernan se comportaron favorablemente; la misma estuvo asociada positivamente con la lluvia total, los días con lluvia y la humedad relativa y negativamente con la temperatura y las horas-sol.

En la figura 4 se muestra la composición de cultivares de la provincia Holguín al cierre de diciembre / 2014; se puede observar que predominan C86-503, C90-469, C86-12 y C86-156, los cuales son originarios del Programa de Mejoramiento desarrollado en esta provincia.

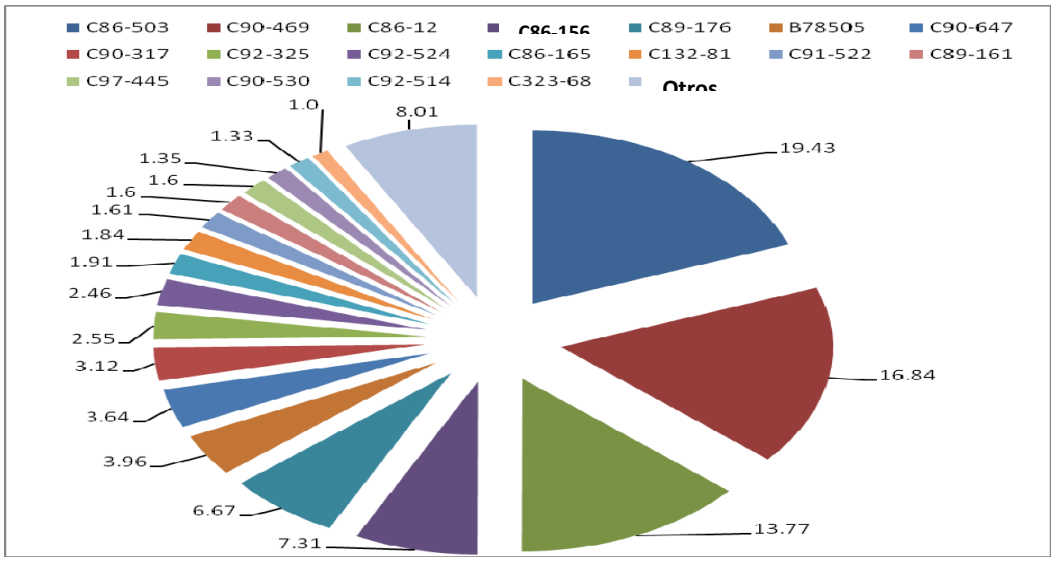


Fig. 4. Composición de cultivares de caña de azúcar en la provincia Holguín. Dic.31/2014.

Conclusiones

- Los resultados de la caracterización de la Colección de Germoplasma, conjuntamente con los de los estudios sobre el modo de herencia de los componentes del rendimiento y la resistencia a enfermedades y de la evaluación de progenies, han hecho posible un empleo más adecuado de los progenitores.
- Durante el periodo se recomendaron 16 nuevos cultivares para la producción, que han elevado el porcentaje de los que se adaptan a ciclos largos de cosecha, con una evolución satisfactoria de los niveles de resistencia frente a las principales enfermedades.
- En la localidad de Pinares de Mayarí, los factores que gobiernan la floración se comportaron favorablemente, estando asociada positivamente con la lluvia total, los días con lluvia y la humedad relativa y negativamente con la temperatura y las horas-sol.

Referencias

1- Cuéllar, A. Ismael, Mario E. de León O., Alberto Gómez R. y otros. Caña de Azúcar. Paradigma de sostenibilidad. Primera edición. Publinica, 2003, 175 pp. ISBN: 959 – 7023-24-6.

2- Jorge, S. Héctor, Ibis Jorge G., J. M. Mesa y otros. Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba. Actualización 2011. Segunda edición. La Habana. Edición INICA, 2011, 346 pp. ISBN: 1028-6527.

3- ----------, R. González A., M. A Casas y otros (Editores). Normas y Procedimientos del Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín Cuba & Caña, No.1, 2002, 315 pp.

4- Hogarth, D. M. A review of quantitative genetics in plant breeding with particular reference to sugarcane. The Journal of Australian Institute of Agricultural Science, 1968. Sep: 108-120.

5- INICA – MINAZ. Normas y Procedimientos del Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Edición INICA, 1987. 147 pp.

6- Cruz, S. Rubisel, G. Pérez O., H. Jorge S. y otros. Genetical resources of sugarcane in Cuba: evaluation, broadening and impact on breeding. 9th Sugarcane Breeding and Germplasm Workshop, South Africa, 2009.

7- ----------, G. Hernández P., A. Argota Z. y otros. Impacto del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar y el Servicio de Variedades y Semilla en la provincia de Holguín. Premio Provincial de Innovación Tecnológica. 2009, 27 pp.

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE METABOLITOS DE CAÑA DE AZÚCAR INDUCTORES DE RESISTENCIA SISTÉMICA

PRELIMINARY CHARACTERIZATION OF SUGARCANE SYSTEMIC INDUCER METABOLITES

María LaO[1], Aydiloide Bernal[1], Ricardo Acevedo[1], Carlos Grellet[2], Juana Pérez[1], Mario Casas[1], Yanaisa Feero[1] y José M. Mesa[1]

1. Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar
2. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán, Argentina.

RESUMEN

En la búsqueda de alternativas para la protección de los cultivos contra el ataque de patógenos se estudian los subproductos del proceso de micropropagación *in vitro* de la caña de azúcar, los que al ser utilizados en diferentes interacciones patogénicas han mostrado capacidad inductora de resistencia sistémica adquirida, pero se desconocen los principios activos responsables de dicha respuesta. Teniendo en cuenta la diversidad de productos que pueden tener dicha actividad de acuerdo a sus grupos funcionales, se fraccionaron en tres: fenoles, azúcares y proteínas. Se pudo conocer que el cultivar C1051-73 acumula mayor cantidad de fenoles y azúcares, los que quedan retenidos en el solvente acetato de etilo y la fracción acuosa final, respectivamente. Estas últimas, al igual que la fracción proteica se utilizarán en etapas posteriores de trabajo en ensayos para conocer su actividad biológica y continuar su purificación.

Palabras clave: metabolitos, caña de azúcar, caracterización.

ABSTRACT

Alternatives for the protection of crops against pathogens include the study of by-products from the *in vitro* micropropagation process of sugarcane. These metabolites when utilized in different pathogenic interactions have showed capacity to induce systemic resistance, nevertheless, the active principles for this response is not known. With regard to the diversity of these metabolites according to their chemical functional groups, they were fractionated into three of them: phenols, sugars and proteins. It could be demonstrated that cultivar C1051-73 accumulates a larger quantity of phenols and sugars, both retained in the ethyl acetate and aquous fraction respectively. These fractions along with the one of proteins will be utilized in further studies to identify biological activity and to continue its purification.

Key words: metabolites, sugarcane, characterization.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de micropropagación de semilla de caña de azúcar se utilizan medios de multiplicación que al trascurso de los días se van oscureciendo por la incorporación de metabolitos excretados por las vitroplantas. Lo cual está en dependencia del genotipo que se multiplica y se debe a la presencia de diferentes tipos de fenoles.

Inicialmente se pensó que estos fenoles constituían un perjuicio para el desarrollo de las vitroplantas y normalmente se suplementaron los medios de cultivo con ácido ascórbico para evitar el oscurecimiento del medio (Arencibia *et al*., 2008). Posteriormente, se comprobó que a diferencia de anteriormente concebido, la presencia de fenoles no implica ningún daño al desarrollo de las vitroplantas sino todo lo contrario. También, se comprobó el efecto biológico sobre la bacteria productora de marchites bacteriana en tomate-*Ralstonia solanacearun (*Yang *et al.,* 2010), lo cual sumó otro efecto positivo a la presencia de fenoles, la de inducir resistencia sistémica. Por lo que el objetivo de este trabajo es fraccionar de acuerdo a sus grupos funcionales como fenoles, azúcares y proteínas los medios de multiplicación utilizados en la micropropagación de semilla de caña de azúcar para obtener los principios activos responsables de la inducción de respuesta de resistencia sistémica de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como material de partida el medio de multiplicación a 20 días de utilización en Bioreactores de inmersión temporal (BITs) (1) con el cultivar C1051-73. (2) Medio de multiplicación a 20 días de utilización en BITs con el cultivar C86-156 y (3) Medio de multiplicación inicial.

Cada extracto crudo se dividió en tres porciones de igual volumen para realizar la caracterización: Extracción con solventes, Precipitación de proteínas con sulfato de amonio y Extracto inicial (control).

Cada extracto se coloca en ampollas de separación en campana de extracción y se mezcla por agitación durante aproximadamente 1min con igual volumen de Hexano, Se dejaron reposar 30min y se colectó la fase orgánica (inferior). Este proceso se realizó tres veces. Se coloca la fracción acuosa otra vez en la ampolla de separación para extraer de igual forma con el cloroformo y posteriormente con acetato de etilo.

Cada una de las fracciones se llevó a sequedad en rotoevaporador y diluidas en 500µl de acetonitrilo y se ajustó el volumen con agua hasta dejarlas 20X. Se analizó su espectro de absorción con longitudes de onda entre 200-800nm en espectrofotómetro (Hitachi U-1800 Spectrophotometer) y Cromatografía Líquida de Alta resolución (HPLC del inglés *High Performance Liquid Chromatography,* AKTA purifier, GE),

Precipitación de proteínas con sulfato de amonio: Se procede a la precipitación de fracción proteica con sulfato de amonio. El proceso se desarrolla a temperatura constante a 4^{o}C. Se le añade 1ml de Tris-Cl 1M y se coloca en agitación para añadir lentamente 10,4g de Sulfato de amonio previamente macerado hasta polvo. Se incuba una hora, se centrifuga a 10000pmn durante 20min, con cuidado se extrae el sobrenadante con una pipeta y al precipitado se le añaden 2ml de agua. Se coloca en membranas de diálisis (tamaño de poro retiene proteínas de 12KDa) en frasco con agua destilada en agitación durante una hora. Se realiza cambio de agua y se deja toda la noche para eliminar las sales.

Al término de la incubación toda la noche, se hace un tercer cambio de agua y se incuba una hora en iguales condiciones.

Se coloca la muestra en tubos previamente rotulados y se procede a la determinación de proteínas totales mediante el protocolo Bradford (1976), lectura de densidad óptica a 595nm. Para lo cual se toman 400µl de cada fracción purificada y de los extractos iniciales concentrados ½ del volumen inicial.

Resultados y discusión

La única fracción que mostró diferencias en el rango de longitudes de onda entre 200-800nm fue la de acetato de etilo, las tablas indican las longitudes de onda en las que existe una variación en la lectura tal como se observa a la derecha (Figura 1). Estas fueron las que se continuaron analizando por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

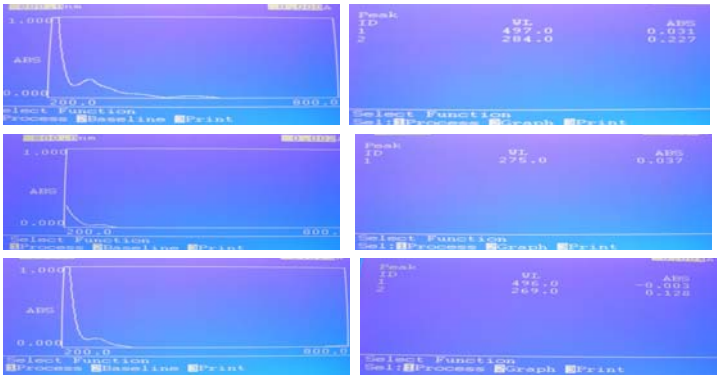


Fig 1. Espectros de absorción de la fracción acetato de etilo con longitudes de onda entre 200-800nm, las tablas indican las longitudes de onda en las que existe una variación en la lectura. Los números corresponden a las fracciones en acetato de etilo 1x: (1) cultivar C1051-73. (2) cultivar C86-156 y (3) Medio de multiplicación inicial.

Como resultado del análisis en HPLC se obtuvieron diferencias en los perfiles de la fracción 1 procedente del cultivar C1051-73 con respecto a las restantes (Figura 2).

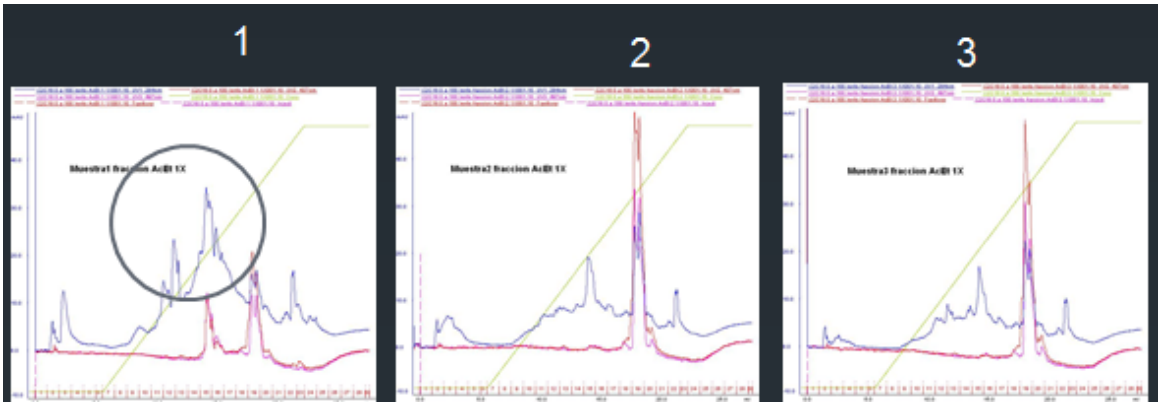


Figura 2. Perfiles correspondientes a la fracción de acetato de etilo 1X obtenidos por HPLC (AKTA purifier, GE) con una columna µRPC C2/C18 (GE). Los números corresponden a las fracciones en acetato de etilo 1x: (1) cultivar C1051-73. (2) cultivar C86-156 y (3) Medio de multiplicación inicial.

En el caso de las proteínas totales en la tabla 1 se observa que la fracción 1 no mostró diferencias en la acumulación de proteínas mayores a 12kDa, que corresponde con la talla de los poros de las membranas de diálisis utilizadas con respecto al extracto inicial. En muestra 2 la fracción proteica que corresponde al cultivar C86-156 tiene mayor concentración de proteínas que fueron precipitadas con respecto al extracto inicial y en el medio de cultivo no hubo diferencias.

Tabla I. Concentración de proteínas totales de cada una de las fracciones. Los números corresponden a las fracciones proteicas iniciales y las proteínas concentradas (1) cultivar C1051-73 (2) cultivar C86-156 y (3) Medio de multiplicación inicial.

MUESTRA	Concentración de proteínas totales µg/µl
1 C1051-73 fracción proteica inicial	9,37
2 C86-156 fracción proteica inicial	4,00
3 control, fracción proteica inicial	3,64
1proteínas concentradas	7,47
2 proteínas concentradas	14,18*
3 proteínas concentradas	3,15

CONCLUSIONES

Se pudo conocer que el cultivar C1051-73 acumula mayor cantidad de fenoles y azúcares, los que quedan retenidos en el solvente acetato de etilo y la fracción acuosa final, respectivamente.

La fracción proteica que corresponde al cultivar C86-156 tiene mayor concentración de proteínas que fueron precipitadas con respecto a C1051-73 que no mostró variaciones.

Se recomienda la utilización de las fracciones fenólicas, de azúcares y proteicas para ensayos de determinación de su actividad biológica y continuar su purificación

REFERENCIAS

1. Ariel D. Arencibia, , Aydiloide Bernal, Liu Yang, Leidy Cortegaza, Elva R. Carmona, Chun-Jin Hu, Yang-Rui Li, Carlos M. Zayas, Ignacio Santana, Alicia Pérez. New role of phenylpropanoid compounds during sugarcane micropropagation in Temporary Immersion Bioreactors (TIBs). Plant Science 175 (2008) 487–496.

2. Liu Yang,Yumarys Zambrano, Chun-Jin Hu, Elva R. Carmona, Aydiloide Bernal, Alicia Pérez, Carlos M. Zayas, Yang-Rui Li, Abby Guerra, Ignacio Santana, Ariel D. Arencibia. Sugarcane metabolites produced in CO-rich temporary immersion bioreactors (TIBs) induce tomato (*Solanum lycopersicum*) resistance against bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*). PLANT TISSUE CULTURE. DOI 10.1007/s11627-010-9312-9

TRASCENDENCIA Y PERSPECTIVAS DEL FITOMEJORAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA

TRANSCENDENCE AND PERSPECTIVES OF SUGARCANE BREEDING IN VILLA CLARA'S PROVINCE

Félix R. Díaz Mujica[1], Osmany Aday [1], Irenaldo Delgado [1], José R. Gómez[1], María Manresa Roque[1], Yulexi Gil Cruz[1], José M. Mesa[1], Héctor Jorge[1], Héctor García[1], Amado Cordero[2], Alberto Linares[2], Oscar Suárez[1], Susana Reyes[1], Luis F. Machado[1], Javier Barroso[1], Ailyn Gallardo[1], Carlos Reyes[1] y Roberto Álvarez[1].

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar

2. Empresa Azucarera Villa Clara

felix@epica.azcuba.cu.

RESUMEN

El documento muestra el resultado del trabajo del Programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en la provincia de Villa Clara en los últimos 30 años. Se recomendaron 10 nuevos cultivares para suelos con deficiente drenaje, uno de ellos también es tolerante a estrés por sequía. Otros siete genotipos se seleccionaron para su explotación en suelos pobres y secantes. Recientemente se incorporaron a la validación comercial dos cultivares de alto contenido azucarero para condiciones de agricultura intensiva. Paralelo al programa de selección con fines comerciales se evaluaron grupos de genotipos para la alimentación animal, se recomendaron nueve cultivares con características apropiadas para ello. Se llevaron a término estudios que propusieron las etapas idóneas para la cosecha, así como el porcentaje de área a utilizar. Se pusieron a punto metodologías para la producción de controles biológicos, se realizó el escalado y la producción comercial reduciendo las plagas al umbral económico.

Palabras claves: Caña de azúcar, cultivares, tolerancia a estrés.

ABSTRACT

The results of sugarcane breeding program in Villa Clara´s province in the last 30 years are shown in the present paper. Ten new cultivars were released for soils with faulty drainage; one of them is also tolerant at drought stress. Other seven genotypes were selected to be grown in poor and drying soils. Recently two high-sugar content cultivars were incorporated to the commercial validation for conditions of intensive agriculture. Parallel to the selection program for sugar production, groups of genotypes were evaluated for animal feeding, nine cultivars were released with appropriate characteristics for it. The studies recommended the most suitable stages for cropping, as well as the area percentage to be used. Methodologies for the production of biological controls were established, the commercial production of biological control by stages was carried out reducing the pests at the economic threshold.

Key words: sugarcane, cultivars, stress tolerance

INTRODUCCIÓN

En la provincia Villa Clara predominan los suelos Pardos, Vertisoles, Ferralíticos y Húmicos sialíticos, lo que unido a marcadas diferencias en la manifestación de variables climatológicas, fundamentalmente la lluvia, hace la región en extremo difícil para el mejoramiento genético, pues hay que encontrar respuesta para muy variadas condiciones específicas. A lo largo de los últimos años se buscaron alternativas agronómicas y de organización del trabajo que debieron tener un efecto mayor sobre la producción cañera lo que evidentemente no sucedió, haciendo crisis a finales de la década de los 90.

El volumen de caña que muelen los ingenios depende cuantitativamente de dos indicadores fundamentales, el área a cosechar (ha) y el rendimiento agrícola (t.caña.ha^{-1}). Por lo tanto hay que trabajar en tres direcciones fundamentales: cubrir todo el fondo de tierra disponible para tener el área necesaria en producción, elevar el rendimiento agrícola y organizar correctamente la producción, para mantener la relación correcta entre ambos indicadores, donde la selección de los cultivares a utilizar es decisiva. Es ampliamente aceptado que el

mejoramiento genético y su expresión práctica, la obtención de cultivares de caña de azúcar, es responsable de al menos el 50% de los incrementos de los rendimientos en las últimas décadas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Las primeras áreas experimentales de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) Villa Clara se ubicaron al sur de la provincia, en el municipio Ranchuelo, a finales de 1984 sobre suelos Pardos con carbonatos, posteriormente se comienza a conformar una red experimental que llegó a consolidarse en 1987 con representación en casi todos los agroecosistemas más importantes de la provincia y en sitios específicos. A partir de la crisis económica de los años 90 y sobre la base de los resultados obtenidos, fue necesario acometer una racionalización en la red experimental, con sitios de prueba más representativos de los grandes macizos cañeros y que a la vez dieran respuesta a la nueva concepción de territorialidad al anexarse la estación de la provincia Cienfuegos. De esa forma quedaron definidos tres centros de prueba:

- Bloque Experimental Ranchuelo (suelos Pardos sialiticos) en el centro del territorio.
- Bloque Experimental Espartaco (suelos Ferralíticos) en el sur.
- Bloque Experimental Sagua (suelos Vertisoles) en el norte.

Según los resultados obtenidos en los estudios, estos sitios son suficientes para explotar la variabilidad genética y dar respuesta a las necesidades de recursos fitogenéticos del territorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los censos y el balance anual de área, desde el año 2000 han existido de 40 a 55 cultivares en explotación comercial, de ellos entre 15 y 20 principales con más de 1% en el área total. Es importante destacar la presencia de más de 10 cultivares en extensión, lo cual garantiza el reemplazo de los que muestran afectaciones por enfermedades o mejor adaptabilidad a las diferentes condiciones de producción (Figura 1).

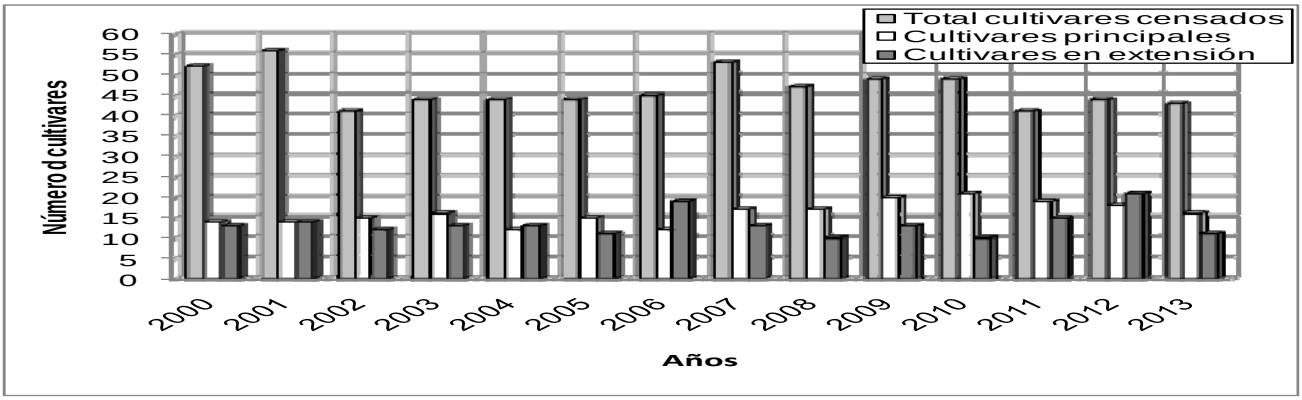


Figura 1. Número de cultivares en explotación comercial en Villa Clara (2000-2013).

En Villa Clara se han evaluado y recomendado 10 cultivares para suelos con deficiente y han constituido una parte importante en la solución de tal problemática existente en más del 25% del área de la provincia, ubicadas fundamentalmente en la llanura costera del norte. Así mismo se ha evaluado y recomendado nuevos cultivares para suelos pobres, secantes y zonas de bajo régimen pluviométrico (Tabla I). La mayoría de ellas sobrepasan el 5% en la composición de variedades de la provincia. INICA-MINAZ. (2001).

Tabla I. Nuevos cultivares para condiciones de estrés abiótico en Villa Clara.

Sobrehumedecimiento			Suelos pobres y secantes		
Cultivar	Resistencia		Cultivar	Resistencia	
	Roya	Carbón		Roya	Carbón
SP701284	S	INT	Co997	R	R
C132-81	INT	R	C85-102	R	INT
C85-214	INT	INT	C86-503	INT	INT
C86-12	INT	INT	C86-156	INT	R
C89-246	R	R	C86-56	R	R
C89-161	INT	R	C90-530	INT	R
C90-317	R	R	C97-233	R	R
C90-469	INT	R			
C90-501	INT	R			
C90-530	INT	R			

Importante también es el avance obtenido en la incorporación de nuevos cultivares adaptados a ciclos largos de cosecha y madurez temprana (Tabla II). Entre ellos C86-156, C90-501, SP70-1284, C86-12 y 90-469, adaptados a una amplia gama de condiciones ambientales mientras que C89-246 y C89-250 para condiciones específicas.

Tabla II. Nuevos cultivares adaptados a ciclos largos de cosecha en Villa Clara.

Cultivar	Roya	Carbón	% área*
Co997	R	R	2,2
SP70-1284	S	INT	9,5
C86-12	INT	INT	12,9
C86-156	INT	R	10,1
C89-161	INT	R	1,8
C89-246	R	R	0,1
C89-250	R	R	0,7
C90-501	INT	R	1,8
C90-469	INT	R	0,8
C89-250	R	R	0,7

* sobre la base del área censada con cierre 2014

A partir de numerosos estudios realizados en varias provincias, rectorados por esta entidad, se recomendó iniciar las contiendas azucareras a partir de la segunda decena del mes de noviembre en la provincia y extender la misma hasta los meses de mayo y junio, siempre que las condiciones climáticas los permitan. Se recomendó además, no emplear ciclos largos de cosecha con edades entre 17-20 y 21-24 en los suelos Ferralíticos rojos sin riego, debido al deterioro de los cultivares por la sequía agrícola, tampoco en los suelos Pardos con carbonatos desde mediado a finales de Zafra (febrero - marzo, abril y mayo) por la no adaptabilidad de los genotipos al mismo (Figura 2).

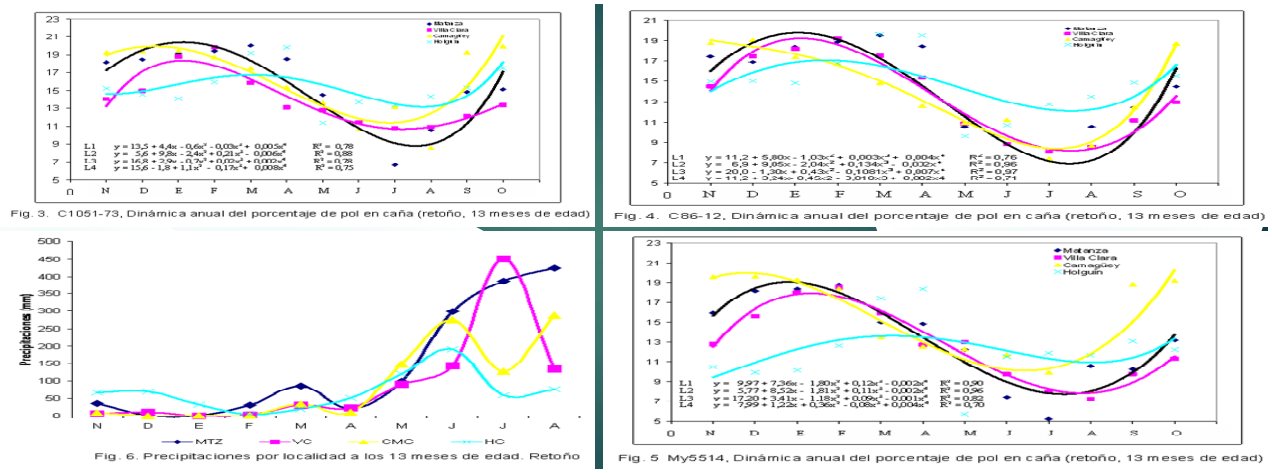


Figura 2. Una muestra de los estudios realizados para enmarcar la zafra en los períodos óptimos.

Estudios conjuntos realizados en coordinación con el Instituto de Ciencia Animal (ICA), han permitido recomendar un grupo de cultivares de caña de azúcar con fines forrajeros. Los nueve cultivares recomendados se caracterizan por su resistencia y tolerancia a VMCA, roya y carbón. Estos cultivares superan al testigo en presentar más de 50 % de digestibilidad de la materia seca.

CONCLUSIONES

- Los nuevos cultivares recomendados para las diferentes condiciones edafoclimáticas, ocupan actualmente 34 060,4 ha (47,0% del área plantada de la provincia). La composición alcanzada, se corresponde con las tendencias actuales de los principales países cañeros del mundo.
- Se da respuesta adecuada a todos los sitios sometidos a estrés abiótico (45% del área) con recursos fitogenéticos adaptados.
- El amplio proceso de selección realizado permitió mejorar cualitativamente la estructura comercial de variedades, así como recomendar individuos adecuados para la alimentación animal.
- Se definió el mejor enmarcamiento de la zafra para el territorio y la determinación de los porcentajes óptimos de área a zafra por Unidades de Producción.
- Se pusieron a punto dos nuevas metodologías para control biológico de plagas y se logró su escalado y producción comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- INICA-MINAZ. (2001). XIV Reunión Nacional de Semilla, Variedades y Sanidad Vegetal. Ministerio del Azúcar- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Holguín, Cuba.

EFECTO DEL FITOMAS E SOBRE EL ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*.) EN LOS CULTIVARES C95-414 Y C90-469

EFFECT OF FITOMAS E ON *IN VITRO* ROOTING OF SUGARCANE (*Saccharum spp*.) CULTIVARS OF C95-414 AND C90-469

Carlos Fernando Reyes Esquirol, Pablo Machado Armas, Aydiloide Bernal Villegas, Mayra Jiménez Vázquez, Zenaida Occeguera Águila, Jorge. L. Montes de Oca Suárez, Félix R. Díaz Mujica, Osmany Aday Díaz, y Ana Rosa Hernández Freire.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera a la CUJAE Km 1½, La Habana, Cuba.
E- mail: **carlos@inicavc.azcuba.cu**

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto del bioestimulante FitoMas E en el enraizamiento y calidad de vitroplantas de caña de azúcar. El trabajo se desarrolló en la Biofábrica de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara, en fase de enraizamiento con los cultivares C95-414 y C90-469. Se probaron tres dosis de FitoMas E (0,5, 1,0 y 1,5 ml. L^{-1} en el medio de cultivo) y el AIA como control, en un diseño experimental completamente aleatorizado. En el estudio se observó que entre el 83 y el 100% de las vitroplantas de ambos cultivares enraizaron cuando al medio de cultivo se le añadió el bioestimulante, con valores estadísticamente similares o superiores en comparación con el ácido indolacético (AIA). La longitud de las vitroplantas y el número de hojas activas alcanzaron valores estadísticamente similares con ambas sustancias lográndose los parámetros de calidad requeridos para su aclimatización en la próxima fase.
Palabras clave: Bioestimulante, cultivo in vitro, caña de azúcar

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of bioestimulante Fitomas E rooting and quality of sugarcane plantlets. The work was developed in the Territorial Biofactory Research Station Sugarcane Center Villa Clara, rooting under the C95-414 and C90-469 cultivars. E Fitomas three doses (0.5, 1.0 and 1.5 ml. L-1 in the culture medium) and the AIA as a control, in a completely randomized design were tested. The study found that between 83 and 100% of rooted plantlets of both cultivars when the culture medium was added the bioestimulante, with statistically similar or higher compared to the indole acetic acid (IAA) values. Vitroplants length and number of active leaves reached statistically similar values with both substances achieving quality parameters required for acclimatization in the next phase.
Key Words: bioestimulating, *in vitro* rooting, sugarcane

INTRODUCCIÓN

En Cuba se han empleado, a escala experimental, productos bioestimulantes de diversas naturalezas en plantas cultivadas in vitro con el propósito de sustituir, en parte o totalmente, los reguladores del crecimiento clásicos por productos naturales que realicen la misma función, y así abaratar los costos de producción y reducir importaciones. El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, (ICIDCA), produce y comercializa el FitoMas E, el cual está compuesto por una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía, procedente de la caña de azúcar, donde figuran aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos y ha reportado su utilización en más de 20 cultivos (ICIDCA, 2009). En caña de azúcar se utiliza en la aclimatización de cultivares propagado por cultivo in vitro, (*Reyes y col., 2011)* y en la producción comercial de este cultivo obteniéndose buenos

resultados en el rendimiento cañero (Zuaznábar y col., 2014), por lo que el objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto de este bioestimulante en el enraizamiento y calidad de las vitroplantas de los cultivares de caña de azúcar C95-414 y C90-469 para pasar a la siguiente fase (aclimatización) y poder recomendar su utilización como una alternativa para sustituir el ácido indolacético que se utiliza en este proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Biofábrica de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara. El mismo se ensayó en la Fase de enraizamiento. El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco réplicas de 15 vitroplantas cada una. Se probaron tres dosis de FitoMas E (0,5, 1,0 y 1,5 ml. L^{-1} en el medio de cultivo), y el AIA como control. Se utilizaron vitroplantas de los cultivares C95-414 y C90-469, procedentes de la fase de multiplicación. El medio de cultivo utilizado fue el recomendado por Jiménez y col., (1997), al que se le sustituyó el AIA por diferentes dosis del bioestimulante. El resto del proceso de preparación de este medio se realizó según Jorge y col (2011). Al término de la fase de enraizamiento se realizó un muestreo al azar de 10 vitroplantas por réplica, evaluándose en cada tratamiento el porcentaje de vitroplantas enraizadas. Además se evaluó el número de hojas activas, longitud del tallo, número y longitud de las raíce, y masa fresca por vitroplanta. Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza bifactorial y prueba Tukey para detectar diferencias entre tratamientos. Los datos originales se comprobaron para su ajuste a la normalidad mediante una prueba de homogeneidad de varianza. Para el procesamiento estadístico se dispuso del paquete estadístico STATISTICA Versión 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la aplicación del FitoMas E se lograron resultados similares o superiores al AIA en todas las variables evaluadas en ambos cultivares, destacándose el porcentaje de vitroplantas enraizadas en C95-414 donde se alcanzó el 100% de enraizamiento cuando se aplicó al medio de cultivo 1,0 y 1,5 ml. L^{-1} del producto mientras que C90-469 alcanzó valores entre 84 y 93 % de enraizamiento igualando al control. (Figura 1).

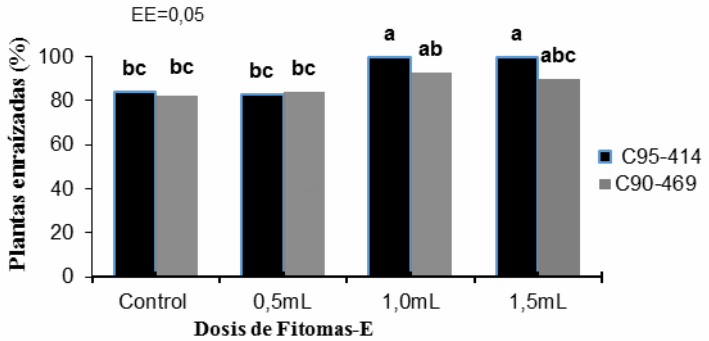
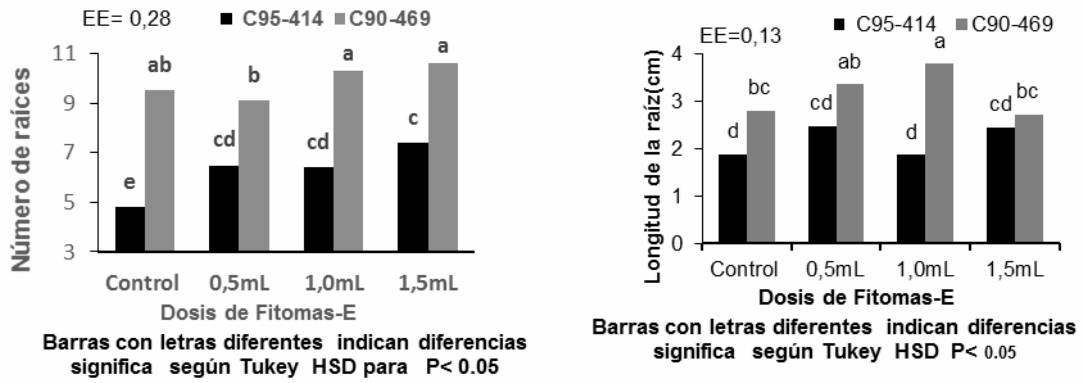


Figura 1. Efecto del FitoMas E sobre el porcentaje de vitroplantas enraizadas in vitro en los cultivares C95-414 y C90-469.

La composición del FitoMas E, especificada por sus poductores (ICIDCA, 2009), podría explicar su acción como sustancia enraizadora para la caña de azúcar cultivada in vitro.

En las Figuras 2 a y b se muestran el efecto del FitoMas E sobre la cantidad y longitud de raíces por plántula en los cultivares de caña de azúcar C95-414 y C90-469.



Figuras 2 a y b. Efecto del FitoMas E Sobre el número y longitud de las raíces de vitroplantas enraizadas in vitro en los cultivares de caña de azúcar C95-414 y C90-469.

El cultivar C90-469 superó en número y longitud de raices a C95-414 aunque cuando al medio de cultivo se le añadió 1.5 ml. L^{-1} del biestmulante, las diferencias no fueron significativas. En comparación con el testigo, el cultivar C95-414 alcanzó un número de raíces significativamente superior al testigo con las tres dosis de FitoMás E aplicadas, aunque entre ellas no hubo diferencias, mientras que la longitud de las raíces no presentó diferencias estadísticas entre las dosis de FitoMas E y entre estas y el AIA en este cultivar.
La longitud de la vitroplanta, número de hojas activas y masa fresca de éstas presentaron valores estadísticamente similares entre los dos cultivares y entre tratamientos alcanzando los parámetros de calidad establecidos para pasar a la fase III o fase de aclimatización (más de 4 hojas activas y longitud del tallo entre 5 y 7 cm). Tabla I.

Tabla 1. Efecto del FitoMas E sobre el número de hojas activas, longitud y masa fresca de vitroplantas cultivadas in vitro de los cultivares C90-469 y C95-414.

Cultivar	Tratamiento	NHA	LP(cm)	PFP(g)
C90-469	Control(AIA)	5,4 NS	6,47 NS	0,4490 NS
	0,5ml. L	5,0 NS	6,38 NS	0,4766 NS
	1,0 ml. L	5,3 NS	6,78 NS	0,4773 NS
	1,5 ml. L	4,9 NS	6,54 NS	0,4510 NS
C95-414	Control(AIA)	5,5 NS	6,23 NS	0,4495 NS
	0,5ml. L	5,3 NS	6,22 NS	0,4841 NS
	1,0 ml. L	5,2 NS	6,62 NS	0,4512 NS
	1,5 ml. L	52 NS	6,42 NS	0,4475 NS
EE		0,19	0.17	0.03

Los resultados de este experimento coinciden con los reportados por Reyes y col. (2014) cuando se estudió el efecto de este bioproducto sobre el enraizamiento in vitro en condiciones similares, y se muestran los beneficios que podría el FitoMas E aportar, al superar o igualar al AIA en el enraizamiento de plantas cultivadas in vitro y específicamente en caña de azúcar. Debe destacarse que cualquiera de las dosis utilizadas del bioestimulante fue suficiente para que las vitroplantas enraizaran y alcanzaran los parámetros de calidad requeridos aunque los mejores resultados se lograron con 1,0 y 1,5 ml. L^{-1}

CONCLUSIONES

1. Los mejores resultados en porcentaje de enraizamiento se alcanzaron cuando al medio de cultivo se le añadieron 1,0 y 1,5 ml. L^{-1} de FitoMas E.
2. Las vitroplantas enraizadas con FitoMas E alcanzaron los parámetros de calidad requeridos para pasar a la fase de aclimatización.
3. El bioestimulante FitoMas E constituye una alternativa en la sustitución del AIA en el proceso de enraizamiento *in vitro* de cultivares de caña de azúcar.

REFERENCIAS

1. ICIDCA: "Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar". *Boletín informativo*, 2009. En: http://www.icidca.cu/Publicaciones/ Boletines/ICIDCA No6.pdf Consultado: 29/ Noviembre/2010.
2. Jiménez E.; L. García; M. Suárez; y Y. Alvarado. Instructivo técnico para la micropropagación de la caña de azúcar. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central de las Villas Marta Abreu Santa Clara. 1997,119 p.
3. Jorge H.; Ibis Jorge; J. Gómez; J. M. Mesa y N. A. Bernal. Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar. Actualización 2011. PUBLINICA, La Habana, Cuba, Noviembre 2011. ISSN 1028-6527. 291:310 pp.

4. Reyes C. F.; Odalys Rivera; Mayra Jiménez; J. L. Montes de Oca; Zenaida Occeguera; Ana Rosa Hernández; J. R. García y Silvia Martínez. Aclimatización de cultivares de caña de azúcar procedentes de la fase de enraizamiento a los que se les aplicó Fitomas–E. *Centro Agrícola.* 38 (2):11-14, abril – junio. 2011.
5. Reyes-Esquirol C., Mayra Jiménez-Vázquez, Aydiloide Bernal-Villegas, Jorge. L. Montes de Oca-Suárez, José Ramón García-Fardales. Enraizamiento "in vitro" y posterior aclimatación del cultivar de caña de azúcar C95-414 con el bioestimulante cubano Fitomas–E. Centro Agrícola, 41(4):39-43; julio-septiembre, 2014.
6. Zuaznábar R.; J.C. Díaz; M. Montano; R. Gallego; L. Rodríguez; F. Sulroca; A. García; A. Mira; S. Pino; J. Villar; R. Andreu y Yanin Águila. Diversas formulaciones de Fito Más: ¿Mito o realidad en el cultivo de la caña de azúcar? Revista ATAC No 1. 23-27. 2014.

CAMBIOS EN LA FRECUENCIA DE LAS ESPECIES DE MALEZAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

CHANGES IN THE FREQUENCY OF THE WEED SPECIES ASSOCIATED TO THE CULTIVATION OF SUGAR CANE IN CUBA

Rigoberto Martínez, Rafael Zuaznábar, Lorenzo Rodríguez, Ciro Fernández y Pedro León.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera Central "Martínez Prieto" km 2½, Boyeros, Ciudad Habana, C.P. 19390. rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar los cambios de la frecuencia de las malezas asociadas a la caña de azúcar en Cuba en el período 2010-2014. Para la ejecución del mismo se tomaron los datos de las encuestas de malezas realizadas por el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) en el citado período a nivel de todo el país. La identificación de las especies se realizó por el método visual, recorriendo el campo por sus diagonales. Se determinó para cada especie la distribución relativa en el campo a través de su frecuencia relativa, clasificándose posteriormente, según su valor, en las categorías de: accidental (menos del 25%); poco frecuente (25 a 49%); medianamente frecuente (50 a 75%) y muy frecuente (más de 75%). Se identificaron 15 familias, 29 géneros y 35 especies. De acuerdo con los valores promedios de frecuencia, tres especies se agruparon en la categoría de medianamente frecuente, tres en la de poco frecuente y 29 en la de accidentales.Durante el período las arvenses que más incrementaron su frecuencia fueron la pica pica (*Mucuna pruriens* (L.) D.C.) y la jiribilla (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf.), en tanto la zancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton) fue la que más la disminuyó.
Palabras clave: Cambios de la frecuencia, malezas, caña de azúcar.

ABSTRACT

The present work was developed to evaluating the change of the frequency of the associated to weeds the sugar cane in Cuba in the period 2010-2014. For the execution of the same one were took the data of the surveys of overgrowths carried out by the weeds integrated control service in the mentioned period in the quoted period to country-wide level were taken. The identification of the species was sold off for the visual method, going over the field for their diagonals. The relative distribution at the field through his relative frequency was determined for each species, classifying at a later time, according to your value, in the categories of: accidental (less than the 25%); infrequent (25 to 49%); fairly frequent (50 to 75%) and very frequent (more of 75%). The presence of 15 families was reported (13 of the class Magnoliatae and 2 of the Liliatae), 29 races and 35 species provided evidence of their identity. According to the blended values of frequency, three species formed a group in the category of fairly frequent, three in the few frequent and 29 in the accidental. During the period the weeds that more increase its frequency were the cow itch and beard grass, while the itch grass was the ones more decrease.
Key words: Change of the frequency**,** weeds, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

El manejo de las malezas sólo es efectivo si se conocen en cada campo las especies presentes y predominantes asociadas al cultivo. Esto es esencial para el agricultor a fin de seleccionar los tratamientos más eficaces, entre ellos la selección adecuada del herbicida que se usará, y planificar los insumos para determinado período [1].

Sin embargo, pese a los estudios de identificación de malezas realizados, es necesario actualizar los mismos periódicamente; ya que el uso de determinados métodos de control, como la aplicación continúa de

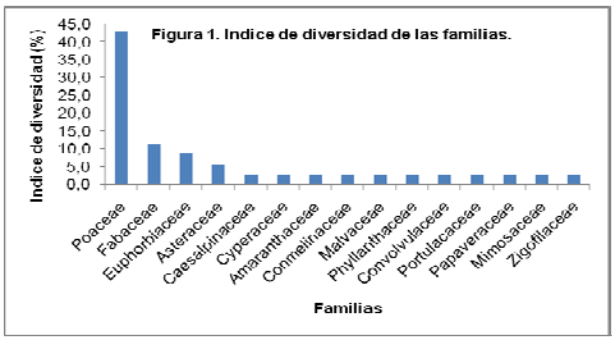
herbicidas, cada vez más selectivos, las láminas de agua y las rotaciones de cultivos, producen variaciones en la emergencia y la composición de las especies de malezas de un año a otro, agregándose a ello la introducción de otras en la zona [2].
Considerando la importancia de conocer las especies de malezas presentes y sus variaciones en el tiempo, para el diseño de un manejo integrado de las mismas, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de evaluar los cambios de la frecuencia de las malezas asociadas a la caña de azúcar en Cuba en el período de 2010 al 2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para la ejecución de este trabajo se tomaron de las encuestas de identificación de malezas realizadas por el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) entre los años 2010 al 2014. La identificación se realizó por el método visual [3], con el auxilio de manuales, recorriendo el campo por sus diagonales. La distribución relativa de las especies en el campo se determinósegún [3], a través de su frecuencia relativa, la que se calculó mediante la fórmula: F(x) = (A/B) x 100; dónde A es el número de muestras en que concurre la especie y B es el número total de muestras tomadas.De acuerdo con el valor de frecuencia las especies se clasificaron en las categorías de: accidental (menos del 25%); poco frecuente (25 a 49%); medianamente frecuente (50 a 75%) y muy frecuente (más de 75%)[4].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 15 familias, 29 géneros y 35 especies. De las familias 13 pertenecen a la clase Magnoliatae y 2 a la Liliatae. La más diversa fue la Poaceae con un índice de diversidad relativa de 42,9%, al agrupar 9 géneros y 15 especies, el 43% de las encontradas. A esta le siguieron la Fabaceae y Euphorbiaceae con 11,4 y 8,6%, respectivamente (Figura 1). Estudios realizados en Colombia, reportan a la familia Poaceae como la más importante al aportar la mayor cantidad de especies de adventicias en el sistema agrícola arrocero [5]. En Venezuela, en el cultivo del guayabo [6], y en caña de azúcar [7], también se señala a esta familia como la más diversa.



De las 35 especies de malezas, 23 alcanzaron valores de frecuencia superiores al 1%. Según estos, tres especies se agruparon en la categoría de medianamente frecuente, igual número en la de poco frecuente y 29 en la de accidentales. Entre las primeras clasificó, con el más alto valor (Figura 2), la jiribilla (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf.), lo que indica que es hoy la más común de las arvenses asociadas al cultivo de la caña de azúcar, de acuerdo con lo obtenido por [8].

La zancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton) también se integró a la categoría de medianamente frecuente con un valor de frecuencia de 51,7 %. Esta especie se reporta entre las 18 malezas más problemáticas del mundo, causando mayores daños en los cultivos de caña de azúcar y maíz, como producto de su característica competitiva y alelopática.Las infestaciones de esta pueden dar lugar a pérdidas de hasta un 80% de las cosechas e incluso al abandono de las tierras agrícolas [9].
En la categoría de poco frecuente se reportaron las malezas yerba de Guinea, bejuco aguinaldo y yerba fina, con 45; 36 y 31,8%, respectivamente. Los bejucos crean dificultades en la cosecha por la obstrucción que provoca en los diferentes mecanismos de las máquinas cosechadoras [8], mientras que “la yerba fina en cultivos de plantación forma manchones que llegan a cubrir superficies considerables, lo que sofoca y elimina a varias plantas de cultivo, entre ellas la caña de azúcar” [10].

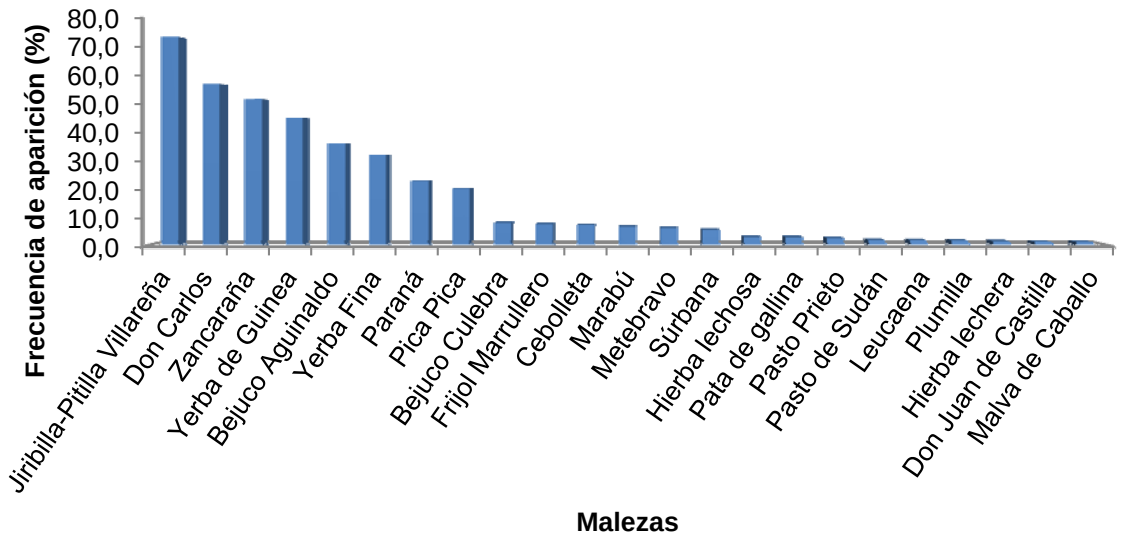


Figura 2. Especies con valores de frecuencia por encima del 1%.

Un grupo de 29 especies clasificaron como accidentales, entre las que aparecen la pica pica, la cebolleta (*Cyperus rotundus* L.)y dos leñosas: el marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arm.) y la leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.). La pica pica también crea dificultades en la cosecha por la obstrucción alas cosechadoras y, por su poder urticante, al personal involucrado en la misma [8]. La cebolleta es sumamente agresiva y es un serio problema para la caña planta en zonas donde está radicada, ya que cubre toda el área sembrada e inhibe su germinación por su poder alelopático [7].

Tabla I. Porcentaje de incremento de la frecuencia respecto al año 2010.

	Años			
Malezas	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Pica pica	18,6	5,8	44,9	69,9
Jiribilla-Pitilla Villareña	11,4	17,8	19,1	14,6
Yerba de Guinea	-0,2	6,4	5,7	5,3
Don Carlos	2,4	7,1	8,7	2,2
Bejuco aguinaldo	-4,3	-2,7	-4,0	-3,8
Yerba fina	6,4	4,2	1,3	-3,8
Paraná	5,1	-7,7	-6,4	-7,3
Zancaraña	-11,2	-7,2	-16,8	-12,8

Al comparar la frecuencia mostrada al inicio y final del período por las ocho arvenses más abundantes (Tabla I), se aprecia que cuatro especies incrementaron su presencia: pica pica, jiribilla, yerba de Guinea y Don Carlos.La primera experimentó el incremento más notable con casi un 70%. Según [1] y [8], la inobservancia de medidas preventivas de control de malezas, como la limpieza de los equipos de cosecha y aperos de labranza desde áreas infestadas, se puede citar como la causa fundamental de este fenómeno. La jiribilla creció a un ritmo promedio anual del 15,7%; lo que coincide con lo reportado por [9], quienes señalan que es una especie de difícil control, cuya forma más efectiva es la preparación de suelos en seco, con el correspondiente espaciamiento entre labores y combinado con el control químico; sin ignorar o subestimar otras prácticas preventivas y culturales de manejo de arvenses.

El Don Carlos fue la que menor crecimiento mostró con 2,2%. Las preparaciones de suelos deficientes, como consecuencia de la no observancia del tiempo entre las labores y el uso de implementos inadecuados, como las gradas de discos fundamentalmente, constituyen la causa del incremento de esta especie. Esta es una de

las arvenses de mayor riesgo de transmisión de varias enfermedades, por lo que su presencia en las áreas cañeras, constituye un serio peligro fitosanitario [12]. En el período también decrecieron cuatro especies, entre las que la zancaraña fue la que más disminuyó, seguida del paraná, la yerba fina y el bejuco aguinaldo.

CONCLUSIONES

1. Se reportó la presencia de 15 familias, 29 géneros y 35 especies.
2. De las malezas identificadas tres se agruparon en la categoría de medianamente frecuente, tres en la de poco frecuente y 29 en la de accidentales.
3. La maleza de mayor presencia fue la jiribilla-pitilla villareña, seguida del Don Carlos y la zancaraña.
4. Durante el período las arvenses que más incrementaron su frecuencia fueron la pica pica y la jiribilla, en tanto la zancaraña fue la que más disminuyó.

REFERENCIAS

1. Monroig,M.F.2010.Control integrado de malezas en el cafetal .http://academic.uprm.edu/mmonroig/id64.htm.Consultado el 2 de diciembre de 2010.
2. Valle, F. Borges V. y C. Rincones. 2000. Principales malezas en cultivos de caña de azúcar en el municipio Unión del estado Falcón, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 51-62.
3. Diagnóstico del enmalezamiento en zonas agrícolas cubanas de cultivos de ciclos cortos. En: Manejo y control de malezas en Latinoamérica. Asociación Latinoamericana de Malezas. 2013. 213-218 pp.
4. Díaz, J. C. 2006.Procedimientos del servicio de control integral de malezas (SERCIM) en caña de azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ministerio del Azúcar. 100 p.
5. Hernández, F. (2011). Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb. a bispiribac sodio en lotes arroceros de la zona del Ariari, Meta. Tesis de maestría (maestría en Ciencias Agrarias). Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
6. Pacheco, Darisol; G. Sthormes; Yadira Petit; Magally Quirós de G.; Nedy Poleo e Idelma Dorado. 2009. Reconocimiento de malezas presentes en el huerto de guayabo (*Psidiumguajava*L.) tipo Criolla Roja, del Centro Frutícola del Zulia, Municipio Mara, Venezuela. Revista UDO Agrícola 9 (1): 141-147.
7. Martínez, R., A. Solís, J. L. Escalona, L. A. García, A. C. Naranjo, J. F. Izquierdo, R. Saavedra, E. Vera, E. Villegas, J. Graterol, G. Torres, J. Bermejo y O. Prieto. 2014. Identificación de las especies de arvenses en el Complejo Agroindustrial de Derivados de la Caña de Azúcar "General Antonio Nicolás Briceño", Estado Trujillo, República Bolivariana de Venezuela. En: Jornada Científico Productiva 50 Aniversario del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (L: 2014, Noviembre, 10-14: Matanzas-Villa Clara). [CD-ROM]. Jornada Científico Productiva 50 Aniversario del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2014.
8. Hernández, O., P. Bombino, Dorkis Terry, J. González, R. Cruz, Eulalia Ojeda, M. Tamayo y L. Santos. 2014. Incidencia de las principales arvenses que afectan al cultivo de la Caña de Azúcar en la Empresa Azucarera Ciego de Ávila. En: Jornada Científico Productiva 50 Aniversario del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (L: 2014, Noviembre, 10-14: Matanzas-Villa Clara). [CD-ROM]. Jornada Científico Productiva 50 Aniversario del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2014.
9. Anzalone, L. Meléndez y A. Gámez. 2006. Evaluación de la interferencia de *Rottboelliacochinchinensis* sobre el maíz (*Zea mays* L.) a través de un método aditivo. Rev. Fac. Agron. v.23 n.4 Caracas oct. 2006.
10. Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
11. Rincones, C., R. E. Ayala, D.M. Lozada, M. D. Diez, E. Sierra, A. Alexato y L. Martell. 1995. Manual ilustrado de la caña de azúcar. No. 2. Principales malezas, sus características y su control. FUNDAAZUCAR. 74 p.

12. Chinea, M. A.; H. A. Chinea; J. C. Díaz y H. F. Hernández. 2007. Malezas y plantas económicas hospedantes de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba. En: Memorias (LX: 2007, Junio, 5-9: Jovellanos). [CD-ROM]. Memorias del 60 Aniversario de la Estación de Investigaciones de la Caña de Azúcar “Antonio Mesa”, 2007. ISSN 1028- 6527.

MALEZAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÙCAR EN LAS AREAS DEL CENTRAL AZUCARERO "CRISTINO NARANJO"

WEEDS ASSOCIATED TO THE CULTIVATION OF THE SUGARCANE IN THE AREAS OF "CRISTINO NARANJO" SUGAR MILL

Alfredo Martín Morales Menéndez, Rigoberto Martínez Ramírez y Celia Hernández Vilanova
Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín. Guaro, s/n, Mayarí, Holguín. martin.moralesinicahl.azcuba.cu

RESUMEN

El estudio se desarrolló en las áreas de 17 Unidades de Producción de Caña ubicadas en el entorno geográfico del central azucarero "Cristino Naranjo" con el objetivo de identificar las especies de malezas asociadas al cultivo de la caña de azúcar. Para la ejecución del trabajo se recopiló la información existente en las encuestas de malezas realizadas por el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) en los últimos 5 años, así como se realizaron encuestas a productores y directivos de la producción y recorridos de comprobación al 25% de los bloques cañeros. Se reportaron 8 familias, 22 géneros y 27 especies, de ellas 14 pertenecientes a la clase Liliatae y 13 a la Magnoliatae. Las malezas *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapt, *Sorghum halepense* (L.) Pers. y *Cynodon dactylon* (L.) con categorías Muy frecuentes representan a las especies más agresivas de las que conviven con el cultivo de la caña de azúcar. Las especies *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Ipomoea triloba* L. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Mucuna pruriens* (L.) D.C., integran un segundo grupo de malezas presente en la mayoría de las UBPC, se manifiestan con abundancia y altos niveles de sociabilidad.
Palabras claves: maleza, frecuencia, abundancia, caña de azúcar.

ABSTRACT

The study was conducted in 17 areas Cane Production Units located in the geographical area of the sugar mill "Cristino Naranjo" in order to identify the weed species associated with the cultivation of sugarcane. For the execution of work the existing information was compiled in weed surveys conducted by the Integrated Service Weed Control (SERCIM) in the last five years, and surveys were conducted to producers and managers of production and test runs at 25% of the sugarcane blocks. 8 families, 22 genera and 27 species were reported, of which 14 belong to the class Liliatae and 13 to Magnoliatae. The weeds *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapt, *Sorghum halepense* (L.) Pers. and *Cynodon dactylon* (L.) Very common categories represent the most aggressive of living with the cultivation of sugarcane species. The species *Rottboellia species cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Ipomoea triloba* L. *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit and *Mucuna pruriens* (L.) DC, form a second group of weeds present in most UBPCs, appears in abundance and high levels of sociability.
Keys words: weeds, frequency, abundance, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

Las plantas indeseables en el cultivo de la caña de azúcar son la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas que, conjuntamente con la despoblación, nos obligan a las reposiciones tempranas de los campos, dado a sus bajos rendimientos agrícolas y altos costos de producción (1). Estudios experimentales de malezas realizados en Cuba, reportan pérdidas por competencia permanente de hasta 67% de la producción agrícola respecto al tratamiento limpio en caña planta, y hasta 33 % en retoños (2), por su parte (3), señalan que las mayores pérdidas se originan cuando el enyerbamiento está presente en las etapas tempranas del crecimiento de la planta. Los agricultores frecuentemente desyerban en fases equivocadas del cultivo y no entienden que

el control de malezas es más importante durante el llamado período crítico de competencia, con lo que se evitarían pérdidas importantes de producción (4). Las malezas también constituyen excelentes hospedantes de un gran número de organismos vectores y diseminadores de patologías de los cultivos (5). El presente trabajo se realizó con el objetivo de identificar las especies de malezas asociadas al cultivo de la caña de azúcar, en el entorno del central azucarero "Cristino Naranjo", como base para el empleo racional de los recursos a utilizar en su control.

MATERIALES Y MÉTODOS

El entorno agrícola del central Cristino Naranjo posee un área productiva de 18 000 ha de caña, distribuidas en 13 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) y 4 Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA). Se recopiló la información existente en las encuestas de malezas realizadas por el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) en cada una de las UPC en los últimos 5 años para evaluar el comportamiento de las especies en este tiempo. Posteriormente, durante los años 2014 y 2015, se efectuaron encuestas a productores y directivos de la producción, para determinar las primeras 10 especies con comprobación posterior en el 25% de los bloques cañeros. A partir de las información acumulada se realizaron determinaciones de la frecuencia de aparición de las especies, clasificándose en las categorías siguientes: Accidentales (menos del 25%), Poco frecuentes (25 a 49%), Medianamente frecuentes (50 a 74%) y Muy frecuentes (más del 75%). La Intensidad Media Absoluta, Intensidad Media Real y Sociabilidad también fueron objeto de estudio. Intensidad Media Absoluta (IMA)= Suma de la intensidad promedio en porcentaje de una especie, dividido por la cantidad de muestreos. Intensidad Media Real (IMR)= Suma de la intensidad promedio en porcentaje de una especie, dividido por la cantidad de muestreos en los que aparece la misma. Abundancia = Número de individuos de una especie estimada en forma cualitativa (visual) por unidad de área.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reportó un total de 8 familias, 22 géneros y 27 especies de malezas asociadas al cultivo de la caña de azúcar en el entorno estudiado. Las familias Poaceae con 13 especies y 9 géneros y Fabaceae con 5 especies y 5 géneros resultaron las más diversas (Cuadro I). *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapt (Pitilla o pelo de burro), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Don carlos) y *Cynodon dactylon* (L.) (Hierba fina) con categorías Muy frecuentes representan a las especies más agresivas y persistentes que conviven con el cultivo de la caña de azúcar en la UEB, dado a sus altas frecuencias e Intensidadades (absoluta y real), demostrando altos niveles de sociabilidad (Cuadro II).

Cuadro I. Familias, géneros y especies presentes.

Familias	**Géneros**	**Especies**
Monocotiledóneas		
Cyperaceae	1	1
Poaceae	9	13
Dicotiledóneas		
Amaranthaceae	1	1
Convolvulaceae	2	3
Euphorbiaceae	2	2
Fabaceae	5	5
Mimosaceae	1	1
Portulacaceae	1	1
Total	22	27

Las especies *Euphorbia heterophyla* (L) (Lechosa), *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Zancaraña), *Ipomoea triloba* L. (Aguinaldo marrullero) y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leucaena) con categorías Mediamente frecuente ocupan un segundo grupo de interés que a lo largo de los últimos años han incrementado sus frecuencias de aparición e intensidades, se reportan en la mayoría de los campos.

Las malezas Poco frecuentes y Accidentales, aunque no reportan altas frecuencias a nivel de UEB, algunas como *Mucuna pruriens* (L.) D.C (pica pica), *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv (arrocillo), *Digitaria adscendens* (Kunth) Henr (Don J. de Castilla, *Centrosema virginianum* (L.) Benth (C. negra) *y Dichrostachys cinérea* (L.)Wig*h*t (marabú), aparecen con altas frecuencia e intensidades en varias UBPC y CPA (Yaguabo, Feliú Leyva, Che Guevara y La 28).

Cuadro II. Frecuencia e Intensidad Media Absoluta y Real de las principales malezas.

Nombre científico	**Frecuencia**	**Categoría**	**IMA**	**IMR**
Dichanthium annulatum (Forsk.) Stapt.	100	Muy frecuente	16,1	16,1
Sorghum halepense (L.) Pers.	100	Muy frecuente	13,0	13,0
Cynodon dactylon (L.)	100	Muy frecuente	12,8	12,8
Euphorbia heterophylla (L.)	70,6	Med. frecuente	3,7	5,2
Rottboellia cochinchinensis (Lour.) Clayton	64,7	Med. frecuente	8,7	13,4
Ipomoea triloba L.	64,7	Med. frecuente	6,6	10,2
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	52,9	Med. frecuente	4,7	9,0
Mucuna pruriens (L.) D.C.	47,1	Poco frecuente	5,8	13,0
Echinochloa crus-galli (L.) Beauv.	47,1	Poco frecuente	4,3	9,2
Echinochloa colona (L.) Link	35,3	Poco frecuente	2,7	7,6
Digitaria adscendens (Kunth) Henr.	35,3	Poco frecuente	2,7	7,6
Cyperus rotundus L.	35,3	Poco frecuente	1,8	5,2
Brachiaria fasciculata (Sw.) Blake	29,4	Poco frecuente	2,5	8,4
Dichrostachys cinérea (L.)Wight	29,4	Poco frecuente	2,3	7,7
Amaranthus dubius Mart.	29,4	Poco frecuente	1,9	6,6

El cuadro III muestra las principales cinco malezas problemas por UBPC y orden de importancia que compiten directamente con el cultivo de la caña de azúcar incidiendo en sus bajos rendimientos agrícolas. La *Euphorbia heterophylla* (L.) Lechosa), a nivel de la UEB, se presenta como la cuarta maleza de mayor frecuencia, no así en abundancia, de aquí que clasifique como de baja sociabilidad, corroborado en los valores de sus intensidades (Absoluta y Real).

Cuadro III. Principales 5 malezas problemas presentes en las UBPC y CPA.

Nombre científico	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
Dichanthium annulatum (F)	1	1	1	1		3		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Andropogon pertusus (L.)					1		1										
Cynodon dactylon (L.)	5	2	4	3	5	4		4	2		2	3		5		3	3
Sorghum halepense (L.)	2	3	3	4	4	1		5	4	5	5	5	2	2	2	2	2
Echinochloa colona (L.)												4					
Amaranthus dubius M.													4		5		
Rottboellia cochinchinensis		5	5	2			4	3		4	4	2			4	4	5
Brachiaria fasciculata (Sw)																5	
Turbina corymbosa (L.)	4				2				5								
Sorghum sudanense (Piper)							5										
Rhynchosia minina (L.)			2				3	1									
Mucuna pruriens (L.)						2			3	3	3		3	4	3		
Ipomoea tiliácea (Willd.)		4		5		5											
Leucaena leucocephala L	3						2							3			4
Centrosema virginianum (L)					3												
Dichrostachys cinérea (L)										2			5				

Leyenda:

1. Ancha, 2. Laura, 3. San Juan, 4. Arroyo Blanco, 5. La 28, 6. Yaguabo, 7. Miguel Glez, 8. A. Sandino 9. F. Leyva, 10 .Che Guevara, 11. E. Guerra, 12. W. Mulet, 13. O. Blázquez, 14.J.Garceran. 15. C, Sánchez, 16. A. Maceo, 17. N. González

CONCLUSIONES

1. El diagnostico de las malezas denominadas problema en el cultivo de la caña de azúcar realizado en las áreas de la Unidad Empresarial de Base "Cristino Naranjo" reportó la existencia de 8 familias, 22 géneros y 27 especies, de ellas 14 pertenecientes a la clase Liliatae y 13 a la clase Magnoliatae.
2. Las malezas *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapt, *Sorghum halepense* (L.) Pers. *y* Cynodon dactylon *(L.)* con categorías Muy frecuentes representan a las especies más agresivas y persistentes de las que conviven con el cultivo de la caña de azúcar en la UEB, dado a sus altas frecuencias e Intensidadades (Absoluta y Real), demostrando altos niveles de sociabilidad para la convivencia con otras, por lo que deben ser manejadas cuidadosamente en los programas.
3. Las especies *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Ipomoea triloba* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Mucuna pruriens* (L.) D.C., integran un segundo grupo de malezas de especial atención, presente en la mayoría de las UBPC, se manifiestan con abundancia y altos niveles de sociabilidad.

REFERENCIAS

1**.** Álvarez, A. Las malas hierbas reducen la zafra 2002 en 1,4 millones de toneladas de azúcar: 54 millones de dólares menos netos. En: II Congreso Nacional Ciencias de Malezas. La Habana: 2001. 56-58.

2. Díaz, J. C. Informe final del proyecto de investigación y desarrollo 00101167: Modelación, Perfeccionamiento y Generalización del Sistema Automatizado para el Control Integral de Malezas en Caña de Azúcar PCMalezas. CITMA. 2005.

3. Martín, J. R., Gálvez, G., De Armas, R., Espinosa, E., Vigoa, R. & León, A. La Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Científico- Técnico. 1987. 300p.

4. Labrada, R. Problemas relacionados con el desarrollo del manejo de malezas en el mundo en desarrollo. En: Consulta de Expertos en Ecología y Manejo de Malezas. FAO, Roma. Versión pdf. 1997.

5. Rodríguez E.; Chinea A.; Alfonso I; Acevedo R.; Barroso F.; Aday O. y Rodríguez M. Protección de Plantas. Curso para Cañicultores. Ministerio de Agricultura y Tierras. Corporación Venezolana Agraria: 2005. 327 p.

IMPACTO DEL SERVICIO DE CONTROL INTEGRAL DE MALEZAS (SERCIM) EN LA PROVINCIA SANTIAGO DE CUBA

IMPACT OF THE SERVICE OF INTEGRAL CONTROL OF OVERGROWTHS (SERCIM) IN THE SANTIAGO DE CUBA PROVINCE

Dailín Rodríguez Tassé, René Barbosa García
Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Oriente Sur
dailin.rodriguez@inicasc.azcuba.cu

RESUMEN

El trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto del Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) entre los años 2005 y 2013. El mismo se desarrolló en las cinco Unidades Empresariales de Base de la Empresa Azucarera Santiago de Cuba, analizando las actividades que caracterizan el servicio, entre las que se destacan la capacitación, visitas a las unidades productoras, monitoreos de encuestas de malezas, montaje de los lotes controles, productos herbicidas y tratamientos recomendados, las áreas aplicadas con productos de acción residual, así como el comportamiento de los enyerbamientos. Se apreció un incremento de las actividades realizadas por año y un fortalecimiento del SERCIM en la provincia, y se ofrecen recomendaciones más efectivas y racionales, alcanzando un mejor control de las malezas y rendimientos agrícolas superiores en las unidades del programa Bayer CropScience con respecto a la tecnología tradicional.
Palabras claves: Integral, impacto, malezas, rendimientos

ABSTRACT

The work was realized to evaluate the impact of the Service of Integrated Weed Control (SERCIM) between 2005 and 2013. The work was developed in the five Managerial Units of Base of the Sugar Company Santiago from Cuba, analyzing the activities that characterize the service, among those that stand out the training, visits to the units producers, monitoreos of surveys of overgrowths, assembly of the lots controls, products herbicides and recommended treatments, the areas applied with products of residual action, as well as the behavior of the enyerbamientos. An increment of the activities was appreciated carried out by year and an invigoration of the SERCIM in the county, and they offer more effective and more rational recommendations, reaching a better control of the overgrowths and yields agricultural superiors in the units of the program Bayer CropScience with regard to the traditional technology.
Key words: Integral, impact, overgrowths, yields

INTRODUCCIÓN

Desde 1999 fue introducido en la producción el Sistema Automatizado para el Control Integral de Malezas (CIM) en la Caña de Azúcar, como una herramienta para la recomendación y planificación de las labores. En la actualidad reciben las bondades del servicio las 5 Unidades Empresariales de Base (UEB) cañeras de la provincia Santiago de Cuba, beneficiándose 45 424.26 ha dedicadas a la producción de caña. El Servicio de Control Integral de Malezas tiene como objetivo ayudar a los productores a efectuar un manejo técnicamente más eficaz, económicamente más viable y ambientalmente más seguro, a fin de contribuir a alcanzar mayores rendimientos agrícolas y eficiencia económica. Evaluar el impacto del SERCIM en la provincia Santiago de Cuba constituye el objetivo principal del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las cinco Unidades Empresariales de Base de la Empresa Azucarera Santiago de Cuba, entre los años 2005 y 2013 analizándose los datos registrados de acuerdo a la información acumulada en las acciones, relacionadas con la capacitación, montaje de lotes controles, nuevos productos herbicidas, mezclas entre ellos, y medios de aplicación, el comportamiento de los enyerbamientos por años y la

comparación entre productos de acción residual en seco y los tradicionales, además del comportamiento de los rendimientos agrícolas en las unidades beneficiadas con el programa de CIM de malezas Bayer Crop Science – AZCUBA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo evaluado se observa un aumento de las actividades de capacitación (figura 1) siendo esta la primera acción a desarrollar a inicio de la campaña, independientemente de los años de experiencia que posean los técnicos, ya que siempre existen productos nuevos (Alion, Mayoral, Skol, Merlín Total) y tecnologías (momento de aplicación del residual con respecto al cultivo y la fertilización y aspectos novedosos (tamaño de la gota para la aplicación de herbicida, resistencia de las malezas), entre otros.

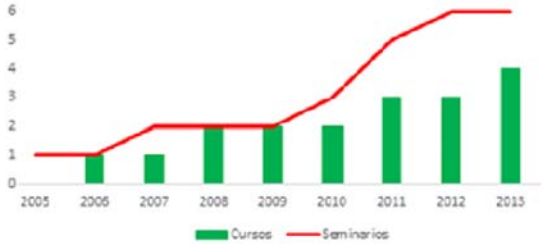


Figura 1. Dinámica de crecimiento de la actividad de capacitación brindada por el SERCIM en el período 2005 –2013 en la provincia Santiago de Cuba.

Otras de las acciones realizadas son los ***días de campo*** en los que se emplea el método participativo donde el productor, de simple espectador, se convierte en protagonista activo, permitiendo un amplio intercambio de experiencias entre ellos. Al pasar del tiempo, los días de campos y su calidad se han incrementado, planificándose específicamente para inicios de la campaña de control integral de malezas donde se tratan los temas inherentes a ella.(Figura 2).

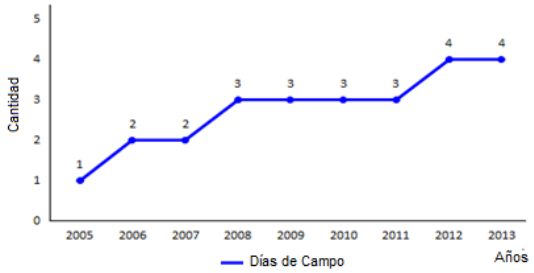


Figura 2. Dinámica de crecimiento de los días de campo que ha brindado el SERCIM en el período 2005 – 2013 en la provincia Santiago de Cuba.

Las visitas de asistencia técnica a las unidades productoras se incrementan en el tiempo, lo que fortalece el trabajo de manejo de las malezas. Durante estas visitas se han aumentado también el monitoreo de las encuestas de malezas, como se puede observar en la Figura 3, resultan el elemento básico que determina la calidad de las recomendaciones.

Figura 3. Visitas realizadas a las unidades productoras y monitoreo de encuestas de malezas efectuadas por el SERCIM en el periodo 2005-2013 en la provincia Santiago de Cuba.

El lote control es una vía de la implementación y consolidación del servicio, el cual en inicio fue una actividad poco significativa, como se puede apreciar en la Figura 4, con el trascurso de los años se incrementa progresivamente lográndose un total de 47 lotes controles en el periodos en el periodo de 2005 - 2013 y como resultado se obtuvo la introducción de nuevos productos herbicidas, tratamientos y aditamentos.

Con la introducción de nuevos productos y tratamientos, las acciones de divulgación se incrementaron, entre ellas, la entrega de hojas sueltas y plegables, siendo superior en los años 2010 al 2013. Los principales temas fueron:

- Mayoral LS 35 nuevo herbicida para caña de azúcar de retoño, en seco.
- ¡Que debes saber para controlar las malezas!
- Alion, Una nueva alternativa para el control de las malezas.
- Control de malezas de las unidades de producción cañeras.
- Instrucciones para la realización de la Encuesta de Malezas de un campo cañero.
- El SERCIM, la mejor opción para el control de malezas.

Se consolidaron nuevas tecnologías en el sistema de atención cultural de la caña, con la implementación del Programa Bayer CropScience– AZCUBA, el que realiza un control integrado de las malezas a partir de la combinación de métodos químicos, mecánicos y culturales lográndose incrementar de 5 unidades en el año 2005 hasta el 100 % de las UPC en el 2013 (Figura 4).

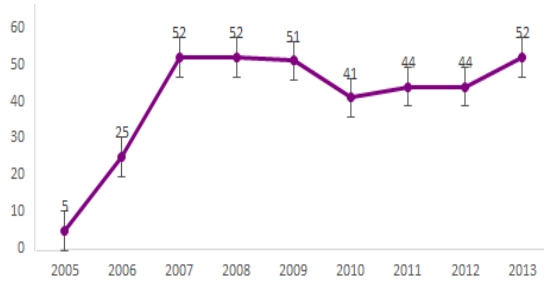


Figura 4. Cantidad de unidades productoras incluidas en el programa Bayer CropScience – AZCUBA en el periodo 2005 – 2013 en la provincia Santiago de Cuba.

Al evaluar la aplicación de herbicidas con acción residual se puede apreciar en la Figura 5 que al inicio del servicio era muy limitada, se realizaba con productos muy exigentes a la humedad, con la implementación del SERCIM la tendencia fue a la introducción de varios productos residuales en seco con una máxima eficacia en su control y alta selectividad para el cultivo, pasando gradualmente las aplicaciones de Merlin de 2117 ha en el 2005 hasta 20 578 ha en el 2009. A partir del 2010 se incorporan nuevos productos y se logran beneficiar 25 752.89 ha, se potencian con estos productos el empleo de dosis bajas, que permite minimizar la contaminación ambiental y la cobertura de malezas por meses de estas áreas. (Figura 6).

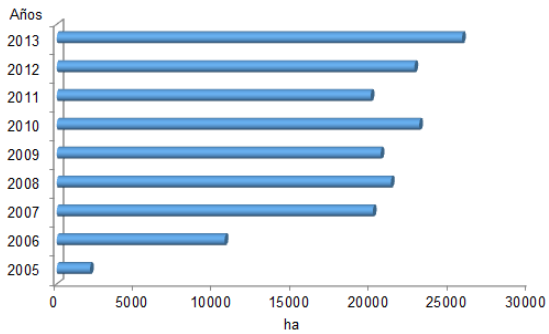


Figura 5. Área aplicada con herbicida de acción residual en el periodo 2005 – 2013 en la provincia Santiago de Cuba.

Como resultado de la aplicación de herbicidas residuales, se ha logrado la disminución de las malezas en estas áreas, al comparar el enyerbamiento por meses en el 2013, de las áreas aplicadas con residual y las áreas con el control tradicional, podemos observar que la aplicación de los nuevos productos residuales ha alcanzado un mayor control incluso en los meses picos de estas. (Figura 7)

Figura 6. Enyerbamientos en las áreas aplicadas con herbicidas de acción residual y el control tradicional en el 2013 en la provincia Santiago de Cuba.

Según González (2011), los rendimientos agrícolas se ven seriamente afectados por la presencia de las malezas, las cuales afectan seriamente el desarrollo de las plantas. La presencia de malezas aumenta el número total de plantas por unidad de área, se incrementa la competencia, se disminuye la producción del cultivo principal y ocurre una reducción del rendimiento medio (Arévalo, 2005). Los incrementos promedios del rendimiento agrícola al comparar las unidades beneficiadas con el programa Bayer CropScience y la tecnología tradicional en retoños, entre los años 2005-2007 mostraron un incremento del rendimiento entre 3.6 $t.ha^{-1}$ hasta 17 $t.ha^{-1}$, resultados similares se obtuvieron en la Empresas 14 de julio de Cienfuegos, con 8.2 $t.ha^{1}$de incremento, al igual que en la UBPC Ilusión, de la Empresa Ciro Redondo, con 10.4 $t.ha^{1}$ (Lorente, 2011).

CONCLUSIONES

1. El SERCIM en la provincia Santiago de Cuba, tiene un impacto positivo en la capacitación, asesoría técnica a los productores e introducción de nuevas tecnologías.
2. Las recomendaciones brindadas a los productores han sido perfeccionadas y aceptadas.
3. La incorporación de unidades productoras en el programa Bayer CropScience – AZCUBA fortalece el manejo y control de las malezas.
4. La introducción de nuevos productos herbicidas con acción residual permitieron un mejor control de las malezas.
5. Los rendimientos agrícolas en unidades del programa Bayer CropScience son superiores con respecto a la tecnología tradicional.

REFERENCIAS

1. Arévalo, R. 2005. Manejo sostenible de malezas en *Saccharum spp*. Disertación del Académico Correspondiente. Academia de Ciencias de Argentina. 44pp.
2. González Lara Z. 2011. Comportamiento de las malezas, frente a diferentes formulaciones de herbicidas en la CPA “21 de Septiembre”. Tesis en opción al título de ingeniero Agrónomo.
3. Lorente, E. Nueva variante tecnológica en la aplicación del herbicida residual isoxaflutol (Merlín GD 75) en caña de azúcar en la UBPC Andrés Cuevas. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Agrícolas.

MAYORAL LS 35 NUEVO TRATAMIENTO APLICADO EN CAÑA PLANTA, SOLO Y EN MEZCLAS CON OTROS PRODUCTOS

MAYORAL LS 35 NEW APPLIED TREATMENT IN CANE PLANTS, ALONE AND IN MIXTURES WITH OTHER PRODUCTS

Dailin Rodríguez Tassé[1], René Barbosa García[1], Abel Torres Rade[2], Adrian Garcia Perú[3].
[1] Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Oriente Sur.
dailin.rodriguez@inicasc.azcuba.cu
[2] Unidad Empresarial de Base Julio Antonio Mella.
[3] Empresa Azucarera Santiago de Cuba.

RESUMEN

El trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa "Urbano Tamayo" de la Unidad Empresarial de Base "Julio Antonio Mella" de Santiago de Cuba, con el objetivo de determinar la eficacia herbicida y la selectividad al cultivo de la caña de azúcar ante la aplicación de Mayoral LS 35 a 0.5 l/ha en la cepa caña planta, cultivar C90-647, sobre suelo Vertisol. Se obtuvo un eficaz y duradero control de las arvenses monocotiledóneas *Dichanthium annulatum*, *Brachiaria mutica*, *Cynodon dactylo*n y las dicotiledóneas *Mucuna pruriens* y *Ipomoea trifid*a con Mayoral a 0.8 L.ha-1 aplicado 30 días antes de la plantación, con residualidad superior a 90 días, seguido por Mayoral a 0.5 L.ha-1 después del tape y retape de la caña de azúcar que logró mantener el suelo "limpio" por más de 75 días. No se observaron síntomas de fitotoxicidad.
Palabras claves: Caña de Azúcar, arvenses, herbicidas

ABSTRACT

The work was carried out in the Basic Unit of Cooperative Production Urbano Tamayo of the Managerial Unit of Base Julio Antonio Mella of Santiago from Cuba, with the objective of determining the effectiveness herbicide and the selectivity to the cultivation of the cane of sugar before the application of Mayoral LS 35 to 0.5 l/ha in the cane plants, to cultivate C90-647, on soil Vertisol. An effective and durable control of the arvenses monocotiledoneas *Dichanthium annulatum* was obtained, *Brachiaria mutica*, *Cynodon dactylon* and the dicotyledoneous *Mucuna pruriens* and *Ipomoea trifida* with Mayoral to 0.8 L.ha-1 applied 30 days before the plantation, with superior residuals to 90 days, continued by Mayoral to 0.5 L.ha-1 after the one it covers of the cane of sugar that was able to maintain the clean floor for more than 75 days. Fitotoxicidad symptoms were not observed.
Key words: Sugarcane, weeds, herbicides

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores agrotécnicos, que afectan la producción cañera, después de la despoblación, es la presencia de malezas, afecta el rendimiento con más severidad, reduce la vida útil de las plantaciones e incrementa los costos de la reposición y los costos de cosecha.

El deficiente control de malezas en los primeros estadios de desarrollo de la caña de azúcar provoca severos daños por competencia y/o alelopatía. En este sentido, cada año se buscan nuevas alternativas de herbicidas que contribuyan a minimizar los efectos de estas. El objetivo de la presente investigación es determinar la eficacia herbicida de Mayoral LS 35 de Makhteshim Agan, aplicado en caña nueva y en mezclas con otros productos, así como la selectividad en la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante la campaña de siembra de primavera del 2012 en el campo 6 del bloque 223 de la Unidad Básica de Producción Cooperativa "Urbano Tamayo", Unidad Empresarial de Base "Julio Antonio Mella" de la provincia Santiago de Cuba, sobre suelo Vertisol, plantado de caña de azúcar, variedad C90-647. Las malezas predominantes en las áreas se exponen en el Cuadro I.

Cuadro I. Malezas predominantes.

Nombre científico	**Nombre común**
Dichanthium annulatum	pitilla, jiribilla, pelo de burro
Brachiaria mutica	Paraná
Cynodon dactylon	yerba fina
Mucuna pruriens	pica pica
Ipomoea trifida.	bejuco aguinaldo

Los tratamientos aplicados fueron:

1. Mayoral LS 35 a 0.8 $L.ha^{-1}$ en pre-siembra.
2. Mayoral LS 35 a 0.5 $L.ha^{-1}$ después del tape.
3. Mayoral LS 35 a 0.4 $L.ha^{-1}$ + Isoxaflutol GD 75 a 0.100 kg pc/ha.
4. Mayoral LS 35 a 0.4 $L.ha^{-1}$ + Ametrina 80 a 2.0 kg pc/ha.

Las precipitaciones en el periodo de evaluación fueron:
Abril: 126 mm
Mayo: 41 mm
Junio: 127 mm
Julio: 112 mm
Agosto: 28 mm
Para un total de 434 mm, abundantes y típicas para dicho periodo.

La técnica de aplicación utilizada fue asperjadora integral Mañez Lozano utilizando boquillas de abanico plano, color azul modelo 03 F 110^{o} con un gasto de 0.98 L/min y una presión de 2 bar con solución final calibrada de 296 $L.ha^{-1}$. A los 15, 30, 45, 60, 75, y 90 días después de la aplicación (DDA) se realizaron evaluaciones de porcentaje de cobertura de malezas, Fischer, 1975 y de tolerancia del cultivo usando la escala EWRS de nueve grados según Johannes y Schuh 1971 (Cuadro II).

Cuadro II. Escala EWRS de tolerancia del cultivo.

Grado	**Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo.**
1	ausencia absoluta de síntomas
2	síntomas muy ligeros
3	síntomas ligeros, pero claramente visibles
4	síntomas más marcados, por ej. clorosis, probablemente sin pérdidas de rendimiento
5	mayor clorosis, atrofia y perdida de rendimiento
6	mayor clorosis, atrofia y perdida de rendimiento
7	mayor clorosis, atrofia y perdida de rendimiento
8	mayor clorosis, atrofia y perdida de rendimiento
9	destrucción total del cultivo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los tratamientos evaluados tuvieron un eficaz y duradero control de malezas, se destaca la aplicación de Mayoral a 0.8 L.ha^{-1} aplicado 30 días antes de la plantación, el cual mantuvo el área libre de malezas por más de 90 DDA (Figura 1), Mayoral 0.5 L.ha^{-1} aplicado después del tape y retape y la mezcla de Mayoral a 0.4 L.ha^{-1} + Isoxaflutol GD 75 a 0.10 kg pc/ha; por último Mayoral a 0.4 L.ha^{-1} + Ametrina 80 a 2.0 kg pc/ha. Resultados similares obtuvo Fernández (2010) al evaluar el Mayoral LS 35, en el control pre-emergente de gramíneas, ciperáceas y hojas anchas en caña de azúcar en la provincia Camagüey.

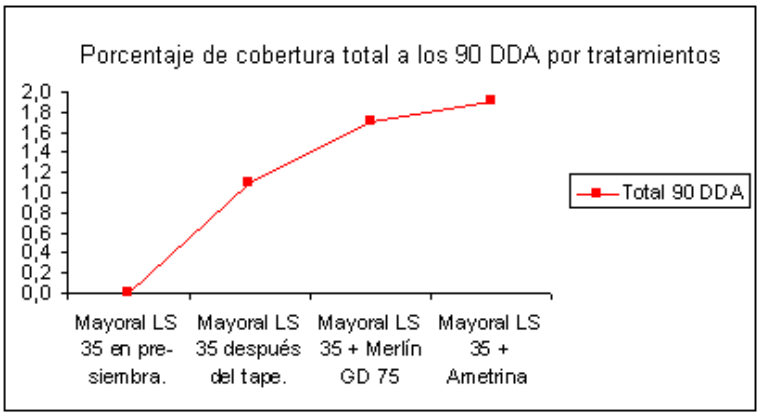


Figura 1. Cobertura total de malezas (%) a los 90 DDA. UBPC "Urbano Tamayo".

En el control por especies hasta los 90 DDA, el *Dichanthium annulatum* fue totalmente controlado por todos los tratamientos. *Brachiaria mutica* sólo fue eficazmente controlada por Mayoral 0.8 L.ha^{-1}. *Cynodon dactylon* resultó controlada por Mayoral 0.8 L.ha^{-1} y Mayoral 0.5 L.ha^{-1} después del tape, no así ante las mezclas de Mayoral + IFT y Mayoral + Ametrina (Figura 2). Hernández (2009) en la provincia de Matanzas, empleó Mayoral LS 35 a una dosis de 0,5 L.ha^{-1} para el control de una diversidad de malezas y obtuvo un resultado similar al compararlo con el Merlin GD 75 en el control de la Zancaraña (*Rottboellia*), Don Carlos (*Sorghum*) y *Dichanthium*.

Las especies *Mucuna pruriens* e *Ipomoea trifida* solamente fueron bien controladas por Mayoral 0.8 L.ha^{-1}, parcialmente controlada por Mayoral 0.5 L.ha^{-1} y deficientemente por las mezclas de tanque de Mayoral + IFT y Mayoral + Ametrina (Figura 2).

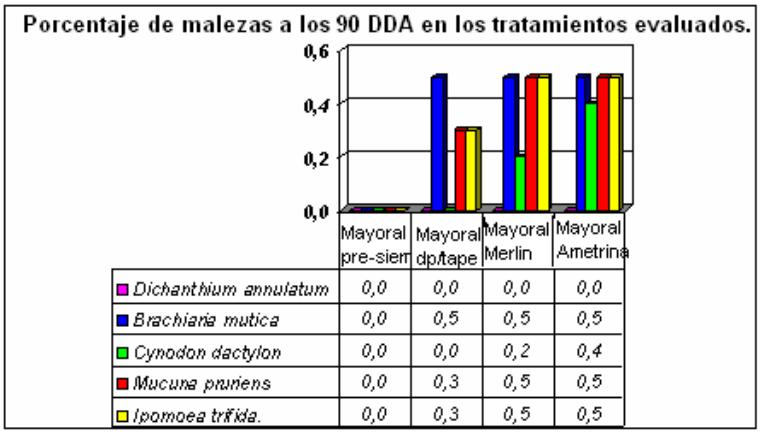


Figura 2. Cobertura de diferentes especies de malezas (%) a 90 DDA pre-siembra y 55 DDA postsiembra.

En las evaluaciones realizadas no se observaron síntomas de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C90-647 ante tratamiento alguno.

Al realizar una valoración económica con los tratamientos evaluados, comprobamos que con la aplicación de Mayoral LS 35 a 0.5 L.ha^{-1} después del tape y retape de la caña el costo/ha/día limpio (0.41 USD/ha/día limpio) es menor que en el resto de los tratamientos.

Cuadro III Resultados económicos de la aplicación de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Costo/ha (USD)	Días limpio	Costo/ha/día limpio (USD)
Mayoral 0.8 L.ha^{-1} en pre-siembra	48.9	90	0.54
Mayoral 0.5 L pc /ha después del tape	30.56	75	0.41
Mayoral 0.4 L pc /ha + IFT GD 75 a 0.1 kg pc /ha.	39.45	72	0.55
Mayoral 0.4 L pc /ha + ametrina 80 a 2.0 kg pc /ha.	38.21	64	0.60

CONCLUSIONES

1. Mayoral LS 35 a 0.8 L.ha^{-1} en pre-siembra, resultó el tratamiento de mayor acción residual (más de 90 días), sin provocar síntomas de fitotoxicidad sobre el cultivo y Mayoral 0.5 L.ha^{-1} después de la siembra, capaz de mantener el cultivo limpio por más de 75 días.
2. No se observaron síntomas de fitotoxicidad en la caña de azúcar, cultivar C90-647 ante los tratamiento evaluados.
3. Mayoral 0.5 L.ha^{-1} aplicado después del tape de la caña presenta menor costo/ha/día limpio (0.41 USD/ha/día limpio).

REFERENCIAS

1. Fischer, F. Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Rev. Agric., 8 (1): 70-80.
2. Johannes, H. y J. Schuh. 1971. Das bonitierungsschema 1-9. European Weed Research Council. (EWRS), Begbroke Hill, Kidlinton, Oxford.
3. Fernández, C. (2010). Evaluación a escala de extensión del herbicida Mayoral LS 35 la provincia, Camagüey.
4. Hernández, H. F. (2009). Evaluación a escala de extensión, en la empresa Rene Fraga de Mayoral LS 35 (imazapic + imazapyr) de Makhteshim Agan, en el control pre-emergente de gramíneas, ciperáceas y hojas anchas en caña de azúcar. Informe de resultado. ETICA Jovellanos. Matanzas.

APLICACIÓN EN PRE EMERGENCIA DE LAS MALEZAS DE IMAZAPIC GD 70, ISAXOFLUTOLE GD 75 Y MEZCLA EN RETOÑOS EN SECO

APPLICATION IN PRE EMERGENCY OF THE WEEDS OF IMAZAPIC GD 70, ISAXOFLUTOLE GD 75 AND MIX IN SHOOTS IN DRY

Arelis Rodríguez Martínez, Sandalio Pino Ávila, Lázaro Pardo Mora, Rafael Zuaznábar Zuaznábar

Instituto de investigaciones de la caña de azúcar.

RESUMEN

Se reportan los resultados de dos estudios desarrollados en las Unidades Empresariales de Base (UEB) Abraham Lincoln y 30 de Noviembre de la Empresa Azucarera Artemisa, en caña de azúcar de retoño fertilizada al centro de la cepa y con cobertura inalterada de residuos de cosecha, sobre suelo Ferralsol en condiciones de sequía y en pre emergencia de las malezas (Lour.) Clayton, *Sorghum halepense* (L) Pers, *Euphorbia heterophylla* (L.) *Ipomoea trífida* (Kunth) D. Don, *Cynodondactylon* (L.) Pers y *Cyperus rotundus* L. Los tratamientos evaluados de Imazapic GD 70 y las diferentes mezclas de Imazapic GD 70 con Isoxaflutole GD 75 mantuvieron un control de las malezas hasta 130 días posteriores a la aplicación similares al tratamiento estándar de Isoxaflutole GD 75 a 0.200 kg ha^{-1} con reducción significativa de los costos y sin daños fitotoxicos visibles en el cultivo.
Palabras clave: Caña azúcar, pre emergencia, malezas.

ABSTRACT

The results of two extensive studies are reported developed in the Managerial Units of Base Abraham Lincoln and 30 of November of the Sugar Company Artemisa in cane of sprout sugar fertilized to the center of the stump and with unaffected covering of crop residuals on floor Ferralsol under conditions of prevalent drought and in pre emergency of the weeds *Rottboelliacochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Sorghum halepense* (L) Pers, *Euphorbia heterophylla* (L.), *Ipomoea trífida* (Kunth,*Cynodondactylon* (L.)Pers and *Cyperus rotundus* (L.). The treatments of Imazapic GD 70 different mixtures Imazapic Isoxaflutole GD 70 GD 75 maintained control of weeds up to 130 days after application similar to the standard treatment of Isoxaflutole GD 75-0200 kg ha -1 wiht a significant reduction of the costs and without damages visible fitotoxicos in the cultivation.
Keywords: Sugar cane, pre emergency, weeds.

INTRODUCCIÓN

Imazapic GD 70 (Dromon) de Luxemburgo Industries LTD es un herbicida sistémico de amplio espectro de acción, del grupo de las imidazolinonas. Se reporta que controla eficientemente cebolleta (*Cyperus rotundus* L), gramíneas anuales y hojas anchas y puede ser usado en caña de retoño, aplicado antes del brote de esta, y en la preparación del suelo para la renovación, antes de sembrar la caña. EEUU y Brasil, reportan su uso en pre-emergencia en soya, maní, caña de azúcar y áreas no cultivadas. El Pesticide Manual del British Cropprotection Council, lo reporta como herbicida de contacto y residual para un amplio espectro de malezas.

El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad de Imazapic (Dromon 70 GD) e Isoxaflutol (Merlín GD 75) sólo y en mezclas en el control pre emergente de malezas en retoños de caña de azúcar en condiciones de sequía prevaleciente y la tolerancia del cultivo en comparación con los tratamientos convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un estudio extensivo en la Unidad de Producción Cañera Ismael Ricondo, de la Empresa Azucarera Artemisa sobre suelo Ferralsol en ciclo de retoño con la variedad de caña de azúcar CP52-43. El área seleccionada tenía aproximadamente 20 ha (4 ha por tratamiento) y para el establecimiento del ensayo se utilizó un diseño en franjas con 5 estaciones de muestreo (compuestas de 4 surcos de 10 m de longitud separados a 1.60 m para un área de 64 m^2) para cada tratamiento en estudio donde se realizaron todas las mediciones y determinaciones programadas.

La aplicación se realizó el 11 de enero de 2015 con asperjadora Unigreen acoplada a un tractor con boquilla de abanico plano de 110 grados y gasto de 1.20 l/minuto y una solución final calibrada de 201 l ha^{-1}.

La última evaluaciòn se realizó el 22 de mayo de ese año a los 130 días posteriores a la misma y en la misma participaron especialistas del INICA, de la Estación de Investigaciones de la Caña de azúcar Mayabeque-Artemisa, La Empresa Azucarera Artemisa y los extensionistas vinculados a las respectivas unidades de producción. Los tratamientos evaluados se describen en la tabla I.

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente utilizando el Paquete Estadístico SAS y cuando existió diferencia entre las medias se empleó la Prueba de rangos Múltiples de Duncan a 5 % de error.

Tabla I. Tratamientos evaluados en el estudio.

Tratamiento	**Dosis (Kg ha^{-1} p.c.)**
1- Testigo absoluto	-
2- Imazapic (GD 70)	0.200
3- Imazapic GD 70 + Isoxaflutole GD 75	0.150 + 0.050
4- Imazapic GD 70 + Isoxaflutole GD 75	0.100 + 0.100
5- Imazapic GD 70 + Isoxaflutole GD 75	0.050 + 0.150
6- Isoxaflutole (Merlin GD 75)	0.200

Las malezas predominantes en el estudio por orden de importancia fueron: *Sorghum halepense* (L.) Pers, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.)Clayton) *Ipomoea trífida* (Kunth) D. Don, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus rotundus* L y *Euphorbia heterophylla* L.

Después de la aplicación, a diferentes intervalos de tiempo, se efectuaron evaluaciones de porcentaje de cobertura de malezas (Fischer, 1975) y de tolerancia del cultivo usando la escala EWRS de nueve grados (Johannes y Schuh, 1971, citado por Ciba Geigy (1981), donde el grado 1 significa ningún efecto, como el testigo no tratado (Tabla II).

Tabla II. Efectividad herbicida y fitotoxicidad en el cultivo. Escala EWRS.

Grados	Efecto herbicida	Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo
1	Destrucción total de las malezas	ausencia absoluta de síntomas
2	Necrosis aguda	síntomas muy ligeros
3	Necrosis media	síntomas ligeros, pero claramente visibles
4	Necrosis ligera	síntomas más marcados, por ej. clorosis, probablemente sin pérdidas de rendimiento
5	Clorosis intensa	cada vez mayor clorosis, atrofia y perdida de rendimiento
6	Clorosis media	
7	Clorosis ligera	
8	Muy leve (cambio de color)	
9	Ausencia absoluta de síntomas	destrucción total del cultivo

RESULTADOS Y DISCUSIÒN

El porcentaje de cobertura de malezas en las evaluaciones realizadas a los 30, 60, 90 y 130 días posteriores a la cosecha mostraron un comportamiento estable y uniforme, obteniéndose los mejores resultados, sin una diferencia notable con los demás tratamientos en estudio con la mezcla de Imazacpic GD 70 (Dromon) de Luxemburgo e Isoxaflutole GD 75 a la dosis 0.100 + 0.100 kg ha^{-1}de p.c , constituyendo este resultado una alternativa que nos permite reducir el costo con relación al tratamiento estándar de Isoxaflutole GD 75 (Merlin) y además como medio de prevención para evitar la posible aparición de resistencia por el uso continuado del tratamiento estándar en las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Cuba.

Por otra parte se debe destacar que cuando la cobertura de residuos de cosecha permanece inalterada la aparición de las malezas ocurre muy dispersa y en muy bajas proporciones por lo el uso de herbicidas de alta residualidad asociado a esta práctica resulta una variante muy eficiente en el control de las malezas en sentido general (Tabla III).

Tabla III. Resultados de las aplicaciones de herbicidas en pre emergencia de malezas.

Tratamiento	Dosis (kg o L ha^{-1})	Días de la aplicación				Fito
		30	60	90	130	1-9
Testigo absoluto	----	2	5	12	23	1
Imazapic GD 70	0.200	1	1	5	11	1
Imazapic + Isoxaflutole	0.150 + 0.050	1	1	6	10	1
Imazapic + Isoxaflutole	0.100 + 0.100	1	1	4	8	1
Imazapic + isoxaflutole	0.050 + 0.150	1	1	7	12	1
Isoxaflutole GD 75	0.200	1	1	7	14	1

También se debe destacar que no se detectaron daños fitotoxicos visibles en la caña de azúcar y esto se debió a que la tecnología utilizada donde la fertilización se realiza al centro de la cepa se efectúa inmediatamente después del corte y permite que la aplicación de los herbicidas residuales se realice antes de los 5 días posteriores a la cosecha sin la aparición del rebrote.

El análisis económico relacionado sólo a la aplicación de los herbicidas residuales y sus mezclas, donde el kilogramo de Imazapic GD 70 (Dromon) e Isoxaflutole es de 130.0 y 146.5 USD respectivamente, en este estudio se describe en la tabla IV.

Tabla IV. Análisis económico de los tratamientos (en USD).

Tratamientos	Costo	Costo	Costo	Dif	Área	Diferencia

	tratamiento	aplicación	total		(ha)	(USD ha^{-1})
Imazapic 0.200 Kg/ha	26.00	8.00	34.00	--	4.0	--
Imazapic + Isoxaflutole 0.150 + 0.050 Kg/ha	26.80	8.00	34.80	0.80	4.0	3.20
Imazapic + Isoxaflutole 0.100 + 0.100 Kg/ha	27.65	8.00	35.65	1.65	4.0	6.60
Imazapic + Isoxaflutole 0.050 + 0.150 Kg/ha	28.47	8.00	36.47	2.47	4.0	9.88
Isoxaflutole 0.200 Kg/ha	29.30	8.00	37.3	3.30	4.0	13.2

El costo del tratamiento de Isoxaflutole GD 75 sólo supera en costo a todos los demás tratamientos en estudio y en la medida que disminuye su proporción en la mezcla se abarata el tratamiento que puede diferir hasta en 3.30 USD ha^{-1} con Isoxaflutole GD 75 y a 13.20 USD ha^{-1} en el área evaluada en esta extensión, sin diferencias notables de la eficacia en el control de malezas, por lo que estos resultados representan una alternativa muy favorable para disminuir el costo de control con herbicidas residuales con un ahorro significativo para el productor.

CONCLUSIONES

Imazapic GD 70 (Dromon) de Luxemburgo Industries LTD, en pre emergencia de las malezas en caña de azúcar de retoño, aplicado antes de los 5 días posteriores al corte ejerció un control satisfactorio de las malezas hasta los 130 días posteriores a la aplicación a dosis de 0.200 Kg ha^{-1} en periodo seco y cobertura inalterada de residuos de cosecha sin daños fitotoxicos en el cultivo.

Las mezclas de Imazapic GD 70 e Isoxaflutole GD 75 presentaron un resultado satisfactorio en el control de las malezas notándose un incremento en el espectro de acción que puede deberse a un efecto sinérgico por la unión de los productos, con tolerancia del cultivo a las aplicaciones.

La evaluación económica reportó que la diferencia entre el tratamiento de Imazapic GD 70 (Dromon) e Isoxaflutole GD 75 fue de 3.30 USD ha^{-1}, y de 13.20 USD ha^{-1} para el estudio que comprendía un área de 4 ha por tratamiento reduciendo los costos con las mezclas en la medida que la proporción de Isoxaflutole GD 75 es menor.

REFERENCIAS

1. Fischer, F. (1975). Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Rev. Agric., 8 (1): 70-80.
2. Johannes, H. y Schuh, J. (1971). Das Bonitierungsschema 1-9. En: European Weed Research Council (EWRC), Begbroke Hill, Kidlington, Oxford.
3. Ciba Geigy. (1981). Manual para Ensayos de Camp

MANEJO DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR CON TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PRE Y POSTEMERGENTE

WEEDS MANAGEMENT IN SUGARCANE WITH TREATMENTS OF HERBICIDE PRE AND POSTEMERGENCE

Bárbara C. Barreto Pérez, Rafael Zuaznabar[1], Manuel Noy[2], Inoel García[1], Reynerio Téllez[1]yGilda Jiménez[1].

[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.rafael.zuaznabar@inica.azcuba.cu
[2]Syngenta Iberoamericana S.A. manuel.noy_rodriguez@syngenta.com

RESUMEN

La aplicación de tratamientos de herbicidas de la Compañía Syngenta Iberoamericana S.A en plantaciones comerciales de caña de azúcar, en mezcla con productos que tradicionalmente se emplean en el manejo de las malezas en diferentes estadios de desarrollo del cultivo, desde la plantación hasta el cierre del campo, muestran elevada eficacia y costo relativamente bajo en comparación con otros que se utilizan comercialmente. Es por ello que el presente trabajo tuvo por objetivo la evaluación de diferentes mezclas de herbicidas de la Compañía Syngenta Iberoamericana S.A con otros que tradicionalmente se utilizan en caña de azúcar en Cuba. En la siembra en preemergencia de las malezas la mezcla de S-metolaclor CE 96 más Ametrina GD 80 a dosis de 1.5 L ha^{-1} más 1.5 $kgha^{-1}$con humedad en el suelo, resultó similar a los tratamientos de Imazapic GD 70 0.20$kgha^{-1}$, Isoxaflutole GD75 0.20$kgha^{-1}$ y Mayoral LS 35 (Imazapic + Imazapir) 0.50 Lha^{-1}. Por otra parte en el descepe químico o manchoneo la mezcla de trifloxisulfuron GD 75 más Asulam LS 40 a 0.04 kg ha^{-1} más 4 L ha^{-1} mostró control más efectivo y duradero sobre *Sorghumhalepense* (L) Pers y *Brachiariamutica* (Forsk) Stapt, que el estándar de Glufosinato de amonio LS15 1.5 L ha^{-1} más Asulam LS 40 a 4 l ha^{-1} y Ethoxysulfuron 60 GD a 0.20kg ha^{-1}más Asulam 40 a 4 L/ha.
Palabras claves: Malezas, herbicidas, tratamientos.

ABSTRACT

The application of treatments of herbicides of the Company Ibero-American Syngenta S.A in commercial sugar cane plantations in mixture with products that traditionally are used in the handling of the weeds in different stadiums of development of the cultivation from the plantation until the closing of the field, show high effectiveness and relatively low cost in comparison with others that are used commercially. That is why this study aimed to evaluate different mixtures of herbicides of Syngenta Iberoamericana SA Company with other traditionally used in sugarcane in Cuba. In the preemergencyplanting of the weeds the mixture of S-metolaclor CE 96 + Ametrina GD 80 to dose of 1.5 L ha^{-1}+ 1.5 kgha-1 with soil humidity, it was similar to the treatments of Imazapic GD 70 0.20$kgha^{-1}$, Isoxaflutole GD75 0.20$kgha^{-1}$ and Mayoral LS 35 (Imazapic + Imazapir) 0.50 L ha^{-1}. On the other hand, in the chemical elimination of the tools the mixture trifloxisulfuron GD 75 + Asulam LS 40 to 0.04 kg ha^{-1}+ 4 L ha^{-1} it showed more effective and more durable control on *Sorghum halepense* (L) Pers and *Brachiariamutica* (Forsk) Stapt that the standard of ammonium Glufosinato LS15 1.5 L ha^{-1}+ Asulam LS 40 to 4 l ha^{-1} and Ethoxysulfuron 60 GD to 0.20 kg ha^{-1}+ Asulam 40 to 4 L/ha.
Key words: Weeds, herbicides, treatments.

INTRODUCCIÓN

Como parte del Servicio de Control Integral de Malezas en Caña de azúcar en Cuba el uso de los herbicidas constituye la actividad fundamental en el manejo de las malezas en este cultivo, aunque también se utiliza el desyerbe mecanizado y con tracción animal, la limpia manual y en menor escala otras prácticas como la cobertura inalterada con residuos de cosecha, reducción de la distancia de plantación y la rotación de cultivos

entre otras, El país gasta anualmente en compras de herbicidas entre 45 y 50 millones de dólares para beneficiar un área de alrededor de 650000 ha, distribuida en diferentes condiciones edafoclimáticas por ser el cultivo más extendido en la isla.
El servicio antes citado es el encargado de la evaluación y registro de todos los herbicidas que se utilizan en caña de azúcar, así como de la capacitación de los técnicos que trabajan en esta especialidad, donde se discute periódicamente la eficacia de los distintos tratamientos y las mezclas más efectivas en el control de las principales especies de malezas, por lo que el objetivo de estudio consistió en la evaluación de diferentes mezclas de herbicidas de la Compañía Syngenta Iberoamericana S.A con otros que tradicionalmente se utilizan en caña de azúcar en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las áreas cañeras de todo el país, con diferentes tratamientos residuales tanto en retoños o socas como en plantaciones de cañas nuevas (Tabla I).

Tabla I. Tratamientos residuales más utilizados en Cuba.

Tratamientos	**Dosis (kg o L ha^{-1})**
S-metolaclor CE 96 + Ametrina	1.50 + 1.50
Imazapic	0.200
Isoxaflutole	0.200
Imazapic 26.25 + Imazapir 8.75	0.500
Testigo sin tratar	----------

Se realizaron evaluaciones de eficacia herbicida en el control de malezas y de tolerancia del cultivo a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación (DDA), usando la escala EWRS de nueve grados según [1] TablaII.

Tabla II. Efectividad herbicida y fitotoxicidad en el cultivo (Escala EWRS).

Grados	**Efecto herbicida**	**Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo**
1	Destrucción total de las malezas	Ausencia absoluta de síntomas
2	Necrosis aguda	Síntomas muy ligeros
3	Necrosis media	Síntomas ligeros, pero claramente visibles
4	Necrosis ligera	Síntomas más marcados (clorosis)
5	Clorosis intensa	
6	Clorosis media	Cada vez mayor clorosis, atrofia y pérdida de
7	Clorosis ligera	rendimiento
8	Muy leve (cambio de color)	
9	Ausencia absoluta de síntomas	Destrucción total del cultivo

Las especies de malezas predominantes en caña de azúcaren Cuba según estudios recientes son:*Dichanthiumannulatum* (Forsk.) Stapf,*Rottboelliacochinchinensis*(Lour.)*Clayton, Sorghum halepense*(L)*Pers, Panicum máximum*Jacq, *Cynodondactylon*(L.)Pers,*Echinochloacolonum*(L.)Link ,*IpomoeaSp y Cyperusrotundus*L.que en su mayoría son consideradas “malezas problemas” por su difícil control y por su propagación tanto sexual como asexualmente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el control en preemergencia de las malezas en la siembra los tratamientos más generalizados en caña de azúcar según la eficacia, durabilidad y selectividad del cultivo se describen en la Tabla III; donde se aprecia que en condiciones de humedad en la plantación todos los tratamientos fueron superiores al testigo sin tratar y mantuvieron elevada residualidad y control efectivo de las principales malezas hasta los 90 días posteriores a la siembra; estos resultados coinciden con los de [2] que en la evaluación de tratamientos preemergentes en plantaciones comerciales, las malezas dicotiledóneas en sentido general y las monocotiledóneas que se reproducen por órganos vegetativos subterráneos (rizomas, estolones etc), son las que generalmente se escapan a los tratamientos herbicidas relacionados.

Tabla III .Tratamientos en preemergencia de las malezas en siembra.

Tratamientos	**Dosis (kg o L ha^{-1})**	**Días de aplicación**			**Fito**
		30	**60**	**90**	**1-9**
S-metolaclor CE 96 + Ametrina	1.50 + 1.50	0	4	10	1
Imazapic	0.200	0	2	7	3
Isoxaflutole	0.200	0	2	7	3
Imazapic 26.25 + Imazapir 8.75	0.500	0	2	7	3
Testigo sin tratar	----------	8	25	65	1

Otro aspecto muy importante que influye en el control en preemergencia de las malezas es la calidad de la preparación de suelo que resulta determinante en la eficacia de todos los productos aplicados (Figura 1).

Figura 1. Deficiente preparación de suelo.

En post emergencia de las malezas y del cultivo se utilizan distintos tratamientos, pero la selectividad de la caña a los herbicidas es uno de los aspectos que con mayor rigor se maneja a escala productiva. Los principales herbicidas y mezcla que se emplean deben ser eficaces en el control de malezas anuales, perennes, mono y dicotiledóneas por lo deben tener un amplio espectro de acción para que resulten económicamente viables. Los que más se emplean a escala comercial de describen en la Tabla IV y entre los mismos se destaca la mezcla de Asulam 40 LS a 4 l ha-1+ Trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha-1queresultó selectivo a todas las variedades comerciales y superior tanto en eficacia como en la durabilidad del control de las malezas *Sorghum halepense* (L.) Pers y *Brachiariamutica* (Forsk) Stapf (que son consideradas especies problemas por su difícil control y por su reproducción por semillas y órganos subterráneos). Por otra parte el Glufosinato LS 15 en mezcla y aplicado solo tiene como principal inconveniente su toxicidad al cultivo y un efecto muy poco duradero, por lo que se debe aplicar cuando la plantación tiene una altura superior a un metro.

El tratamiento con Ametrina GD 80, resulta efectivo en el control de malezas anuales y su eficacia es muy dependiente de la humedad del suelo, aunque es el herbicida que más se emplea en mezcla con otros productos.

Tabla IV. Eficacia (%) de los tratamientos de herbicidas en postemergencia.

Tratamientos	Dosis (kg o L ha^{-1})	Días de aplicación			Fito
		30	60	90	1-9
Asulam 40 LS	10.0	0	12	35	1
Asulam 40 LS + Ethoxysulfuron GD 60	4 + 0.20	0	11	32	2
Asulam 40 LS + Trifloxisulfuron GD 75	4 + 0.04	0	5	20	1
Asulam 40 LS + Glufosinato LS 15	4 + 1.50	0	20	45	2
Ametrina GD 80	2 - 3	0	25	55	2
Glufosinato de Amonio LS 15	1.5 – 2.0	0	35	65	4
Testigo sin tratar	-	15	50	85	1

CONCLUSIONES

Los tratamientos de S-metolaclor CE 96 a 1.5 Lha^{-1} + Ametrina GD 80 a1.5 $kgha^{-1}$, Isoxaflutole GD 75 a 0.20 $kgha^{-1}$,Imazapic GD 75 a 0.20$kgha^{-1}$ e Imazapic + Imazapir a 0.50 L ha^{-1} mostraron buena efectividad en el control preemergente de las malezascon humedad en el suelo y muy superiores al testigo, aunque las especies con órganos vegetativos subterráneos (estolones y rizomas), así como las dicotiledóneas no fueron controladas eficazmente con ninguno de los tratamientos.

El tratamiento de Asulam LS 40 a4 L ha^{-1} en mezcla con Trifloxisulfuron GD 75 a0.040 $kgha^{-1}$ mantuvo un efecto consistente en el control de *Sorghum halepense* (L.) Pers y *Brachiariamutica* (Forsk) Stapf, que resultó superior a la mezcla de Glufosinato de amonio más Asulam LS 40 a dosis de 1.5 más 4 L ha^{-1} y Asulam LS 40 a dosis de 4 L ha^{-1}más Ethoxysulfuron 0.25 kg ha^{-1} respectivamente sin daños fitotoxicos en ninguna variedad de caña de azúcar.

REFERENCIAS

1. Manual para Ensayos de Campo. 1981. 2da ed., Basilea, 205 p.
2. Control químico de malezas en caña de azúcar en Cuba con productos de Syngenta Iberoamericana. 2013. XXI Congreso ALAM 2013. Cancún, México.

EFICACIA HERBICIDA Y TOLERANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA MEZCLA DE TRIFLOXISULFURON GD 75 MÁS ASULAM LS 40 EN EL CONTROL DE Sorghum halepense (L.) Pers.

HERBICIDE EFFECTIVENESS AND TOLERANCE OF SUGAR A MIXTURE OF 75 MORE ASULAM TRIFLOXYSULFURON GD LS 40 CONTROL IN Sorghum halepense (L.) Pers.

Eulalio Farías Ramírez, Sandalio Pino Ávila, Arelis Rodríguez, Martínez, Lázaro Pardo Mora.

Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar

RESUMEN

Se estableció un estudio extensivo sobre suelo Ferralsol en secano para evaluar la eficacia herbicida de Asulam LS 40 de MTD a 4 L ha^{-1} en mezcla con trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha^{-1} para el control de Sorghum halepense (L.) Pers en comparación con el tratamiento estándar de los mismos productos de procedencia China. Las evaluaciones realizadas a los 20, 30 y 45 días posteriores a la aplicación mostraron un efectivo control sobre Sorghum, similar al tratamiento estándar a la misma dosis. No se detectaron daños fitotoxicos visibles sobre la variedad de caña de azúcar C86 12.
Palabras claves: Caña de azúcar, control, Sorghum halepense

ABSTRACT

An extensive study on soil Ferralsol rainfed was established to evaluate the herbicidal efficacy of Asulam LS 40 MTD 4 L ha-1 in admixture with trifloxysulfuron GD 75-0040 kg ha-1 for controlling Sorghum halepense (L.) Pers compared with the standard treatment of the same products of China origin. Assessments made at 20, 30 and 45 days after application showed effective control of Sorghum, similar to standard therapy at the same dose. No visible phytotoxic damage on the variety of sugarcane C86 12 is detected.
Keywords: Sugarcane, control, Sorghum halepense

INTRODUCCIÓN

El *Sorghum halepense* (L.) Pers (Don Carlos o cañuela) es una de las principales malezas establecidas en los campos cultivados con caña de azúcar en Cuba y se propaga por semillas, pudiendo producir hasta 18000 por plantas y rizomas que están distribuidos principalmente en los primeros 20 cm del suelo, pero pueden llegar hasta los 30 cm. Las semillas pueden permanecer viables en el suelo hasta 6 años (Manual de identificación de las principales malezas en los cañaverales de Cuba, 2012).

En los países donde está extendida esta especie generalmente recomiendan como actividad previa para su control, varias labores de aradura en el periodo seco con pases alternos de gradas de púas con el fin de extraer hacia la superficie los órganos reproductores subterráneos (rizomas) que pueden alcanzar hasta 3 m de longitud, lo que le proporciona una elevada reserva para sobrevivir en condiciones desfavorable para el desarrollo de las plantas.

Para el control químico tradicionalmente se ha empleado el herbicida Asulam a dosis altas (10-12 L ha^{-1}), y realizando entre 2 y 3 aplicaciones en el ciclo del cultivo, con un elevado costo de los tratamientos. También se han utilizado pero con menor eficacia MSMA LS 72 a 3 L ha^{-1}y Glufosinato de amonio LS 15 a dosis entre 1.5 y 2 L ha^{-1}solo y en mezcla con otros herbicidas, pero ambos no son tolerables por el cultivo por lo que solo se pueden emplear cuando la plantación sobrepasa los 0.8m de altura o en el pre-cierre del campo para evitar afectaciones en el follaje de la planta.

En la actualidad el tratamiento recomendado por el Servicio de Control Integrado de Malezas es la mezcla de Trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha^{-1} más Asulam LS 40 a 4 L ha^{-1} que ha mostrado buena efectividad en su control, disminución del costo del tratamiento y una reducción considerable de la carga contaminante al ambiente por concepto de la reducción significativa de la dosis.
El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de la nueva formulación de Asulam LS 40 a 4 L ha^{-1} de MTG más Trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha^{-1} en el control de Sorghum halepense en caña de azúcar y la fitotoxicidad en el cultivo durante el periodo lluvioso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un estudio extensivo en áreas de la Unidad de Producción de Caña (UPC) Pablo Noriega de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Comandante Manuel Fajardo del municipio Quivicán, provincia de Mayabeque, sobre suelo Ferralsol con la variedad C86 12 en el bloque 10 campo 5 con predominio de Sorghum halepense (L.) Pers con una altura entre 40 y 60 cm.
La aplicación se realizó con una asperjadora Unegreen de 800 L de capacidad acoplada al tractor con una solución final calibrada de 205 L ha^{-1} y boquillas de abanico plano, con buena humedad en el suelo. Los tratamientos se dosificaron según las condiciones del campo, el tipo de especies de malezas predominantes y su desarrollo. Se utilizó la mezcla recomendada de Trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha^{-1} más Asulam LS 40 a 4 L ha^{-1} de producto comercial de la compañía MTG, en comparación con el tratamiento estándar de Trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 L ha^{-1} más Asulam LS 40 a 4 Lha^{-1}de procedencia China y un testigo sin aplicación.
Se realizaron evaluaciones de control de Sorghum y tolerancia del cultivo a los 20, 30 y 45 días después de la aplicación, utilizando la escala de 9 grados de EWRS (Johannes, H. y J. Schuh. 1971) Tabla I.

Tabla I. Efectividad herbicida y fitotoxicidad en el cultivo (Escala EWRS).

Grados	**Efecto herbicida**	**Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo**
1	Destrucción total de las malezas	Ausencia absoluta de síntomas
2	Necrosis aguda	Síntomas muy ligeros
3	Necrosis media	Síntomas ligeros, pero claramente visibles
4	Necrosis ligera	Síntomas más marcados (clorosis)
5	Clorosis intensa	
6	Clorosis media	Cada vez mayor clorosis, atrofia y pérdida de rendimiento
7	Clorosis ligera	
8	Muy leve (cambio de color)	
9	Ausencia absoluta de síntomas	Destrucción total del cultivo

Las precipitaciones durante el desarrollo del estudio fueron abundantes según las características de la época y se describen en la Tabla II.

Tabla II. Precipitaciones durante el desarrollo del estudio (mm).

Decenas	Mayo	Junio	Julio
22 - 31	75.5	------	-----
1 - 10	-----	63.2	75.0
11 - 20	------	69.8	-----
21 - 30	------	157.0	-----
Total	75.5	290.0	75.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los chequeos realizado a los 20, 30 y 45 días después de la aplicación se aprecia un control satisfactorio del *Sorghum halepense* (Tabla III), tanto del tratamiento estándar como de la mezcla de Asulam 4 L ha^{-1} de MTG más Trifloxisulfuron 0.040 kg ha^{-1}, mientras que en la caña no se observan daños visibles por el efecto de la aplicación de ambos productos.

Tabla III. Eficacia de los tratamientos herbicidas sobre Sorghum halepense (L.) Pers.

Tratamientos	**Dosis kg o L de pc**	**Sorghum**	**Fito**
20 días después de la aplicación			
Asulam LS 40 + Trifloxisulfuron GD 75 (estándar)	4 + 0.040	CT	1
Asulam LS 40 MTG + Trifloxisulfuron GD 75	4 + 0.040	CT	1
30 días después de la aplicación			
Asulam LS 40 + Trifloxisulfuron GD 75 (estándar)	4 + 0.040	CT	1
Asulam LS 40 MTG + Trifloxisulfuron GD 75	4 + 0.040	CT	1
45 días después de la aplicación			
Asulam LS 40 + Trifloxisulfuron GD 75 (estándar)	4 + 0.040	CT	1
Asulam LS 40 MTG + Trifloxisulfuron GD 75	4 + 0.040	CT	1

Estos resultados ratifican los obtenidos por Syngenta (2008) en el Taller sobre aplicación de Envoke más Asulam en Jovellanos, Matanzas, donde se expusieron los resultados de las evaluaciones realizadas para el control de Sorghum con mezclas de Trifloxisulfuron a dosis entre 0.020 y 0.040 kg ha^{-1}más Asulam a dosis entre 4 y 6 kg L ha^{-1} en distintas condiciones edafoclimáticas de Cuba, con tamaño de las malezas entre 40 y 60 cm y diferentes grado de humedad en el suelo durante el periodo de la aplicación.

Por otra parte también se tienen reportes de Griffin (2008) que en estudios realizados en Louisiana, Estados Unidos recomienda que para aplicaciones terrestre de Asulam mas Trifloxisulfuron, como mínimo se debe utilizar 140 L ha^{-1}y ante afectaciones severas como en las condiciones de este estudio se deben usar mayores soluciones finales para asegurar una adecuada cobertura de la aspersión.

No se detectaron daños fitotoxicos visibles sobre la variedad de caña de azúcar C86 12, lo que corrobora la tolerancia de las diferentes variedades a las aplicaciones de la mezcla antes referida. También los resultados de Díaz et al (1986) que en experimentos establecidos sobre suelo Ferralsol con tratamientos de Asulam y Asulam más Dalapón y mezcla con 5 surfactantes, no encontró daños fitotoxicos en la variedad Ja60 5 lo que permite la utilización de estos tratamientos en cualquier fase fenológica del cultivo sin posibles daños que afecten el rendimiento esperado en el mismo.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento de Asulam LS 40 de TMG a dosis de 4 L ha^{-1}más trifloxisulfuron GD 75 a 0.040 kg ha^{-1} ejerció un control satisfactorio sobre Sorghum halepense (L.) Pers con una altura entre 40 y 60 cm desde 20 hasta 45 días posteriores a la aplicación
2. No se detectaron daños fitotoxicos visibles sobre la variedad de caña de azúcar C86 12, por lo que el tratamiento se puede aplicar en cualquier fase fenológica del cultivo.

REFERENCIAS

1. Manual de identificación de las principales malezas en los cañaverales de Cuba (2012). Programa de control integral de malezas en caña de azúcar.

2. Johannes, H. Y J. Schuh. 1971. Das bonitierungsschema 1-9. European Weed Research Council (EWRS), Begbroke Hill, Kidlinton, Oxford.
3. Syngenta (2006). Taller Nacional sobre la aplicación de Envoke (Trifloxisulfuron GD 75) en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba.
4. Griffin. J (2008): Department of agronomy& Environmental Management LSU AgCenter.
5. Díaz, J; R, Zuaznabar y G, Álvarez: (1986). Control de *Sorghum halepense* (L.) Pers en caña de azúcar con Asulox, Asulox más Dalapón y mezclas de estos con cinco surfactantes. Ciencia y Técnica de la Agricultura Cañera. Pág. 17-31. No.2, 1986, Cuba.

EFECTOS DEL GLUFOSINATO DE AMONIO LS 15 EN MEZCLA CON EL COADYUVANTE BREAK-THRU LS 100 EN EL CONTROL DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR

EFFECTS OF GLUFOSINATE AMMONIUM LS 15 MIXED WITH THE ADJUVANT BREAK-THRU LS 100 IN THE CONTROL OF WEEDS IN SUGAR

Duvier Gil González[1], Onel Portal Méndez[2], Everaldo Becerra Armas[1], Inoel García Ruiz[1], Ilia Lugo Ruiz[1], Didier Ganse Delgado[1], Maritza Sánchez Ortiz[1].

1. Estación territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de glufosinato de amonio (Finale LS 15), en mezclas con el coadyuvante Break-Thru LS 100, en el control de *Dichanthium annulatum* (Pitilla Villareña), *Sorghum halepense* (Don Carlos) y *Ipomoea trifida* (Bejuco Aguinaldo). El trabajo se desarrolló en la UBPC Carlos Manuel de Céspedes de la UEB Ifraín Alfonso. Cada 15 días se evaluó el efecto post emergente y la fitotoxicidad a la caña de azúcar. Para la valoración económica de los tratamientos se tomaron los precios vigentes en 2014. Se realizó un análisis estadístico para demostrar si existía diferencia significativa entre los tratamientos y luego se hizo una prueba de Duncan para verificar diferencias entre las medias. Los resultados muestran que la mezcla de (glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1}) fue quien realizó mejor control sobre las malezas evaluadas a los 15 y 30 días después de la aplicación.

Palabras claves: malezas, caña de azúcar, herbicidas.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the effectiveness of glufosinate of ammonia (Finale LS 15) mixture with Break Thru LS 100 in *Dichanthium annulatum* (Pitilla Villareña), *Sorghum halepense* (Don Carlos) and *Ipomoea trifida* (Bejuco Aguinaldo) control. The present work was developed in the areas of UBPC Carlos Manuel de Cespedes which belong to UEB Ifrain Alfonso. Three evaluations were carried out every 15 days where post-emergence effect and sugarcane phytotoxicity were evaluated. To make a valuation of the herbicidal treatments buying prices establish by AZCUBA 2014 were considered. A statistical analysis was carried out to find any significant difference existing amoung treatments as well as a Duncan test to verify differences between means. Results show that the (glufosinate of ammonia LS 15 2.0 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1}) treatment had the best weed control effect at 15 and 30 days after the application.

Key words: weeds, sugarcane, herbicides.

INTRODUCCIÓN

El control de malezas en caña de azúcar es de vital importancia, debido a la competencia que se establece entre ellas y el cultivo por agua, luz y nutrientes. Además obstaculizan las labores culturales, entre las que se encuentran el riego, la fertilización, las aplicaciones de herbicidas y la cosecha. Las malezas causan su mayor daño en los primeros estadios de crecimiento de la caña de azúcar, por ello el control durante este periodo resulta de vital importancia. Según (1) constituyen en Cuba, la segunda causa de afectación de los rendimientos agrícolas. Los herbicidas han representado la solución indispensable para el desyerbe de la caña de azúcar en Cuba y en la mayoría de los países cañeros debido al encarecimiento de la mano de obra y la explosiva germinación de las malezas durante el período lluvioso, en el cual el cultivo mecanizado y la limpia manual resultan poco efectivos.

El Break Thru LS 100 es un surfactante novedoso que reúne cualidades de excelente dispersión y penetración estomática, que influyen positivamente en la eficacia de tratamientos con insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes foliares. El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de glufosinato de amonio (Finale LS 15), en mezclas con el coadyuvante Break-Thru LS 100, en el control de *Dichanthium annulatum* (Pitilla Villareña), *Sorghum halepense* (Don Carlos) y *Ipomoea trifida* (Bejuco Aguinaldo).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la UBPC Carlos Manuel de Céspedes de la UEB Ifraín Alfonso, en un suelo Pardo Mullido Medianamente Lavado según (2). El cultivar presente en el área fue la C86-12 en su cuarto ciclo productivo con una altura promedio entre 50 y 60 cm. Los tratamientos empleados fueron:
1- glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+ Ácido fosfórico 0.3 L ha^{-1} (estándar).
2- glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+ Break Thru 0.05 L ha^{-1}.
3- glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+ Break Thru 0.08 L ha^{-1}.
4- glufosinato de amonio LS 15 1.5 L ha^{-1}+ Break Thru 0.08 L ha^{-1}.

El día antes de la aplicación se realizó una evaluación por parcelas de la cobertura total de malezas (3). La tabla I muestra las malezas evaluadas en campo.

Tabla I: Malezas evaluadas.

No	Nombre Científico	Nombre Común
1	*Dichanthium annulatum*	Jiribilla- Pitilla Villareña
2	*Sorghum halepense* (L.) Pers.	Don Carlos
3	*Ipomoea trifida* (Kunth) D. Don	Bejuco Aguinaldo

La extensión se montó el 17 de mayo del 2014. Se utilizó como medio de aplicación la mochila GIBER de 17 litros de capacidad en tanque, calibrada a 250 L ha^{-1} de solución final y boquilla Deflectora Gris DT 3.0.
Se realizaron 3 evaluaciones cada 15 días, donde se evaluó el efecto post emergente de acuerdo a lo planteado por (5) y la fitotoxicidad a la caña de azúcar por la escala EWRS de 9 grados (4) (Tabla II). Para realizar la valoración económica de los tratamientos se tomaron los precios de compra de herbicidas acordados por AZCUBA 2014.

Tabla II. Escala ERWS de tolerancia del cultivo.

Grado	***Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo.***
1	Ausencia absoluta de síntomas
2	Síntomas muy ligeros
3	Síntomas ligeros, pero claramente visibles.
4	Síntomas más marcados, clorosis, probable sin pérdidas de rendimiento.
5	Mayor clorosis, atrofia y pérdida de rendimiento.
6	Mayor clorosis, atrofia y pérdida de rendimiento.
7	Mayor clorosis, atrofia y pérdida de rendimiento.
8	Mayor clorosis, atrofia y pérdida del rendimiento.
9	Destrucción total el cultivo

Para el análisis estadístico se hizo un análisis de varianza simple, para demostrar si existía diferencia significativa entre los tratamientos, luego se realizó una prueba de Contraste Múltiple de Rango de Duncan para verificar diferencias entre las medias con un nivel de confianza de 99%.

RESULTADOS

La tabla III muestra los resultados de los diferentes tratamientos en el control de Pitilla Villareña (*Dichanthium annulatum)*. Como se puede apreciar el tratamiento 3 (glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1}) fue quien realizó mejor control sobre esta maleza a los 15 y 30 días después de la aplicación, mostrando diferencia significativa sobre los demás tratamientos, no siendo así a los 45 días donde no apreciaron síntomas visibles de control en ninguno de los tratamientos empleados.

Tabla III. Resultados del control de la Pitilla Villareña (*Dichanthium annulatum)*.

Tratamientos	***Porcentaje de control***		
	15 DDA	**30 DDA**	**45 DDA**
1	80 c	82,5 c	0
2	85 b	86,5 b	0
3	90 a	95, 0 a	0
4	80 c	83,5 c	0

p≤0,01

La tabla IV muestra los resultados de los tratamientos empleados en el control de Don Carlos *(Sorghum halepense)*. Como se puede apreciar el tratamiento 3 (glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1}) fue quien realizó mejor control sobre esta maleza a los 15 y 30 días después de la aplicación, mostrando diferencia significativa sobre los demás tratamientos, no siendo así a los 45 días donde no apreciaron síntomas de control en ninguno de los tratamientos.

Tabla IV. Resultados del control de Don Carlos *(Sorghum halepense)*.

Tratamientos	***Porcentaje de control de Don Carlos (Sorghum halepense).***		
	15 DDA	**30 DDA**	**45 DDA**
1	80 c	83,5 c	0
2	85 b	87,5 b	0
3	90 a	94,5 a	0
4	80 c	84,5 c	0

p≤0,01

En el caso de *Ipomoea trifida (Kunth)* D. Don (Bejuco Aguinaldo) existió un 100 % de control desde los 15 días hasta los 45 días de evaluación en los cuatro tratamientos empleados.

De acuerdo a los resultados de fitotoxicidad evaluados (Tabla V), se demostró que a los 15 días de haberse aplicado los tratamientos el cultivo presentó ligeros síntomas de fitotoxicidad, los cuales desaparecieron en las siguientes evaluaciones a los 30 y 45 días.

Tabla V. Resultados de evaluaciones de fitotoxicidad.

Tratamientos	***Grados de fitotoxicidad***		
	15 DDA	30 DDA	45 DDA
glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+Ác.Fosfórico 0.3 L ha^{-1}	2	1	1
glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+Break Thru 0.05 L ha^{-1}.	2	1	1
glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+Break Thru 0.08 L ha^{-1}.	2	1	1
glufosinato de amonio LS 15 1.5 L ha^{-1}+Break Thru 0.08 L ha^{-1}.	2	1	1

Al realizar un análisis económico de los tratamientos herbicidas empleadas (Tabla VI) se puede observar que el tratamiento 3 (glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1}+ Break Thru 0.08 L ha^{-1}), a pesar de ser el que muestra mejor control de las malezas estudiadas, presenta los mayores costos incrementándose en 1.84 USD ha^{-1} con respecto al estándar (glufosinato de amonio LS 15 2.0 L ha^{-1} + Ácido fosfórico 0.3 L ha^{-1}). Además a los 45 días de evaluación aunque no existió control ninguno sobre las malezas, era el tratamiento que presentó menor tamaño en los rebrotes, lo cual repercute en un menor daño por competencia a la caña de azúcar.

Tabla VI. Costos de los tratamientos.

No	***Tratamientos***	***Costo USD/ha***
1	glufosinato de amonio 2 L ha^{-1} + Ác. Fosfórico 0.3 L ha^{-1}	21.03
2	glufosinato de amonio 2 L ha^{-1} + Break Thru 0.05 L ha^{-1}	22.04
3	glufosinato de amonio 2 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1}	22.87
4	glufosinato de amonio 1.5 L ha^{-1}+ Break Thru 0.08 L ha^{-1}	17.71

CONCLUSIONES

1. El empleo de la mezcla glufosinato de amonio 2.0 L ha^{-1} + Break Thru 0.08 L ha^{-1} resultó ser la de mejor control sobre las malezas evaluadas, superando al tratamiento estándar utilizado actualmente (glufosinato de amonio 2 L ha^{-1} + Ácido Fosfórico 0.3 L ha^{-1}).

REFERENCIAS

1. Álvarez, A. (2004). Las malas hierbas nos reducirán la zafra 2003-2004 en 641225 toneladas de azúcar como mínimo: 10,2 millones de dólares menos de ingresos en el valor de la caña. Memorias del III Congreso Nacional de la Sociedad Cubana de Malezas. C. Habana. Vol. 2. p 162.
2. Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. y Rivero, L. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. AGRINFOR.
3. Fischer, F. (1975). Comparación de dos métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Rev. Agric., 8 (1): 70-80.
4. Ciba Geigy (1981). Manual para Ensayos de Campo. 2da ed., Basilea, 205 p.
5. Laycock, D.S. (2004). Sampling and assessment methodology. En: Manual for Field Trials in Crop Protection, Syngenta, Basilea, p.45-54.

CONTROL POST- EMERGENTE DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum*spp.) CON *TRIFLOXISULFURON SÓDICO DE RAINBOW* MÁS *AMETRINA*

POST EMERGENCE WEEDS CONTROL IN SUGAR CANE (*Saccharum*spp.) WITH *TRIFLOXISULFURON SÓDICO OF RAINBOW + AMETRINA*

Nelson Marrero Martínez,[1]Santos Gómez Fernández[1], Ciro Fernández Martínez[2], Iván Rossi Tamayo[1] y ArlandyNoy Perera[1].

1. Estación Territorial de Investigaciones de la caña de azúcar Camagüey. INICA. AZCUBA. Cuba. e-mail: direccion@eticacm.azcuba.cu
2. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana. Cuba. Email: ciro@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de un ensayo en parcelas experimentales de la evaluación de la eficacia herbicida y tolerancia de la caña de azúcar ante la mezcla en tanque de diferentes dosis de Trigger GD 75(*trifloxisulfuron sódico*) más *ametrina*GD80en comparación con el estándar (*trifloxisulfuron* GD 75+ *ametrina* GD 80).Trigger GD 75 es una formulación de Shandong Weifang Rainbow Chemical Co. Ltd. de China, que se recomienda para el control post-emergente temprano de malezas de hoja ancha, algunas gramíneas y ciperáceas. En el tratamiento con Trigger GD 75 + *ametrina*GD80 (0.030 + 1.5 kg pcha^{-1}) se obtuvo un mejor control de malezas a los 45 y 60 días después de la aplicación en comparación con el estándar de *trifloxisulfuron*GD75 + *ametrina* GD 80 (0.030 + 1.5kg pcha^{-1}), aunque a los 30 días después de la aplicación ambos tratamientos no difieren estadísticamente entre sí. Al aumentar la dosis de Trigger GD 75 a 0.045 y 0.060 kg pcha^{-1}respectivamente, la eficacia herbicida fue mejor sin incrementar los daños fitotóxicos al cultivo.

Palabras clave: caña de azúcar, herbicidas, malezas.

ABSTRACT

In this work are presented the results of a test in experimental plots in the evaluation of herbicidal efficacy and tolerance of sugarcane to the tank mix of different doses of Trigger GD 75 (*trifloxysulfuron sodium*) + *ametrina* GD 80 compared to the standard (*trifloxysulfuron* GD 75 + *ametrina* GD 80). TriggerGD 75 is a formulation of Shandong Weifang Rainbow Chemical Co. Ltd. of China, which is recommended for early post emergence control of broadleaf weeds, some Gramineae and Poáceas. Treatment with Trigger GD 75 + *ametrina* GD 80 (0.030 + 1.5 kg ha-1) better weed control at 45 and 60 days after application in comparison with standard *trifloxysulfuron* GD 75 + *ametrina* GD 80 (0.030 + 1.5 kg ha-^{1}) was obtained, although at 30 days after, both treatments are not statistically different from each other. By increasing the dose of Trigger GD 75 at 0.045 y 0.060 kg ha^{-1} respectively, the herbicidal efficacy was better without increasing phytotoxic damage to the crop.

Keywords: sugarcane, herbicides, weed.

INTRODUCCIÓN

Las malezas disminuyen la producción de caña, hacen más difícil la cosecha y reducen el ciclo de vida de las plantaciones. Los resultados experimentales muestran que la competencia de las malezas en los primeros cuatro meses de la plantación puede reducir la producción de azúcar entre 0.75 y una tonelada por hectárea cada 15 días de competencia libre o sin control. Las pérdidas de cosecha que ocasiona generalmente están entre 33 y 66 por ciento, pudiendo ser mucho mayores y hasta totales si la competencia es permanente. La caña de azúcar se cultiva generalmente en grandes extensiones y los herbicidas constituyen unos de los principales métodos de control de malezas, por lo que parala introducción de nuevos productos es

necesarioprimero comprobar su eficacia en comparación con otros ya empleados. Por otra parte, es muy importante disponer de alternativas para la adquisición de los productos en diferentes mercados suministradores.El objetivo de este trabajo fue evaluar la mezcla en tanque del TriggerGD75 (trifloxisulfuron sódico) una nueva formulación de Shandong Weifang Rainbow Chemical Co. Ltd. de China más *ametrina*GD80 en comparación con el estándar*trifloxysulfuron*GD75 + *ametrina*GD80 en el control post emergente temprano de malezas de hoja ancha, algunas gramíneas, y ciperáceas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey. La misma se encuentra situada en el municipio Florida, sobre un suelo Pardo con carbonatos (Cambisol), según Hernández et al. (1999), en las coordenadas 21º 31' de Latitud Norte y los 78º 04' de Longitud Oeste, a los 57,08 m de altura sobre el nivel medio del mar.El diseño utilizado fue un cuadrado latino5x5, con parcelas de 48m^2en un campo plantado de caña de azúcar con el cultivar C86-12.
La aplicación se realizó con mochila Matabi de 16 litros de capacidad con boquilla Flood-Jet de color gris con presión de 1.5-2 bar, y solución final de 250 L/ha^{-1}, aplicándose sobre la caña, el suelo y malezas existentes.Elensayo se montó el 18 de junio del 2014en un campo de retoño 60 días después de cosechado con aproximadamente 7 hojas activas y las malezas en sus primeros estadios (3-4 hojas). La humedad del suelo durante el desarrollo del ensayo fue abundante como se muestra en la tabla 1.

Tabla I. Distribución de la lluvia (mm) durante el desarrollo del experimento.

Mes	Decena	Decena	Decena	Total mes
	1 - 10	11 - 20	21- 30	
Mayo	30.5	139.1	98.1	267.7
Junio	93.7	305.0	35.1	159.7
Julio	63.6	13.1	22.6	99.3
Agosto	12.0	102.2	85.2	199.4
Septiembre	89.7	20.6	52.5	162.8

Las especies de malezas predominantes en orden descendente fueron: *Rottboellia cochinchinensis* (zancaraña), *Echinochloa colonum* (metebravo), *Ipomea*sp. (bejuco aguinaldo), *Cyperus rotundus* (cebolleta), *Vigna vexillata* (frijol marrullero), *Euphorbia heterophylla* (yerba lechosa).
A los 30, 45 y60 días después de la aplicación (dda) se realizaron evaluaciones de eficacia herbicida a través del porcentaje de cobertura de malezas (Fischer 1975) y de tolerancia del cultivo utilizando la escala EWRS de 9 Grados (Johannes y Schuh, 1971) citado por Ciba Geigy, 1981. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1- Testigo.
2- *trifloxysulfuronsódico*GD75+ *ametrina*GD80 (0.030 + 1.5 kgha^{-1})
3- TriggerGD75+ *ametrina*GD80(0.030 + 1.5kgha^{-1})
4- TriggerGD75 + *ametrina*GD80 (0.045 + 1.5 kgha^{-1})
5- TriggerGD75 + *ametrina*GD80 (0.060 + 1.5 kgha^{-1})

Se evaluó el Trigger GD75 aumentando la dosis a 0.45 y a 0.60 kg ha^{-1} para comprobar el posible efecto fitotóxico sobre el cultivo.
Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico: Statgraphic_ Plus_ 50. Se realizó un análisis de varianza simple (Tukeyp< 0,05). Los valores de porcentaje de cobertura de las malezas fueron transformados por la función2*ACOS(SQRT(x)) según Espino y Arcia (2009).

RESULTADOS

En la evaluación realizada a los 30 (dda)se pudo comprobar que los tratamientos de *trifloxysulfuronsódico* a 0.030 + *ametrina* a 1.5 kg pc/ha^{-1} y Trigger GD 75 a0.030 + *ametrina* 1.5 kg pc/ha^{-1}(estándar) tuvieron resultados similares en cuanto a la eficacia en el control de malezas gramíneas como:*Rottboelliacochinchinensis* (zancaraña), *Echinochloa colonum* (metebravo) y las dicotiledóneas u hojasancha:*Ipomea*sp (bejuco aguinaldo), *Vignavexillata*(frijol marrullero), *Euphorbiaheterophylla* (yerba lechosa) y la Ciperácea *Cyperusrotundus* (cebolleta)(Tabla II).

El tratamiento de Trigger GD 75 a 0.060 + *ametrina* a 1.5kg pc/ha^{-1}fue superior en cuanto a la eficacia herbicida con respecto a los demás tratamientos para toda las especies de malezas tratadas. El efecto fitotóxico sobre el cultivo se comporta de forma similar para todos los tratamientos con síntomas muy ligeros (Tabla II).

En la evaluación a los 45 dda, (Tabla III) los tratamiento *trifloxysulfuronsódico* + *ametrina* y Trigger + *ametrina* continúan teniendo comportamientos similares en cuanto a la eficacia en el control de las malezas tratadas, siendo superior el controlen los tratamientos de Trigger + *ametrina* al incrementar la dosis de Trigger a 0.045 y 0.060 kg pc/ha^{-1}. Los efectos fitotóxicos desaparecieron antes de los 45 dda.

TablaII. Cobertura de malezas (%) y fitotoxicidad a la caña, cultivar C86-12 a 30 dda.

Tratamientos	Dosis (kg pc/ha^{-1})	Total	Rotco	Echco	Ipo sp	Cypro	Vigv e	Euphe	Fit.
Testigo absoluto	-	25.3	6.1	5.3	4.2	3.5	3.2	3.0	1.0
Trifloxi.*+*ametrin a*	0.03+1.5	3.8	0.7	0.6	0.1	1.2	1.0	0.2	2.0
Trigger+*ametrina*	0.03+1.5	3.2	0.5	0.5	0.1	1.0	1.0	0.1	2.0
Trigger+ *ametrina*	0.045+1.5	3.1	0.5	0.4	0.0	1.0	1.0	0.2	2.0
Trigger+*ametrina*	0.060+1.5	2.8	0.4	0.4	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0

Rotco: *Rottboelliacochinchinensis*; Echco: *Echinochloacolonum*; Iposp: *Ipomea* sp.; Cypro; *Cyperusrotundus*; Vigve: *Vignavexillata* y Euphe: *Euphorbiaheheterophylla.*
Trifloxi.*: *trifloxysulfuron.*

Tabla III.Cobertura de malezas (%) y fitotoxicidada la caña, cultivar C86-12 a 45dda.

Tratamientos	Dosis (kg pc/ha^{-1})	Total	Rotco	Echco	Ipo sp	Cypro	Vixv e	Euphe	Fit
Testigo absoluto	-	42.3	10.8	9.5	6.4	8.4	4.2	3.2	1.0
Trifloxi.*+*ametrina*	0.03+1.5	4.0	0.6	0.7	0.0	1.5	1.2	0.0	1.0
Trigger + *ametrina*	0.03+1.5	3.4	0.5	0.5	0.0	1.2	1.2	0.	1.0
Trigger + *ametrina*	0.045+1.5	3.5	0.6	0.7	0.0	0.9	1.2	0.0	1.0
Trigger + *ametrina*	0.060+1.5	3.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0

Rotco: *Rottboelliacochinchinensis*; Echco: *Echinochloacolonum*; Iposp: *Ipomea*sp.; Cypro;*Cyperusrotundus*;Vigve: *Vignavexillata* y Euphe: *Euphorbiaheheterophylla.*
Trifloxi.*: *trifloxysulfuron.*

A los 60 dda (Tabla IV) los tratamientosde*trifloxysulfuron+ ametrina*yTrigger + *ametrina* continúan con resultados similares en cuanto al efecto sobre las dicotiledóneas, siendo ligeramente superior en el tratamiento Trigger + *ametrina*que en el*trifloxysulfuron+ ametrina* en cuanto al efecto sobre *Rottboeliacochinchinensis*. (zancaraña),*Echinochloacolonum* (metebravo) y *Cyperusrotundus* (cebolleta).

Tabla IV.Cobertura de malezas (%) y fitotoxicidada la caña, cultivar C86-12 a 60dda.

Tratamientos	kgha^{-1}	Total	Rotco	Echco	Iposp	Cypro	Vigve	Euphe
Testigo absoluto	-	48.8	12.3	11.6	8.2	9.3	4.3	3.1
Trifloxi.* +Ametrina	0.03 + 1.5	4.7	1.0	0.8	0.0	1.5	1.4	0.0
Trigger + Ametrina	0.03 + 1.5	4.6	0.8	1.0	0.0	1.4	1.1	0.0
Trigger + Ametrina	0.045 + 1.5	3.7	0.7	0.6	0.0	1.0	1.4	0.0
Trigger + Ametrina	0.060 + 1.5	3.6	0.7	0.7	0.0	1.2	1.0	0.0

Rotco: *Rottboelliacochinchinensis*; Echco: *Echinochloacolonum*; Iposp: *Ipomea* sp.; Cypro; *Cyperusrotundus*; Vigve: *Vignavexillata* y Euphe: *Euphorbiaheheterophylla.*
Trifloxi.*: *trifloxysulfuron.*

El tratamiento deTrigger GD 75 + *ametrina* GD 80 (0.060 + 1.5) kgpc/ha^{-1}continúa siendo superior sobre el control de todas las especies con respeto al resto de los tratamientos. No se observó ningún síntoma de fitotoxicidad sobre el cultivo.

En la Tabla V se puede apreciar que a los 30 dda el tratamiento de Trigger GD 75 + *ametrina*GD80 (0.030 + 1.5 kg pc/ha^{-1}) no difiere estadísticamente con relación al estándar *trifloxysulfuron*GD75 + *ametrina*GD80(0.030 + 1.5kg pc/ha^{-1}). Sin embargo, a los 45 y 60 DDA manifestó un control más efectivo de las malezas en comparación con el estándar. Al aumentar la dosis de TriggerGD75 a 0.045 y 0.060 kg pc/ha^{-1}respectivamente, la eficacia herbicida fue mejor sin incrementar los daños fitotóxicos al cultivo.

Tabla V. Control de malezas a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación.

Tratamientos	30 dda	45 dda	60 dda
Testigo absoluto	25.26^{d}	42.38^{e}	48.76 ^{e}
Trifloxi.* + ametrina 0.03+1.5	3.48^{c}	3.88^{d}	4.60^{d}
Trigger + ametrina 0.03+1.5	3.26^{bc}	3.66 ^{c}	4.42^{c}
Trigger + ametrina 0.045+1.5	3.24^{b}	3.44 ^{b}	4.10 ^{b}
Trigger + ametrina0.060+1.5	2.76^{a}	3.06 ^{a}	3.74 ^{a}
$\bar{X} \pm ES$	7.60 ± 0.05	11.28±0.08	13.12±0.09

Medias con superíndices diferentes en una misma columna, difieren estadísticamente (t, p<0,05).

CONCLUSIONES

El tratamiento Trigger GD 75 + *ametrina*GD80 (0.030 + 1.5 kg pc/ha^{-1})propicio un mejor control de las malezas a los 45 y 60 dda en comparación con el estándar de *trifloxysulfuron*GD75 + *ametrina*GD80(0.030 + 1.5kg pc/ha^{-1}),aunque a los 30 dda ambos tratamientos no difieren estadísticamente entre sí. Al aumentar la dosis de TriggerGD75 a 0.045 y 0.060 kg pc/ha^{-1}respectivamente, la eficacia herbicida fue mejor sin incrementar los daños fitotóxicos al cultivo.

REFERENCIAS

1. Manual para ensayo de campo 2da ed; Basilea, 205 p. Ciba Geigy .1981
2. Estadística aplicada para las ciencias y la docencia. Estadística aplicada a las Ciencias Biológicas y Agrícolas (Publinica ed.). INICA, La Habana, pp, 9-12.Espino, A; Arcia, J. (2009).
3. Comparación de los métodos de evaluación para determinar el grado de efectividad herbicida. Rev. Agri 8(1). 70-80.Fischer 1975.
4. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L y Camacho, E. (1999).Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Instituto de Suelo. Minagri-Agrinfor.

TRIFLOXYSULFURON SODIO GD 75, POTENCIADOR DE GLIFOSATO LS 48 PARA EL CONTROL DE MALEZAS. PROBLEMA EN CAÑA DE AZÙCAR

TRIFLOXYSULFURON SODIUM 75 GD, ENHANCER OF GLYPHOSATE 48 LS FOR PROBLEM WEED CONTROL IN SUGARCANE

Reynerio Téllez Zorrilla, Rafael Zuaznábar Zuaznábar, Rigoberto Martínez Ramírez, Inoel García Ruiz, Lorenzo Rodríguez Estrada y Ciro Fernández Martínez.

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera Central "Martínez Prieto" km 2½, Boyeros, Ciudad Habana, C.P. 19390.

RESUMEN

La necesidad de buscar nuevas opciones para reducir el tiempo entre la aplicación del Glifosato y el control de las malezas constituyó el objetivo del trabajo. Se evaluó el efecto de Glifosato LS 48 a 3 Lha^{-1} en mezcla con *trifloxysulfuron sodio* GD 75 a 0,02 $kgha^{-1}$ en comparación con el tratamiento tradicional, Glifosato 5 Lha^{-1} + Regulux 0.30 Lha^{-1}. Los estudios se realizaron en plantaciones comerciales de caña de azúcar de las unidades productoras "Andrés Cueva" y "Cartagena", pertenecientes a las Empresas Azucareras "Arquímedes Colina" y "5 de Septiembre", respectivamente. Los tratamientos se establecieron en franjas con estaciones de muestreo de 64 m^2. El tratamiento de Glifosato LS 48 a 3 Lha^{-1} + *trifloxysulfuron sodio* GD 75 a 0.02 $kgha^{-1}$ en àrea sin caña resultó superior al tratamiento estándar de Glifosato para el control de *Cynodon dactylon, Sorghum halepense, Ipomoea trífida, Echinochloa colona, Digitaria adscendens, Dichanthium annulatum* y *Rhynchosia mínima* y otras malezas anuales como *Rottboellia conchinchinensis* que fueron totalmente controladas, con una reducción significativa de los días de control, costo y dosis. El tratamiento evaluado logró un mayor control de especies dico y monocotiledonéas, que "escapan" al tratamiento tradicional de Glifosato.

Palabras clave: Malezas, herbicidas, caña de azúcar.

ABSTRACT

The need to look for new options to reduce the time among the Glifosato's application and the control of the weedses it constituted the objective of work. Glifosato LS 48's effect was evaluated to 3 Lha^{-1} in mixture with *trifloxysulfuron sodium* GD 75 to 0.02 kg/ha as compared with the traditional treatment, Glifosato to 5 Lha^{-1} Regulux to 0,30 Lha^{-1}. The studies were done in comercial sugar cane plantations units Andrés Cueva and Cartagena, belonging to the Sugar cane company Arquímedes Colina and September 5, respectively. The treatments were established in strips with sampling stations 64 m^2. Glifosato LS 48's treatment to 3 Lha^{-1} *trifloxysulfuron sodium* GD 75 he proved to be 0,02 $kgha^{-1}$ in area without sugar cane it resulted superior to Glifosato's standard treatment for the control of *Cynodon dactylon, Sorghum halepense, Ipomoea trífida, Echinochloa colona, Digitaria adscendens, Dichanthium annulatum* and *Rhynchosia minima* control and another yearly weeds like *Rottboellia conchinchinensis* that were totally controlled, with a significant reduction of days of control, cost and doses. The evaluated treatment achieved a bigger control of species dico and monocotiledonéas, that escape to Glifosato's traditional treatment.

Key words: Weeds, herbicides, sugar cane**.**

INTRODUCCIÓN

Entre los métodos de control de malezas en caña de azúcar, los herbicidas tienen gran importancia, debido a que brindan un efecto más duradero, alta productividad y un uso más racional de mano de obra, por lo que su

empleo resulta económicamente viable en la generalidad de los casos cuando se cumplen los parámetros técnicos establecidos.

La plantación de la caña de azúcar requiere no sólo de suelo bien preparado y de adecuado contenido de humedad, sino también debe estar libre de malezas para facilitar la acción de los herbicidas residuales y el desarrollo inicial del cultivo. Sin embargo, la calidad de la preparación de tierra y siembra en ocasiones se ven afectadas por exceso de humedad y la presencia de especies de malezas perennes, que requieren la aplicación de un herbicida sistémico como glifosato para su eliminación, lo cual retrasa las labores porque éste es un producto que requiere de 20 a 30 días para completar el control de las especies mencionadas.

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de la mezcla de Glifosato LS 48 + *trifloxysulfuron sodio GD 75* en comparación con el tratamiento estándar de Glifosato en el control de malezas y reducir el tiempo entre la aplicación y el control de las mismas**.**

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron dos extensiones en áreas de las Unidades Básicas de Producción Cooperativas "Andrés Cueva" y "Cartagena", de las Empresas Azucareras "Arquímedes Colina" y "5 de Septiembre", respectivamente, para determinar la eficacia de la mezcla de Glifosato más *trifloxysulfuron sodio,* sobre suelo Cambisol (1). El diseño experimental utilizado fue en franjas, con 4 tratamientos y 5 réplicas, estableciéndose cinco estaciones de muestreo por tratamiento (4 surcos de 10 m de longitud, espaciados a 1,60 m, para un área de parcela de 64 m^2).

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron antes de la plantación de la caña de azúcar en postemergencia tardía de las malezas, utilizando la asperjadora integral de 800 L con boquillas F110 de abanico plano no uniforme, con solución final calibrada a 200 Lha^{-1} a una presión de 3 bar. Las especies de malezas predominantes fueron*: Cynodon dactylon* (hierba fina)*, Rottboellia conchinchinensis* (zancaraña)*, Ipomoeas trífida* (bejucos aguinaldo)*, Sorghum halepense* (Don Carlos)*, Dichanthium annulatum* (pitilla villareña)*, Echinochloa colona* (metebrabo)*, Digitaria adscendens* (pata de gallina)*,* y *Rhynchosia mínima* (bejuco culebra) con una cobertura total de 80%, y una altura de las malezas entre 30 a 80 cm, buena humedad de suelo en el momento de la aplicación (Cuadro I).

Cuadro I. Tratamientos y dosis utilizados.

No.	**Tratamiento**	**Dosis (**$kgha^{-1}$ **o** Lha^{-1} **p.c)**
1	Testigo absoluto o sin aplicar	-
2	Glifosato LS 48 + Regulux	5 + 0.3
3	Glifosato LS 48 + Regulux	3 + 0.3
4	Glifosato LS 48 + trifloxysulfuron sodio GD 75	3 + 0.02

A los 12, 20 y 40 días después de la aplicación (DDA) se realizaron evaluaciones de eficacia herbicida en el control de malezas y de tolerancia del cultivo usando la escala EWRS de nueve grados (2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 12 DDA el control general de malezas fue mejor en la variante de Glifosato LS 48 mezclado con trifloxysulfuron sodio GD 75 (3 Lha^{-1} + 0.02 $kgha^{-1}$p.c.) (Figura 1), donde se apreciaba muerte total de todas las malezas, incluyendo las especies dicotiledóneas, tolerantes a Glifosato aplicado sólo (Figura 1). En esa fecha los demás tratamientos incluido el estándar a base de Glifosato LS 48 +Regulux (5 Lha^{-1} + 0.3 Lha^{-1} p.c.), mostraban secado parcial del follaje de las especies presente.

Figura 1. Control de malezas a 12 DDA.

A los 20 DDA se mantuvo la diferencia de control entre tratamientos, apreciándose destrucción total de las malezas en el tratamiento de glifosato CS 48 a 3 Lha^{-1} +trifloxysulfuron sodio GD 75 a 0.02 $kgha^{-1}$ p.c. (Figura 2), mientras que en la variante de glifosato CS 48 a 5 Lha^{-1} + Regulux 0.3 Lha^{-1} p.c.), se observó una necrosis media.

Figura 2.Control de malezas a 20 DDA.

Este resultado demuestra el efecto sinérgico de trifloxysulfuron sodio GD 75 en la acción de control de Glifosato LS 48 sobre las malezas, lo cual es muy beneficioso para la eliminación de las mismas antes de la plantación o preparación de suelo, a partir de los meses lluviosos, donde la preparación de suelo tiene menos calidad y la "presión" sobre los productores para agilizar la siembra es mayor, por tanto la rapidez con que se eliminen las malezas contribuye a realizar estas labores con más rapidez y calidad.
La mezcla de Glifosato 3 Lha^{-1} + trifloxysulfuron sodio GD 75 (0.02 kgha-1) fue económicamente menos costosa, comparado con el estándar de glifosato (5 Lha^{-1}) acidificado a pH 5 con Regulux (0.3 Lha^{-1}), por lo cual, el empleo de este tratamiento de herbicida se justifica porque constituye un ahorro de 2 Lha^{-1} de Glifosato.
En áreas sin caña el tratamiento de Glifosato LS 48 a dosis de 3 Lha^{-1} +Trifloxisulfuron sodio GD 75 a 0.020 $kgha^{-1}$, resultó superior al tratamiento estándar de Glifosato LS 48 sólo a 5 Lha^{-1}, con lo cual se consigue disminuir entre la aplicación y el control de las malezas en alrededor del 30% del tiempo comparado con el tratamiento estándar (Cuadro II).

Cuadro II. Costos de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	**Dosis (L o, kg/ha)**	**Costo (USD/ha)**	**Porcentaje de Control**		
			12 DDA	**20 DDA**	**40 DDA**
Glifosato LS 48+Regulux	5 + 0.3	22,11	40	65	100
Glifosato LS 48+trifloxysulfuron GD 75	3 + 0.02	20.84	95	100	100
Glifosato LS 48+Regulux	3 + 0.3	13,86	35	55	75

CONCLUSIONES

1. La mezcla de Glifosato LS 48 a 3 Lha^{-1} p.c. +trifloxysulfuron GD 75 a 0.02 $kgha^{-1}$ p.c. posibilitó reducir en un 30 % los días entre la aplicación y el control de las malezas, así como incrementó significativamente el control post-emergente de todas las especies de malezas evaluadas, incluyendo las dicotiledóneas que "escapan" del tratamiento estándar.
2. El costo del tratamiento de glifosato CS 48 a 3 Lha^{-1} p.c. + trifloxysulfuron sodio GD 75 a 0.02 $kgha^{-1}$ p.c fue inferior en 1.27 USD por hectárea respecto al estándar de glifosato a 5 Lha^{-1} p.c. acidificado con Regulux a 0.3 Lha^{-1} hasta pH 5, además de constituir un ahorro de 2 Lha^{-1} menos de Glifosato.

REFERENCIAS

1. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. 1999. AGRINFOR. 64 pp.
2. Manual para Ensayos de Campo. 1981. 2da ed., Basilea, 205 p.

ESPECIES ARVENSES EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUN*) EN LA PROVINCIA SANCTI SPIRITUS, DIVERSIDAD Y EVOLUCION

ARVENSES ESPECIES IN THE CROP OF SUGAR CANE (*SACCHARUM OFFICINARUN*) IN SANCTI SPIRITUS, DIVERSITY AND EVOLUTION

Vidal Francisco Blanco, Osmany Cruz Coca, Hugo Aragón Labrada, Omar Lemas Araujo, Evelio Concepción Cruz, Ricardo Rábago Machín.
Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar, Sancti Spíritus.osmany.cruz@inicass.azcuba.cu

RESUMEN

Después de la despoblación, son las arvenses el factor que más afecta los rendimientos de caña en Cuba. Una plantación no libre de arvenses en los 120 días posteriores a su cosecha o plantación pierde más de un 30% del rendimiento. Es importante conocer cuáles son las predominantes en cada área para seleccionar tratamientos más eficaces y los insumos necesarios. El objetivo del trabajo es determinar la evolución de la frecuencia de aparición de las principales malezas que afectan al cultivo de la caña de azúcar en las áreas cañeras de la provincia de Sancti Spíritus en la etapa 2006-2013. Se estudiaron más de 4800 campos, obteniendo como resultado la presencia de 19 especies, 2 son muy frecuentes, 4 poco frecuentes y 13 accidentales. En cuanto a la evolución crecen 4 especies, decrecen 10 especies y estables 5 especies.
Palabras claves: caña de azúcar, arvenses, evolución, control.

ABSTRACT

After the depopulation, they are the arvenses the factor that more affects the sugar cane yields in Cuba. A plantation not free of arvenses in the 120 days later to their crop or plantation misses more than 30% of the yield. To meet which are the predominant ones in each area to select more effective treatments and the necessary inputs. The objective of the work is to determine the evolution of the frequency of appearance of the main overgrowths that affect to the crop of the sugar cane in Sancti Spíritus's county areas in the stage 2006-2013. We were studied more than 4800 fields, obtaining the presence of 19 species, 2 are very frequent, 4 not very frequent and 13 accidental. As for the evolution 4 species grow 10 species and stable 5 species fall. The best control method is an integral program because the different alone variants don't solve the problem.
Key words: sugarcane, weeds, evolution, control.

INTRODUCCIÓN

La flora infectante en el cultivo de la caña de azúcar es bastante específica (Soares, 2004), aunque muchas especies de arvenses anuales y perennes comunes en los cultivos, se encuentran en las plantaciones cañeras. Algunas predominan en ciertos períodos del año o estadios del cultivo. El uso de determinados métodos de control, como los herbicidas, hace cambiar la composición de especies.

Es esencial conocer cuáles son las predominantes en cada campo o área a tratar para seleccionar los tratamientos más eficaces y para planificar los insumos para determinado período. Se puede pronosticar la composición del próximo año o ciclo de siembra, mediante la toma de muestras de suelo en el ciclo anterior y su colocación en condiciones óptimas para la germinación. Díaz (2003) reconoce en Cuba, 32 especies principales de arvenses que compiten con la caña de azúcar.

Para contrarrestar la considerable contribución en las pérdidas, tanto agrícolas como industriales que se producen en el proceso productivo, es necesario conocer el ciclo de vida, modo de reproducción y frecuencia

de aparición, entre otras características, de la diversidad de especies de malezas diseminadas en las áreas asociadas al cultivo de la Caña de Azúcar para poder aplicar un control integral efectivo y poder contrarrestar su efecto negativo sobre los rendimientos agroindustriales.
El objetivo de este trabajo es determinar los cambios en la frecuencia de aparición de las principales malezas que afectan al cultivo de la Caña de Azúcar en las áreas cañeras de la provincia de Sancti Spíritus en la etapa comprendida 2006-2013.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo investigativo se consultó la base de datos de las encuestas de malezas realizadas a los campos cañeros en todas las unidades productoras de la provincia, desde el 2006 hasta el 2013. La encuesta de malezas se realiza recorriendo las diagonales y anotando en orden descendente las cuatro especies predominantes por su grado de propagación en todo el campo, de forma tal que la número 1 sea la más extendida en el campo. Para el registro de dichas especies se dispone de una encuesta, donde en las columnas se anota el número del ó de los campos, o todo un bloque con igual composición de especies, y en las filas aparecen las 32 especies registradas. En caso de tratarse de una de las gramíneas perennes, además del número consecutivo de la especie, debe anotarse una de 3 letras que indica si su propagación es alta (a), intermedia (i) o baja (b) en el citado campo, grupo de campos o bloque. Esta información se procesa a través del software “PC Malezas”.

Las determinaciones se realizan entre la segunda quincena de mayo y todo el mes de junio y se encuestan a los conocedores del área sobre el potencial de brotes de bejucos y pica pica entre los meses de Julio a Octubre.Al clasificar las malezas a nivel territorial, por su frecuencia de aparición en los campos, se tuvo en cuenta los siguientes criterios: Accidentales, menos del 25 %; Poco frecuente, 25 a 49 %; Medianamente frecuentes, 50 a 74 % y Muy frecuentes, más de 75 % de los campos.También se realizó la clasificación botánica de las mismas en Clases, familias y ciclo de vida y la evolución de las mismas en Crecen, Decrecen y Estables.

La evaluación estadística se llevó a cabo mediante un análisis bifactorial, utilizando los factores: UEB y malezas. El análisis se le realizó a los acumulados de cada UEB y malezas, analizándose las variaciones producidas por cada una de ellas en la variable Frecuencia de aparición, utilizando como repeticiones los años de muestreo. Para el análisis estadístico se utilizó el Programa “SPSS Versión 17.0” y en todos los casos la comparación entre las medias fue realizada mediante una Prueba de Tukey ($p=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un total de19 especies, el 58% de ellas de la clase Liliatae, que incluye las más dañinas y difíciles de controlar, especialmente aquellas de la familia Poaceae (58%), la misma a la que pertenece la caña de azúcar. De las 19 especies presentes en el área plantada de caña, 11 tienen un ciclo de vida anual y 8 son perennes. Para tener un control efectivo de esta diversidad de arvenses es necesario conocer las características de cada especie presente (Hernández et al., 2009), para poder integrar los diferentes métodos de control con efectividad.

Existen dos malezas muy frecuentes, cuatro poco frecuente y trece accidentales (Figura 1). Estas arvenses implican una fuerte competencia por el agua, la luz y los nutrientes, la que provoca cuantiosas pérdidas en el rendimiento y encarece los costos (Álvarez, 2002). Constituyen también excelentes hospedantes de un gran número de organismos, vectores y diseminadores de patologías de los cultivos, fundamentalmente *Panicum máximum* Jacq *y Sorghum halepense* L. Pers (Rodríguez *etal*.2005), las cuales sirven de hospedero a más de veinte plagas.

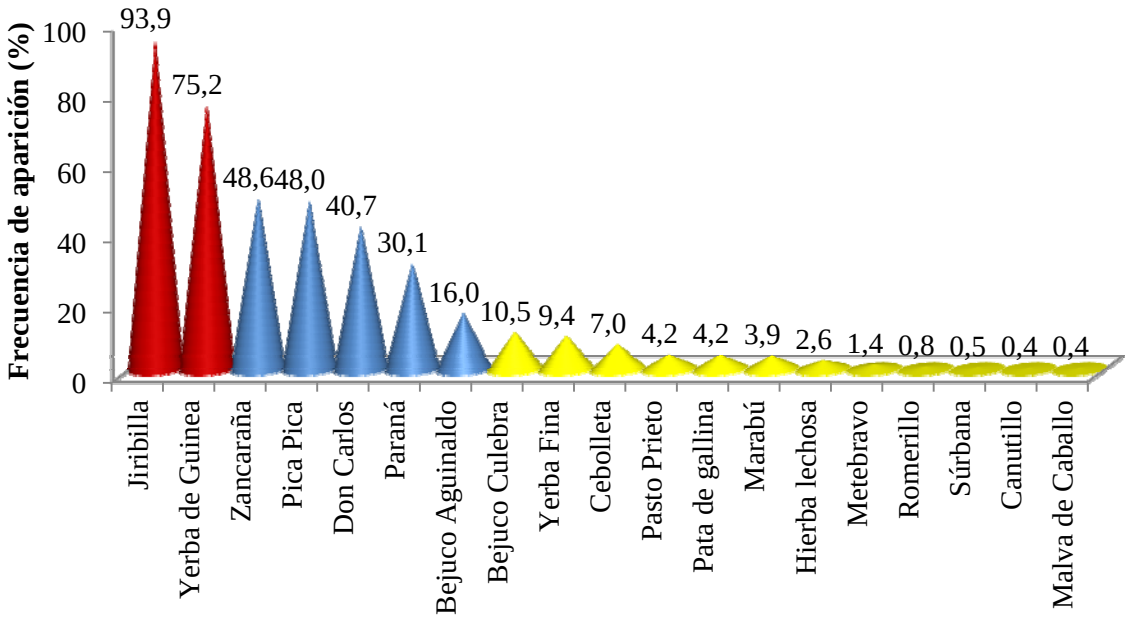


Figura1. Frecuencia de aparición de las malezas.

En el período analizado cuatro malezas crecen, 10 decrecen y cinco se mantienen estables (Figura 2).

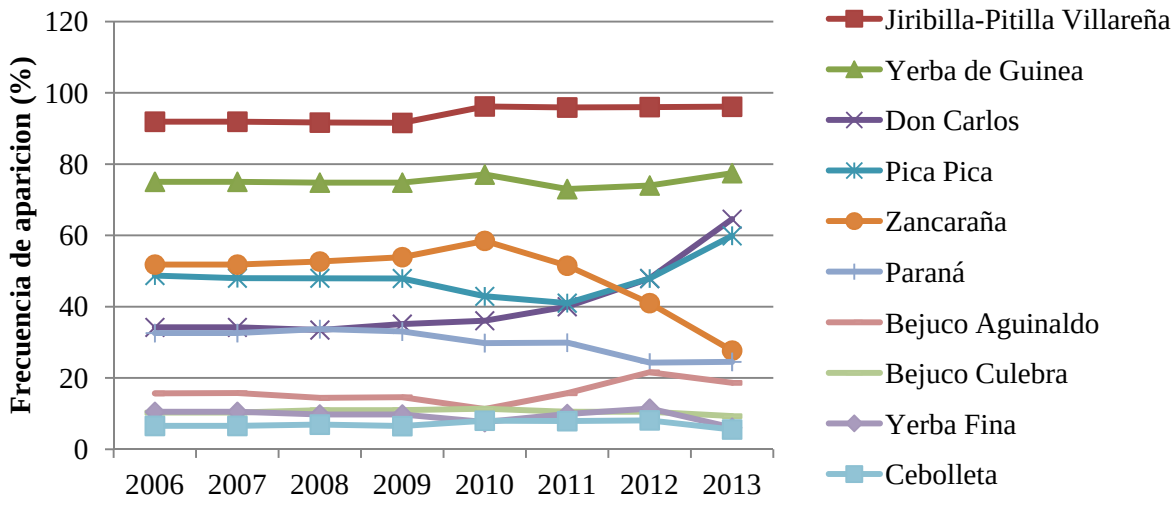


Figura 2. Evolución de las malezas presentes.

La Jiribilla (*Dichanthium annulatum* Forsk.) es una especie de difícil control, siendo la forma más efectiva, la preparación de suelos en seco con el correspondiente espaciamiento entre labores, combinándolo con el control químico (INICA, 2007), sin ignorar o subestimar otras prácticas culturales y preventivas de manejo de arvenses (Barrera, 2010).

En el caso de la Pica Pica (*Mucuna pruriens*L. DC.)su fase de pleno crecimiento coincide con el cierre de la caña, momento en que el único método de control es el químico realizado de forma aérea (Bernal y Arzola, 2010), muy poco utilizado en los últimos años por problemas de la aviación y económicos, lo cual da al

traste con estos incrementos. También la violación de aspectos del control preventivo como es la restricción del movimiento y limpieza de los equipos de cosecha y aperos de la branza desde áreas infestadas (Monroig, 2010).

Existen otras que decrecen en el período analizado (*Rottboellia cochinchinensis*(Lour.) Clayton (Zancaraña) y *Cynodon dactylon* L. Pers (YerbaFina). La disminución de la primeras se debe a que es una especie muy susceptible a cualquier tipo de control, (Labrada y Parker, 2000).La reducción de la Yerba Fina se debe al aumento en los últimos años de la población en las plantaciones cañeras y esta especie no admite el sombreo para su desarrollo (Hernández y Díaz, 1999).

CONCLUSIONES

1- Las 19 especies existentes están distribuidas en 8 familias, el 57.9 % a las Poaceae, que incluye las más dañinas y difíciles de controlar.
2- Existen dos malezas muy frecuentes, cuatro poco frecuente y trece accidentales.
3- En el período analizado, cuatro malezas crecen, 10 decrecen y cinco se mantienen estables.
4- El Dichanthiumannulatum (Pitilla), Panicum máximum (Yerba Guinea), Sorghumhalepense (Don Carlos) y Bejucos Sp, son las malezas que con mayor Frecuencia de aparición y que mayores pérdidas han causado al rendimiento de la Caña de Azúcar en la Empresa Azucarera de Sancti Spíritus en el periodo evaluado.

REFERENCIAS

1. Álvarez, A. 2002. Las malas hierbas. Pérdidas en azúcar y económicas. II Congreso Nacional Ciencias de Malezas, La Habana,pp.56-58.
2. Barrera, D. F 2010. La agroindustria de la caña de azúcar en Cuba: retos y amenazas en el nuevo siglo. Revista ATAC Vol. 72, No. 2:33-38.
3. Bernal, N. y N. Arzola. 2010. Reporte de trabajo de diagnóstico agrícola realizado durante el periodo de mayo 8 a junio 26 del 2010 en el Ingenio Ecudos. S.A, Ecuador.
4. Díaz, J.C. (2003). PC Malezas. Programa Automatizado para el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM). Revista ATAC. Volumen 65 No.3 p.8.
5. Hernández, D. y J.C. Díaz. (1999). Población de caña y competencia de malezas: efectos sobre el rendimiento agrícola y el contenido de azúcar. Rev. ATAC, 60 (2):11-15.
6. Hernández, H., O. Santana, J. C. Díaz, A. Chinea Martín, Yolanda González. (2009). Prueba de extractos de plantas alelopáticas para el control de malezas. Memorias 60 Aniv. EPICA Matanzas. CD-ROM ISSN 1028- 6527, 7 pp.
7. INICA (2007). Conceptualización Territorial del Servicio Especializado de Control Integral de Malezas en la Fase de Inversión para el Polígono Anzoátegui", Estado Cojedes, 86 pág.
8. Labrada, R. y Parker C. (2000). Capítulo 1. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. En: Manejo de malezas para países en desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal – 120). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
9. Monroig, M.F. (2010). Control integrado de malezas en el cafetal. http://academic.uprm.edu/mmonroig/id64.htm. Consultado el 2 de diciembre de 2010.
10. Rodríguez E.; Chinea A.; Alfonso I; Acevedo R.; Barroso F.; Aday O. y Rodríguez M. (2005). Protección de Plantas. Curso para Cañicultores. Ministerio de Agricultura y Tierras. Corporación Venezolana
11. Soares, María do Carmo. Efeito da palha da cana-de-açúcar y do tamanho de tubérculos no desenvolvimento da tiririca (Cyperusrotundus L.). Tesis Doctoral. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo; 2004. On-line.Visitado en Enero, 2008. Disponible en URL: http://www.teses.usp.br

Rottboellia exaltata HOSPEDANTE DE ORGANISMOS PATÓGENOS QUE AFECTAN LA CAÑA DE AZÚCAR Y OTROS CULTIVOS

Rottboellia exaltata HOST OF PATHOGENS THAT AFFECT SUGARCANE AND OTHER CROPS

Antonio Chinea Martín[1], Rafael Zuaznabar Zuaznabar[1], Roberto Antonio Arévalo[2], Nelson Milanés Ramos[1] y Roberto Luzbet Pascual[3].

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), AZCUBA, Cuba.
Email: chinea43@epicamt.azcuba.cu
2. Investigador Científico. APTA – Piracicaba – SP, Brasil.
3. Estación Experimental de Cítricos y Frutales, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.

RESUMEN

En el presente trabajo se ofrece una compilación de resultados sobre diferentes microorganismos y agentes patógenos (virus, bacterias y hongos), que pueden ser hospedados por la maleza caminadora o zancaraña ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis*** (Lour.) W. Clayton. Las principales patologías detectadas sobre esta especie son causadas por hongos, mientras que las causadas por virus ocupan el segundo lugar, teniendo en cuenta su número e importancia, y la menor cantidad corresponde a las bacterias. Resultan infectados cultivos de valor económico, pastos naturales y cultivados, así como otras arvenses o malezas que pueden convertirse en hospedantes naturales (fuentes de inóculo), a partir de las cuales son transmitidas las enfermedades hacia otras especies. Es evidente la conveniencia de continuar investigaciones para evaluar la capacidad hospedante de las especies arvenses principales, pastos y cultivos de interés agrícola, que se desarrollan en convivencia con ***Rottboellia*** en los agroecosistemas.
Palabras clave: Maleza, ***Rottboellia exaltata,*** Hospedante, Patógeno, Agente.

ABSTRACT

In this paper is presented a compilation on different pathogenic microorganisms and agents (virus, bacteria and fungi), that can be hosted by the itch grass ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis***), (Lour.) W. Clayton. Foremost detected diseases were from fungal origin while caused by viruses occupied the second place and the minor amount correspond to bacterial diseases. Crops with economical importance were infected; natural and cultivated pastures as well as other weeds that can be converted in natural hosts (inoculum sources) from which diseases are propagated to other species. It is evident the convenience to carry on scientifical research to evaluate the host capacity of most important weeds species, pastures and crops with agricultural interest that grow in coexistence with ***Rottboellia sp.*** in the agroecosystems.
Key words: Weed***, Rottboellia exaltata,*** Host, Pathogen, Agent.

INTRODUCCIÓN

La identificación de microorganismos y agentes patógenos que pueden ser hospedados en ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis*** (Lour.) W. Clayton, constituye un resultado de gran importancia, por la amplia dispersión de esta especie invasora a nivel mundial y el alto grado de infestación que alcanza dentro de cultivos económicos como caña de azúcar, maíz, arroz, y otros (Rincones et al., 1995; Rodríguez et al., 2012). También es importante detectar microorganismos que tengan características propias de medios biológicos: crecimiento abundante, alta esporulación “in vitro” y especificidad para la especie a controlar (Daniel et al., 1973; citado por Jiménez et al., 1990). Como es conocido, el género ***Rottboellia*** pertenece a la familia ***Poaceae,*** con unas 160 especies (Watson y Dallwitz, 2011; citados por Arévalo et al., 2011). Si se

tiene en cuenta que solamente una enfermedad de la caña de azúcar (mosaico, causado por el VMCA), involucra 17 razas del Virus (Matsuoka, 1999) y que 16 especies de vectores las pueden transmitir hacia las plantas hospedantes (Shukla et al., 1989; citados por Matsuoka, 1999), es evidente el riesgo que significa la especie ***Rottboellia exaltata***, como hospedante de enfermedades. La amplia variabilidad genética de los cultivos de importancia económica y la diversidad de especies de arvenses, pastos naturales y cultivados de la familia ***Poaceae,*** constituyen un elemento fundamental para detectar hospedantes alternativos. Ello determina un alto riesgo para la fitosanidad de los cultivos agrícolas. A partir de estas premisas, se realiza una compilación de patógenos que se pueden hospedar sobre ***Rottboellia sp.,*** capaces de infectar cultivos de importancia económica. Esta información es de gran utilidad para agricultores, investigadores, docentes y estudiantes vinculados a la Agrícultura. Poner estos elementos en sus manos, es el objeto principal del presente trabajo.

ENFERMEDADES VIRALES. Mosaico (VMCA) En trabajos realizados por Shukla et al. (1989), citados por Matsuoka (1999), se compararon 17 razas del complejo de virus del mosaico de la caña de azúcar, maíz, sorgo y zacate Johnson, lo cual permitió registrar cuatro grupos de ***Potyvirus***:

1. JGMV (Johnson Grass Mosaic Virus) = Virus del Mosaico del Zacate Johnson.
2. MDMV (Maize Dwarf Mosaic Virus) = Virus del Mosaico del Enanismo del Maíz.
3. SCMV (Sugar Cane Mosaic Virus) = Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar.
4. SrMV (Sorghum Mosaic Virus) = Virus del Mosaico del Sorgo.

Cada grupo está constituido por varias razas (Shukla et al., 1989; Tosic et al., 1990), vinculadas a diferentes especies de plantas con interés agrícola. Numerosos pastos y especies arvenses, así como plantas económicas pueden hospedar diferentes razas del VMCA, con la acción de unas 16 especies de áfidos vectores: ***Aphis* gossypii** (Glov.), ***A. nerii*** Fons., ***Carolinaia cyperi*** (Ainslie), ***Dactynotus ambrosiae*** (Thos.), **D. pseudoambrosiae** Forbes, ***Hyperomysus lactucae*** *(L.)*, ***Hysteroneura setariae*** (Thos.), ***Lipaphis pseudobrassicae*** (Davis), *Longinguis* sacchari (Zehnt.), ***Macrosiphum euphorbiae*** (Tomas), ***Myzus persicae*** (Sulz.), ***Rhopalosiphum maydis*** (Fitch.), ***R. rufiabdominalis*** (Sasaki), y ***Schizaphis graminum*** (Rond.). Entre las especies de plantas hospedantes del VMCA con mayor importancia para la caña de azúcar, se puede mencionar la zancaraña o caminadora, en Inglés "itchgrass", ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis)***, hierba de elefante, ***Pennisetum purpureum*** Schum., zacate Johnson o Don Carlos ***Sorghum halepense*** L. Pers., hierba de Guinea, ***Panicum maximum*** Jacq. y maíz, ***Zea mays*** L. **Mosaico del maíz o enanismo rayado.** Según Nass et al. (1988), es una enfermedad viral común, que afecta a todos los cultivares comerciales de maíz. Entre las especies de malezas hospedantes del virus, se puede mencionar la zancaraña y Don Carlos, desde donde puede ser transmitida al maíz**,** por el pulgón ***Rhopalosiphum maidys*** (Fitch.). **Mosaico de la caña de azúcar en maíz (VMCAM). S**e considera una enfermedad de gran importancia, debido a las pérdidas que causa, además de su eficiente transmisión mecánica por diferentes áfidos. Se encuentra íntimamente relacionada con el virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA), caracterizado por una amplia gama de razas, que de conjunto, atacan a numerosas especies de ***Poaceas.*** Entre las especies que pueden hospedar al agente causal del **VMCAM** se encuentran pastos naturales y cultivados, malezas y cultivos económicos. Dentro de ellas se encuentra el maíz, sorgo, zacate Johnson, caña de azúcar y zancaraña, hospedante natural de la enfermedad, que es transmitida al maíz por vectores. **Virus baciliforme de la caña de azúcar (VBCA).** Se presenta en cultivares nobles de caña de azúcar, híbridos comerciales antiguos y unos pocos de origen más reciente. También se puede encontrar el VBCA en plátano ***Musa* spp.**, Don Carlos, zancaraña y gambutera ***Brachiaria platyphila*** (Nash.). Estas especies pueden ser consideradas hospedantes naturales del VBCA. **Virus del rayado del maíz.** Limitado a la familia ***Poaceae***, dentro de la cual puede ser hospedado por una amplia gama de cultivos económicos, pastos y malezas, pertenecientes a los géneros: ***Cymbopogon***, ***Imperata***, ***Saccharum***, ***Rottboellia, Eleusine***, ***Eragrostis***, ***Leptochloa***, ***Setaria***, ***Sporobolus***, ***Zea***, ***Euchlaena, Triticum y Avena.*** **Tenuivirus del maiz.** Detectado sobre ***Rottboellia sp.*** por Navarro y Bajet (2003) y se comprobó su transmisión a maíz, quedando demostrada la infección de la zancaraña por el tenuivirus y se comprobó que dicho virus se transmite al maíz por el vector ***Rhopalosiphum***

maidys (Fitch.). **Identificación de virus en maíz y arvenses. E**n Etiopía, Lencho et al. (1997) detectaron diferentes virus sobre maíz y varias especies de arvenses que conviven con los cultivos económicos. Algunos virus fueron detectados sobre cinco malezas: ***Digitaria sp***., ***Eleusine sp.***, ***Panicum sp.***, ***Pennisetum sp.***, y ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis).*** Se comprobó el amplio perfil de ataque de dichos virus, mostrando el riesgo para las plantaciones de maíz. Las cinco especies de malezas y en particular ***Rottboellia exaltata***, objeto del presente trabajo, representan un reservorio de virus que pueden infectar a cultivos y pastos de la familia ***Poaceae***.

ENFERMEDADES BACTERIANAS. Escaldadura foliar. *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. Entre los hospedantes naturales del organismo causal se encuentran ***Brachiaria piligera*** (F. Muell.), ***Imperata cylindrica*** (L.), ***Panicum maximum*** Jack., ***Paspalum dilatatum*** Poir., ***Paspalum conjugatum*** Bers./Swartz, ***Pennisetum purpureum*** Schum., ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis)***, ***Saccharum spp***. y ***Zea mays*** L., según Rott et al. (1988), citado por Arias (1999). Resultados similares habían sido informados (Martin and Robinson, 1961; Ricaud and Ryan, 1989, citados por Hoy, 2000), donde se señala que las especies mencionadas adquieren la bacteria ***X. albilineans*** y pueden actuar como hospedantes naturales. **Raquitismo de los retoños. *Leifsonia xyli*** subsp. ***xyli***. A pesar de no haberse informado la presencia de hospedantes naturales del organismo causal, se han infectado artificialmente diferentes variedades de ***Pennisetum purpureum*** Schum., ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis),*** maíz y otras especies (Chinea et al., 2007). **Raya roja bacteriana. Pseudomonas sp.** Fue aislada de hojas y espigas de ***Rottboellia exaltata*** (Jiménez et al., 1990).

ENERMEDADES FUNGOSAS. Pudricion de la raíz. *Pythium arrhenomanes* Drechsler, ***P. myriotylum*** Drech., ***Rhizoctonia spp***. Se considera que ***Pythium arrhenomanes*** es una especie altamente patogénica, con amplia distribución geográfica. Varios autores han observado sinergismo entre el organismo causal de la pudrición de las raíces y diferentes especies de nematodos de los géneros ***Helicotylenchus spp.***, ***Meloidogyne spp. y Pratylenchus spp.*** (Hoy and Schneider, 1988). Las especies de arvenses ***Brachiaria mutica*** (Forsk.), ***Cynodon dactylon*** (*L.*), ***Cyperus rotundus*** L.**,** ***Eleusine indica*** (L.), ***Echinochloa colona, Echinochloa crus-galli, Panicum maximum*** Jacq., ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensi***), ***Saccharum spp.*** y ***Sorghum halepense*** (L.), se infectaron cuando crecieron en suelo estéril, previamente desinfestado con vapor e inoculado con el hongo ***Pythium arrhenomanes.*** Las raíces de Don Carlos ***Sorghum halepense*** y zancaraña ***Rottboellia exaltata*** son extensamente colonizadas por ***Pythium arrhenomanes.*** **Mancha de ojo *Bipolaris sacchari*** (Butl.), ***Drechslera sacchari*** (Butler). Entre los hospedantes de esta enfermedad se han informado: bermuda o hierba fina ***Cynodon dactylon***, ***Brachiaria spp.,*** hierba de elefante ***Pennisetum purpureum,*** caña de azúcar ***Saccharum spp.,*** caña santa ***Cymbopogon citratus*** y zancaraña ***Rottboellia exaltata*** (=***R. cochinchinensis***). **Mancha roja de la hoja por Curvularia. *Curvularia spp., C. cymbopogonis*** (Dodge), ***C. penniseti*** (Mitra), ***Pseudocochliobolus pallescens*** Tsuda & Ueyama. Como h**ospedantes** de ***Curvularia*** se pueden mencionar los géneros: ***Axonopus, Bracharia, Coix, Cymbopogon, Cynodon, Dactyloctenium***, ***Digitaria, Echinochloa, Euchlaena, Imperata, Oryza, Panicum, Paspalum, Pennisetum, Rottboellia, Saccharum, Setaria, Sorghum, Sporobolus, Triticum*** y ***Zea.*** **Mancha de la hoja por *Helminthosporium. Helminthosporium sativum y H. maydis.*** Con este último fueron asperjadas 28 especies de malezas. De ellas, 13 presentaron infección por el hongo, con variaciones del tamaño de las manchas. Los resultados mostraron que **Rottboellia exaltata (=R. cochinchinensis)** se comportó susceptible ante **Helminthosporium maydis,** por lo cual, puede ser considerada hospedante alternativo de este patógeno. **Pyricularia orizae.** Diversos cultivares de arroz resultaron susceptibles ante aislamientos procedentes de ***Rottboellia exaltata***, ***Echinochloa colona*** y ***Leersia hexandra.*** De forma similar, ***Brachiaria distachya***, ***Echinochloa colona***, ***Leptochloa chinensis, Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis)*** y ***Leersia hexandra*** mostraron susceptibilidad ante algunos aislamientos originados del arroz. Como hospedantes colaterales del patógeno, pueden proporcionar inóculo suficiente para desencadenar una epidemia de tizón del arroz ***Pyricularia oryzae*** Sacc. **Nuevos hongos para *Rottboellia sp.* en Cuba, 13 registros: *Alternaria alternata, Bipolaris bicolor, B. victoriae, B. seicola, B. sacchari,***

Cladosporium oxisporium, Curvularia cymbopogonis, C. lunata var. aerea, C. verruculosa, Fusarium pallidoroseum, Nigrospora oryzae, N. sphaerica, Phaeoramularia fusiomaculans y ***Pyricularia grisea.*** Hubo predominio de ***Bipolaris*** y ***Curvularia***, **por** mayor incidencia y severidad en ***Rottboellia sp.*** (Bonilla et al., 1998). **Pokkah boeng** ***Fusarium moniliforme*** Sheldon, ***Gibberella fujikuroi*** (Saw.). Se presenta clorosis, arrugamiento y necrosis en los tejidos jóvenes. En caña de azúcar causa deformación de órganos y muerte de tallos en variedades susceptibles. Es hospedado en ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis),*** causando clorosis, arrugamiento y necrosis. Síntomas similares se observan en ***Sorghum halepense*** L. Pers. Las tres especies se consideran hospedantes naturales. **Pudrición roja de la nervadura** ***Colletotrichum graminícola, C. falcatum, Glomerella tucumanensis Speg.*** En caña de azúcar causa pudrición en la nervadura central de la hoja y en el interior del tallo. Tambien se presenta en ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis), Pennisetum purpureum*** Schum., ***Panicum maximum*** Jack. y ***Sorghum halepense*** L. Pers., considerados hospedantes del hongo.

CONCLUSIONES

La zancaraña, caminadora o paja peluda ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis*** (Lour.) W. Clayton, puede ser hospedante de 21 enfermedades fungosas, 9 virales y cuatro bacterianas. Su amplia distribución mundial y plasticidad ecológica, en convivencia con la caña de azúcar, maíz, arroz, pastos naturales y cultivados, así como con otras comunidades de poáceas, permite considerarla un reservorio natural de organismos y agentes fitopatógenos. Los esfuerzos futuros deberán encaminarse a establecer programas y estrategias que garanticen mayor dominio de la comunidad de especies hospedantes alternativas de enfermedades principales que afectan a los cultivos de mayor interés agrícola, particularmente vinculados con ***Rottboellia sp.***

REFERENCIAS

1. **Arévalo, R. A., Chinea, M. A. y E. I. Bertoncini (2011).** Taxonomía ***Rottboellia exaltata*** L. f. 1782 APG III. Cuba & Caña, INICA. La Habana, Cuba, 6pp.
2. **Bonilla, T., Pérez, E., López, M. O., Mena, J. y Rodríguez, K. (1998).** Colección y selección de microorganismos promisorios para el biocontrol de la maleza ***Rottboellia exaltata*** L. f. (=***R. cochinchinensis*** (Lour.) Clayton. Rev. Fitosanidad, 2 (1 y 2): 37-40**.**
3. **Chinea, M. A., Chinea, H. A., Díaz, D. J. C. y Hernández, H. F. (2007).** Hospedantes de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba: características y estrategia de manejo. Revista Cuba & Caña, INICA, 3: 56-63.
4. **Díaz, D. J. C. (2002).** Curso de control integral de malezas en caña de azúcar. Disponible en INICA, La Habana, 138p.
5. **Dissanayake, N., Hoy, J. W. and Griffin, J. L. (1997).** Weed hosts of the sugarcane root rot pathogen, Pythium arrhenomanes. Plant disease, 81(6): 587-591
6. **Pascual, C. B. and Raymundo, A. D. (1991)**. Alternate hosts of Helminthosporium sativum. Pest Manag. Council, Philippines, **http://www.uplb.edu.ph/**
7. **Rodríguez, G. S., Rodríguez, J. I.**, **Alfonso, O., Alomá, J., Pérez, C. y Romero, C. (1985).** Manual de malezas de la caña de azúcar en Cuba. Ediciones ICI, Inglaterra, 125p.
8. **Rodríguez, C. N., Díaz, J. C., Ricardo, E., Espino, A., Fuentes, A., Rodríguez, E. y Pérez, D. (2012).** Principales malezas en cañaverales de Cuba. XI Edic. SERCIM, INICA, 150p.

INCIDENCIA DE LAS PRINCIPALES ARVENSES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA CIEGO DE ÁVILA

INCIDENCE OF MAJOR WEEDS AFFECTING CULTURE OF SUGAR CANE SUGAR INTERPRISE CIEGO DE AVILA

Oddonel Hernández Hernández, Pedro Bombino Martínez, Dorkis Terry Sanabria, Yaritza Pérez Reyes, Eulalia Ojeda Hernández, Jesús González Domínguez, Roberto Cruz Benítez, Miguel Tamayo Escalona y Lemay Santos Quintero
[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE Km 2 1/2. Boyeros. La Habana. Cuba. oddonell.hernandez@epica.azcuba.cu

RESUMEN
Se realizó una encuesta en los campos plantados de caña de azúcar de la Empresa Azucarera de la provincia de Ciego de Ávila sobre la presencia de las principales arvenses, durante el período 2009 - 2013. La identificación de las especies se realizó, entre la segunda quincena de mayo y el mes de junio. Las 33 especies existentes están distribuidas en 12 familias. Existe una arvense muy frecuente, tres medianamente frecuentes, dos poco frecuente y veintisiete accidentales, tres de éstas por encima del 10%. La afectación estimada por la interferencia de las arvenses supera el millón de toneladas de caña lo que equivale a más de 117 000 toneladas de azúcar y 47 millones de USD, siendo las especies *Dichanthium annulatum* Forsk., *Panicum máximum* Jacq., *Sorghum halepense* L. Pers*. e Ipomoea trífida* Kunth las de mayor influencia por tener una frecuencia de aparición superior al 60 %.
Palabras claves: Arvenses, especies, caña de azúcar.

ABSTRACT
A survey was conducted in planted sugarcane fields of the Sugar Company of the province of Ciego de Avila on the presence of major weeds, during the period 2009 - 2013. The species identification was realize en the second half May and June. The 33 existing species are distributed in 12 families. There is a two un common very common weed three fairly frequent and accidental twenty, three of them above 10%. The estimated interference from weeds affecting over one million tons of sugar which is equivalent to over 117 000 tonnes of sugar and 47 million USD, with the species *Dichanthium annulatum* Forsk., *Panicum maximum* Jacq., *Sorghum halepense* L. pers. And *Ipomoea Trifida* Kunth the most in fluential by having a frequency of occurrence higher than 60%.
Keywords: weeds, spices, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de producción de la Caña de Azúcar inciden varios factores cuyo comportamiento es necesario monitorear, pues cuando ocurren fuera de los límites de tolerancia del cultivo, provocan afectaciones en su crecimiento y desarrollo que inducen, a su vez, a la disminución del rendimiento y a pérdidas económicas. Entre estos factores, las arvenses constituyen uno de los principales que afectan la producción, debido a que tienen una contribución considerable en las pérdidas tanto agrícolas como industriales que se producen en el proceso productivo (Chinea et al, 2009).
Las arvenses, año por año, nos roban cientos de miles de toneladas de azúcar de las que potencialmente podemos obtener siendo ellas la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas que, conjuntamente con la despoblación, obligan a demoler un campo de caña en un período muy corto, con una vida útil de bajos rendimientos agrícolas y altos costos de producción (Álvarez, 2012).La magnitud del daño está relacionada con la especie de arvense, el grado y el tiempo de infestación, las pérdidas varían entre 33 y 66 % de la cosecha, pero se ha señalado hasta un 97.5 % por la competencia permanente, por lo que constituyen en Cuba, la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores el objetivo del presente trabajo es determinar la incidencia de las arvenses en el sistema de producción y el rendimiento de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera de Ciego de Ávila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en todos los campos plantados de Caña de Azúcar de las cuatro UEB de la Empresa Azucarera de la provincia de Ciego de Ávila durante cinco años consecutivos, correspondientes al período comprendido del 2009 hasta el 2013.
Para la identificación de las diferentes especies se utilizó la metodología descrita en el Manual de Arvenses de la Caña de Azúcar, además el sistema automatizado de soporte de decisiones PC Malezas (Díaz, 2005) que contiene las 35 especies principales en el sistema de cultivo de la Caña de Azúcar y de la galería de fotos de especies de arvenses disponible en formato digital.
En función de la presencia se calculó para cada especie de arvense su frecuencia de aparición, mediante la fórmula:

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de campos muestreados en que ocurre la especie}}{\text{Número total de campos muestreados}} \text{ x100}$$

Teniendo en cuenta el valor de la frecuencia y la escala prevista para ello, (Díaz, 2005), las especies se agruparon en las siguientes categorías: Accidentales (menos del 25 %); Poco frecuente (25 a 49 %); Medianamente frecuentes (50 a 74 %) y Muy frecuentes (más de 75 %).
La identificación de las especies de arvenses existentes se realizó por el método visual (Díaz, 2005), recorriendo cada campo en sus diagonales y anotando en orden descendente las cuatro especies predominantes por su grado de propagación en todo el campo.
Para la estimación de las pérdidas provocadas por la competencia de las arvenses se utilizó la información estadística oficial de la Empresa Azucarera de Ciego de Ávila. El procesamiento estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza simple a los acumulados de cada UEB y principales arvenses, analizándose las variaciones producidas por cada una de ellas en la variable frecuencia de aparición, utilizando como repeticiones los años de muestreo. Para el análisis estadístico se utilizó el Programa SPSS Versión 17.0 y en todos los casos la comparación entre las medias fue realizada mediante una Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el diagnóstico realizado en las áreas de la Empresa Azucarera de Ciego de Ávila se encontró un total de 33 especies. El 63.64% de las especies corresponden a la clase *Liliatae*, que incluye las más dañinas y difíciles de controlar, especialmente aquellas de la familia *Poaceae* (48.5 %), 19 tienen un ciclo de vida anual y 14 son perennes.La mayor incidencia recae sobre nueve arvenses que sobrepasan el 10,0 % en su frecuencia de aparición, cuatro de ellas por encima del 66,0 %, mientras que las veinticuatro restantes están por debajo del 5,0 %.
Al analizar la frecuencia de aparición de las nueve arvenses que están por encima del 10 % (Figura 1), la camagüeyana (*Dichanthium annulatum* Forsk Stapf.) se clasifica como muy frecuente con un 90.43%, como medianamente frecuentes aparecen el Bejuco Aguinaldo (*Ipomea trífida*Kunth), la Yerba Guinea (*Panicum máximum* Jacq) y el Don Carlos (*Sorghum halepense*L. Pers) con 74.68%, 73.68% y 66.58% respectivamente. El Paraná (*Brachiaria mutica* Forsk Stapf) y la Pica Pica (*Mucuna pruriens*L. DC.) se agrupan como poco frecuentes con 33.43 % y 32.99 % y como accidentales la Yerba fina (*Cynodon dactylon*L. Pers.), el Marabú (*Dichrostachys cinérea* L. Wight et Arm.) y la Zancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton) con 19.98 %, 16.62 % y 16.56 % de frecuencia de aparición. Estas nueve arvenses están presentes como promedio en el 44.66 % de los campos plantados de Caña de Azúcar de la Empresa, cuatro de ellas por encima del 66%, lo que implica una fuerte competencia por el agua, la luz y los nutrientes, interferencia que provoca cuantiosas pérdidas en el rendimiento y encarecimiento de los costos.

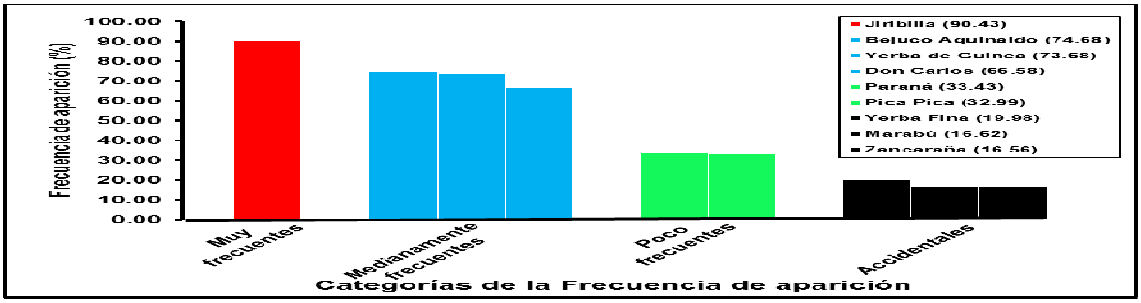


Figura 1: Agrupamiento de las principales arvenses por su frecuencia de aparición.

Al analizar la frecuencia de aparición de las arvenses, existen tres de ellas que decrecen en el período analizado (Figura 2), *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Zancaraña), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Don Carlos) y *Cynodon dactylon* (L.) Pers (Yerba Fina.). En el caso del Don Carlos, su reducción se debe fundamentalmente a la aplicación del Programa Merlin desde el 2005. La reducción de un 10.45% de la Yerba Fina se debe al aumento en los últimos años de la población en las plantaciones cañeras y esta especie no admite el sombreo para su desarrollo.

Cuatro especies han manifestado un incremento en su Frecuencia de aparición durante estos últimos cinco años (Figura 3). El Bejuco Aguinaldo (*Ipomea trífida* Kunth)es la especie que mayor incremento ha mostrado (33.13%). La Jiribilla (*Dichanthium annulatum* Forsk.)se ha incrementado hasta ocupar el 90.43% en el 2013. La Pica Pica (*Mucuna pruriens* L. DC.)se incrementó hasta un 96.40% en la UEB Enrique Varona y el 25.40% en la UEB Ciro Redondo, todo esto ocasionado por violar aspectos del control preventivo como es la restricción del movimiento y limpieza de equipos de cosecha y aperos de labranza desde áreas infestadas. El Marabú (*Dichrostachys cinerea* L. Wight et Arm.) se ha incrementado en un 14.85%, su frecuencia de aparición en la Empresa es del 16.62%, pero en la UEB Primero de Enero es del 40.60% producto a que las plantaciones de los últimos tres años se han realizado sobre áreas de buldoceo con predominio de esta arvense.

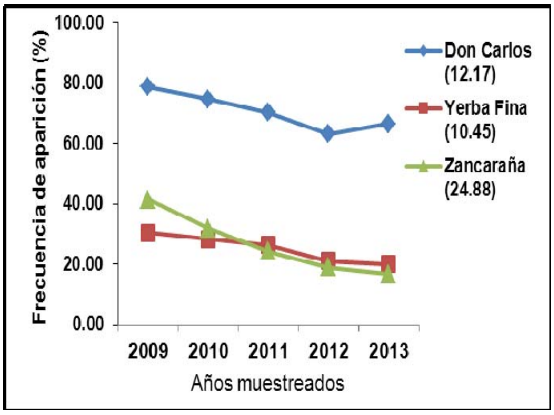


Figura 2: Frecuencia de aparición de las arvenses que decrecen.

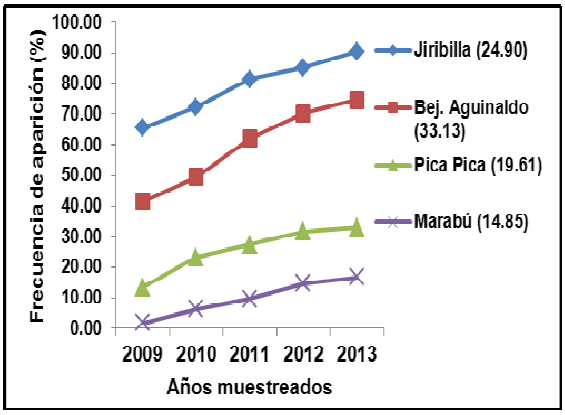


Figura 3: Frecuencia de aparición de las arvenses que crecen en la Empresa Azucarera de Ciego de Ávila.

Durante el período 2009 – 2013 las especies *Panicum máximum*Jacq. (Yerba de Guinea) y *Brachiaria mutica* Forsk. Stapf. (Paraná) se han mantenido estables (figura 4). La frecuencia de aparición del Paraná en la Empresa es del 33.40%, pero en la UEB Enrique Varona es del 91.70% producto a que esta especie es propia de lugares húmedos y de mal de drenaje. Al analizar los acumulados de las nueve arvenses durante los cinco años estudiados en las cuatro UEB, existieron diferencias significativas entre éstas (Figura 5). La UEB Enrique Varona fue significativamente superior al resto con una frecuencia de aparición de 50.74%, no hubo diferencias significativas entre Ciro Redondo y Primero de Enero y Ecuador obtuvo la menor frecuencia de aparición con 39.24%.

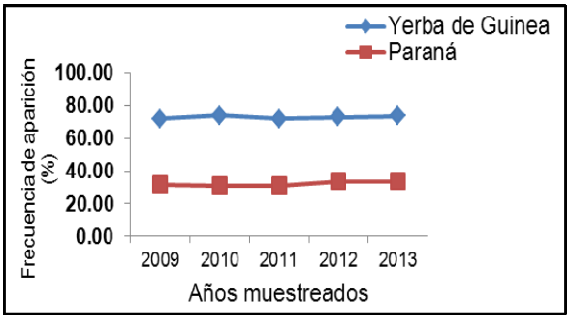


Figura 4: Frecuencia de aparición de las arvenses que se mantienen estables en la Empresa Azucarera

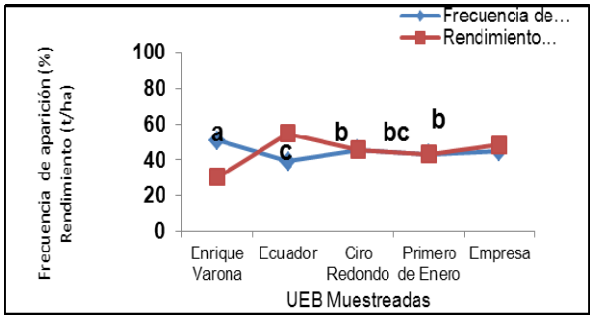


Figura 5: Análisis de correlación (Frecuencia de aparición y Rendimiento agrícola)

En la tabla I se presenta la estimación de las pérdidas ocasionadas al cultivo por la competencia de las arvenses en el período abril – julio/2013. Durante los cinco años evaluados, las pérdidas superan el millón de toneladas de caña, más de 117 000 toneladas de azúcar y 47 millones de USD. Estos resultados corroboran que las arvenses son la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas, que conjuntamente con la despoblación, obligan a demoler un campo de caña en un período muy corto, sin llegar a cumplir con su vida útil, provocando bajos rendimientos agrícolas y cuantiosas pérdidas económicas.

Tabla I: Estimación de las pérdidas ocasionadas al cultivo por la competencia de las arvenses en el período abril – julio/2013

Meses	Área con arvenses (ha)	Afectaciones		
		t de caña	t de azúcar	USD
Abril	4696.1	42264.9	4696.1	1878440
Mayo	5498.9	49490.1	5498.9	2199560
Junio	6697.5	60277.5	6697.5	2679000
Julio	6658.9	59930.1	6658.9	2663560
Total	23551.4	211962.6	23551.4	9420560

CONCLUSIONES

1. En las plantaciones cañeras de la Empresa Azucarera Ciego de Ávila existen33 arvenses asociadas al cultivo, siendo la familia Poaceae la mayor representada con el 48.5 %.
2. La frecuencia de aparición mostró una arvense muy frecuente, tres medianamente frecuentes, dos frecuentes y tres accidentales. La UEB Enrique Varona presenta la mayor frecuencia de aparición, mientras que la UEB Ecuador es la de menor y existen tres arvenses que decrecen, cuatro que crecen y dos que se mantienen.
3. Se demostró que existe una correlación inversa entre la frecuencia de aparición de las principales arvenses y el rendimiento agrícola, la pérdida estimada durante el período analizado supera el millón de toneladas de caña, más de 117 000 toneladas de azúcar y 47 millones de USD.

REFERENCIAS

1. Álvarez, A. Las malas hierbas. Pérdidas en azúcar y económicas. II Congreso Nacional Ciencias de Malezas, La Habana, 2012,pp. 56-58.
2. Chinea Martín, A. Las enfermedades de la Caña de Azúcar en Cuba durante las últimas cinco décadas. Jornada Científica por el 40 aniversario del INICA. Sección Biológica. Publinica. Cuba.2009, p.79
3. Díaz, J.C. PC Malezas. Programa Automatizado para el Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM). Revista ATAC. Volumen 65 No.3, 2007, p.8.

EVALUACIÓN DE TRES MADURADORES EN CAÑA DE AZÚCAR DURANTE LA ZAFRA 2014-2015, EN INGENIOS DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY

EVALUATION OF THREE ARTIFICIAL RIPENERS ON SUGAR-CANE IN 2014-2015 HARVEST IN SUGAR MILLS OF CAMAGÜEY PROVINCE

Eugenio García [1], Félix Valladares [1], Isabel Torres [1], Walfrido Sánchez [1], Ramón Campanioni[2], Arlandy Noy[1] y Antonio Vera[3].
1. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-oriental, Camagüey, Cuba
Email: eugenio.garcia@eticacm.azcuba.cu
2. Empresa Azucarera Camagüey, Cuba.
3. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se presentan los resultados de evaluar los efectos de los maduradores Cletodhine,Fitomás-M y Gliphosate sobre los incrementos de las toneladas de RPC por hectárea aplicada en una superficie de 8679.5 ha y un volumen de 407 883 t de caña en ocho ingenios de la provincia de Camagüey. Los resultados se agruparon por ingenios, cepas, maduradores empleados, y agrupamientos agro-productivos de suelos. Los datos se procesaron estadísticamente empleando el paquete SPSS v.13,una vez comprobada la homogeneidad de varianza de los datos. Cuando existieron diferencias significativas se empleó una prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$). La evaluación económica indica que las mayores ganancias se obtuvieron con el empleo del FitoMás-M. Se concluye, que se obtuvieron 0.52 t de incremento del RPC por cada ha aplicada y desigual respuesta por ingenios. Por agrupamientos de suelos los Ferritizados y Gleyzadossialitizados, tuvieron los mayores incrementos. No se encontraron diferencias entre cepas y maduradores empleados. Se recomienda tomar en consideración los resultados de este trabajo para futuras aplicaciones.
Palabras claves: caña de azúcar, maduradores, variedades, Fitomás-M, Cletodhine, Gliphosato

ABSTRACT

The results of evaluating the effects of Cletodhine soakers, Fitomas-M and Gliphosate on increases RPC tons per hectare applied in an area of 8679.5 ha and a volume of 407 883 t in eight sugarcane mills in the province are presented Camagüey. The results were grouped by mills, strains, soakers employees and soil agro-productive groupings. The data were processed using the SPSS v.13 statistical package, after verifying the homogeneity of variance found significant differences datos. De multiple range test of Tukey ($p \leq 0.05$) was used. The economic assessment shows that the biggest gains were obtained with the use of Fitomas-M. It is concluded that increased 0.52 t of RPC were obtained for each applied and uneven response of soils ingenios. Por agrupamientos Ferritizados and Gleyzados sialitizados has, had the highest incrementos. No differences between strains and maturing employees found. It is recommended to consider the results of this study for future applications.
Keywords: sugarcane, soakers, varieties, Fitomas-M, Cletodhine, Gliphosato

INTRODUCCIÓN

La aplicación de maduradores es una tecnología de gran importancia para mejorar el nivel de sacarosa y la calidad global de la cosecha de la caña de azúcar (1).Su utilización comercial en caña de azúcar a nivel internacional comenzó en la década de los 60 en pocos países y regiones cañeras, entre los países que la utilizan comercialmente se encuentran Australia, Argentina, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Guatemala, México y Sudáfrica, mientras que Cuba la comienza a asumir, en la década de los 80 con ensayos y aplicaciones comerciales muy limitadas, principalmente con Flordimex (2).

La efectividad de los maduradores depende de las características agroecológicas de cada región, el producto elegido, la época y dosis utilizadas, variedades disponibles, capacidad productiva y manejo de la plantación, condiciones meteorológicas reinantes antes o posteriores a la aplicación y entre ésta y la cosecha y la calidad de la aplicación (técnicas de aplicación aérea) (3). Los resultados disponibles indican que con el uso de los maduradores, es factible anticipar la maduración y mejorar la calidad del espectro varietal en los países donde se planta esta gramínea y en especial de la materia prima que normalmente se procesa en la fase inicial y media de la zafra. Con el objetivo de evaluar técnica y económicamente la efectividad de los maduradores empleados en los ingenios de la provincia de Camagüey durante la zafra 2014-2015, se realizó el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los efectos de los maduradores Clethodine (ARROW), Fitomás-M y Glifosato en 279 bloques cañeros con sus testigos correspondientes no tratados, que comprendieron 8679.5 ha y un volumen de 407 883 t distribuidas en ocho Unidades Empresariales de Base (UEB-APA) dedicadas a la producción de caña de azúcar en la provincia de Camagüey(Tabla I).

Tabla I. Áreas evaluadas y volumen de caña cosechada con maduradores y procesada por cada ingenio

UEB-APA	ha aplicadas	t molidas	# de bloques	% del total molido
Ignacio Agramonte	500.78	17844.7	29	4.37
Carlos M. de Céspedes.	1034.57	64037.9	23	15.7
Argentina	606.30	21479.30	37	5.27
Brasil	2110.76	103057.6	52	25.77
Cándido González	100.81	4144.8	6	1.02
Siboney	875.86	44942.3	37	11.02
Panamá	2030.18	90100.9	48	22.09
Batalla de las Guásimas	1420.48	6227.6	47	15.27
Totales	**8679.50**	**407883.0**	**279**	**100**

De cada unidad de producción (bloques) evaluada, se tomaron muestras de tallos en las que se determinaron los sólidos totales (brix), % de pol en caña, % de pureza, % de fibras y se calculó el rendimiento potencial en caña (RPC).Estas evaluaciones fueron realizadas en los laboratorios de cada ingenio, según el Manual de Técnicas Analíticas para laboratorios del Sistema AZCUBA (4). Se compararon los resultados obtenidos en las áreas tratadas y no tratadas y se calcularon los incrementos del rendimiento potencial (RPC). Con estos valores se realizó la evaluación de los resultados, los que se agruparon por ingenio, cepas, maduradores empleados, días promedio entre la aplicación y la cosecha, agrupamientos agro-productivo de suelos, rangos de rendimiento y época de cosecha. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente empleando los paquetes SPSS v13. Una vez comprobada la homogeneidad de la varianza de los datos, mediante la prueba de Levene, se empleó un análisis de varianza de clasificación simple para diseños en bloques totalmente aleatorizados. En caso de existir diferencias entre variables, determinadas por la prueba de F, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$). Para la evaluación económica se tomaron como indicadores los costos de cada producto por dosis aplicada, los costos de aplicación aérea y total por ha y como valor medio $360.00 USD/tonelada de azúcar. Se calcularon los ingresos adicionales por concepto de los incrementos de RPC por ha aplicada, así como la Relación Beneficio/Costo para cada madurador empleado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar los resultados por ingenio, Tabla II, se encontró que hubo diferencias entre ingenios, resultando Brasil el que presentó los mejores resultados mientras que “Ignacio Agramonte” tuvo los peores resultados.

El resto de los ingenios presentaron un comportamiento similar. La acción de los maduradores depende de las características agro-ecológicas de cada región y de la capacidad productiva, muy relacionada esta última, con las propiedades de los suelos y otras condiciones específicas. (2)Cuando se compararon las distintas cepas (Tabla II), se encontró que no hubo diferencias en los incrementos, independientemente de la edad a la que se efectuó la cosecha.

Tabla II. Incrementos de RPC/ha aplicada por ingenios y cepas cosechadas

UEB-APA	Inc/ha aplicada	CEPAS	Edad (meses)	Inc/ha aplicada
Ignacio Agramonte	0.31^{c}	Ret. quedados (RQ)	22-24 meses	0.45
C M. de Céspedes.	0.50^{b}	Primav. quedadas (PQ)	20-22 meses	0.57
Argentina	0.40^{b}	Otras quedadas (OQ)	24-26 meses	0.66
Brasil	0.90^{a}	Retoños (R)	12-13 meses	0.51
Cándido González	0.67^{b}	Socas (S)	11-12 meses	0.58
Siboney	0.44^{b}	Fríos (F)	17-18 meses	0.71
Panamá	0.44^{b}			
Batalla de las Guás.	0.45^{b}			
Medias	**0.52**		**Medias**	**0.52**
Error típico	**0.035**		**Error típico**	**0.035**
F calc	**4.613**		**F calc**	**0.460**
Ft (7/271)	**2.73**		**Ft (5/23)**	**2.26**
Signif.	**p ≤0.01**		**Signif.**	**No significativa**

Medias acompañadas de diferentes letras, difieren entre sí (Tukey, p≤0.05)

Al comparar los maduradores empleados (Tabla III), los tres resultaron similares, aunque el Glifosato presentó incrementos inferiores al Cletodhine y Fitomás-M. Por agrupamientos de suelos (Tabla III), se encontraron diferencias en los incremento obtenidos, resultado coincidente con los reportados en la zafra anterior en el territorio de Camagüey (3). En los agrupamientos Ferralitizados, Ferritizados y Gleyzadossialitizados se presentaron los mayores incrementos, lo que parece indicar que los suelos con más limitaciones, y más propicios a condiciones de "stress", son los que ofrecen mayor respuesta.

Tabla III. Incrementos de RPC/ha aplicada por madurador y agrupamiento agro-productivo de suelos

Maduradores	Dosis (L/ha)	Inc. /ha aplicada	Agrup. Agro-product.	Inc./ha aplicada
Cletodhine	0.275	0.50	Ferralitizados cálcicos (Fc)	0.86^{ab}
Fitomás-M	4.25	0.53	Ferritizados (F)	1.02^{a}
Gliphosato	0.60	0.25	Ferralitiz. cuarcíticos (Fcu)	0.36^{b}
			Fersialitizados cálcicos (Fca)	0.46^{b}
			Sialitizados cálcicos (Sc)	0.49^{b}
			Sialitizados no cálcicos (Snc)	0.41^{b}
			Vertisuelos (V)	0.50^{b}
			Gleyzadossialitizados (Gs)	1.17^{a}
			Gleyzadosferralitizados (Gf)	0.09^{c}
Medias		**0.52**	**Medias**	**0.52**
Error típico		**0.035**	**Error típico**	**0.035**
F calc		**0.40**	**F calc**	**2.89**
Ft (2/276)		**3.04**	**Ft (8/270)**	**2.60**
Signif.		**No significativo**	**Signif.**	**p ≤0.01**

Medias acompañadas de diferentes letras, difieren entre sí (Tukey, p≤0.05)

La evaluación económica realizada (Tabla IV), refleja que los mejores indicadores económicos y productivos se obtienen con la aplicación del Fitomás-M, coincidiendo con los resultados obtenidos el año anterior en la provincia y en otros territorios del país.

Tabla IV. Evaluación económica del empleo de maduradores

INDICADORES	UM	Cletodhine	Gliphosato	Fitomás-M
Dosis media	L/ha	0.275	0.600	4.250
Precio producto	USD/L	18.50	4.85	0.81
Costo producto	USD/ha	5.10	2.91	3.44
Costo aplic. aérea	USD/ha	8.31	8.31	8.31
Costo total aplic.	USD/ha	13.41	11.22	11.75
Inc. RPC/ha aplicada	t/ha	0.50	0.25	0.53
Área tratada	ha	2154.72	160.13	6364.62
Increm. RPC	t	1077.36	40.03	3373.25
Ingresos adicion. RPC*	USD	387849.6	14410.08	1214370.00
Ganancia /ha	**USD**	**180.00**	**89.99**	**190.80**
Rel. Benef./costo	**USD**	**13.42**	**8.02**	**16.24**

* **Precio estimado de 360 USD/ t de azúcar**

CONCLUSIONES

- Los maduradores empleados de forma general ofrecen buenos resultados en cuanto al incremento de los indicadores industriales relacionados con la calidad de la materia prima en todos los ingenios, aunque el comportamiento entre éstos fue desigual.
- Al comparar los productos empleados se obtuvo que los tres resultaron similares, siendo el Gliphosato el que presentó los menores incrementos. Se encontró que los mayores incrementos se obtuvieron en los agrupamientos de los Ferritizados, Ferralitizados cálcicos y los Gleyzadossialitizados, el resto presentaron un comportamiento similar. Por cepas no se obtuvo diferencia en la respuesta.
- La evaluación económica determinó que todos los productos y dosis empleadas brindaron ganancias, obteniéndose las mayores relaciones beneficio/costo con el empleo de Fitomás-M.

REFERENCIAS

1- Romero, G.R.; Scandaliaris, J; Olea; Sotillo, I. Maduración química de la caña de azúcar. Gacetilla Industrial #58. Tucumán Argentina. (2007). pp 1-3.
2- Zuaznábar R. y Martínez, C. Estado del arte del empleo de los maduradores en al mundo. Presentación a evento sobre maduradores INICA. 64 diapositivas (2013)
3- García1 E.; Valladares1 F. y col. Evaluación del empleo de maduradores en la zafra 2013-2014 en las UEB-APA de la Empresa Azucarera Camagüey. Fórum Ramal de Ciencia y Técnica. Camagüey, (2014). 16 pp.

EFECTIVIDAD DE MODDUS CE 25 (TRINEXAPAC-ETHYL) COMO MADURADOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN VILLA CLARA EN LA ZAFRA 2014-2015

EFFECTIVENESS OF MODDUS EC 25 (TRINEXAPAC-ETHYL) AS SOAKER OF SUGARCANE IN VILLA CLARA IN THE 2014-2015 SEASON

Inoel García Ruiz, Maritza Sánchez Ortiz, Roger Carmona Pérez, Yoel Navarro Fuentes, Félix Díaz Mujica, Manuel Hernández Mora y Alberto Linares Herrera.

Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara. Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara. Teléfono: 452178. email: inoel@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

En la zafra 2014 - 2015 en Villa Clara se aplicaron 2028.8 litros de Moddus CE 25, dosis de 0.75 L ha^{-1} p.c., 2705.1 ha aplicadas y rendimiento agrícola promedio de 47.7 t ha^{-1} en 10 cultivares de caña de azúcar. También se aplicaron 593.1 ha con Arrow CE 24 a 0.33 L ha^{-1} p.c. y 81.8 ha de Fitomas-M a 4 L ha^{-1} p.c. Los análisis de laboratorio de plantones con madurador y del testigo indican que, en la UEB Heriberto Duquesne, Moddus CE 25 y Arrow CE 24 alcanzaron resultados similares en pol, rendimiento potencial cañero (RPC) y azúcar adicional por tonelada de caña tratada. En la UEB Ifraín Alfonso Moddus CE 25 fue superior a los otros dos maduradores en pol, RPC y azúcar adicional por tonelada tratada. En ambos centrales Moddus CE 25 y Arrow CE 24 superaron a Fitomas-M.
Palabras clave: madurador, caña de azúcar.

ABSTRACT

In the harvest, 2014 - 2015 in Villa Clara province, 2028.8 liters of Moddus EC 25 dose of 0.75 L ha^{-1} p.c. 2705.1 ha and average of cane yield of 47.7 t ha-1 in 10 varieties of sugarcane were applied. In another hand, 593.1 ha were applied with Arrow EC 24 to 0.33 L ha^{-1} pc and 81.8 ha with Fitomas-M to 4 L ha^{-1} p.c. too. Laboratory analysis showed that the sugar mill Heriberto Duquesne, Moddus EC 25 and Arrow EC 24 reached similar results in pol, sugarcane potential (RPC) and added sugar per ton of cane processed performance. In the central Ifraín Alfonso Moddus EC 25 it was superior to the other two soakers in pol, RPC and extra sugar per treated ton. In both localities Moddus EC 25 and Arrow EC 24 were superior to Fitomas-M.
Keys word: maturity, sugarcane

INTRODUCCIÓN

Moddus CE 25 (trinexapac-ethyl) es un producto sistémico, regulador del crecimiento de la caña de azúcar. Echeverría (2013) considera que para la maduración de la caña de azúcar debe ocurrir una reducción de la tasa de crecimiento que favorezca la acumulación de los azúcares producidos durante la actividad fotosintética. Moddus CE 25 no causa daños irreversibles a los tallos porque no afecta la yema apical ni hay emisión de hijos aéreos, pero reduce la tasa de crecimiento y favorece la maduración.
El objetivo de la aplicación extensiva de Moddus CE 25 durante la zafra 2014 - 2015 fue evaluar su efecto sobre los indicadores del contenido azucarero del jugo de la materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Unidad Empresarial de Base (UEB) Heriberto Duquesne (HD) se aplicó Moddus CE 25 a 1294.8 ha a 0.75 L ha^{-1} p.c., Arrow CE 24 en 283.6 ha a 0.33 L ha^{-1} p.c. y Fitomas-M en 26.5 ha a 4.0 L ha^{-1} p.c., con la

participación de nueve (C1051-73, C323-68, C86-12, C86-156, C86-56, C89-147, C89-161, CP52-43, SP70-1284), dos (SP70-1284 y C323-68) y uno (C323-68) cultivares de caña de azúcar por producto, respectivamente.

Los estudios realizados fueron: Contenido azucarero del jugo de caña tratada con Moddus CE 25 y del testigo no tratado en las UBPC Guajabana sobre un Vertisol y en la UBPC Carrillo en un Ferralítico Rojo (Hernández y col., 2015), de elevado contenido de arcillas tipo 2:1 (Martínez-Fernández, 1995) y de tipo 1:1 Ibáñez (2013), respectivamente, determinan sus diferencias en la retención de humedad. Análisis en laboratorio del jugo del primer molino procedente de caña tratada con Moddus CE 25 y del testigo no tratado durante 6 días consecutivos. Muestreos rutinarios de plantones tratados con Moddus CE 25, Arrow CE 24 y Fitomas-M y análisis del jugo en laboratorio.

En la UEB Ifraín Alfonso (IA) se aplicó Moddus CE 25 en 735.4 ha a 0.75 L ha^{-1} p.c., Arrow CE 24 en 309.5 ha a 0.33 L ha^{-1} p.c. y Fitomas-M a 4 L ha^{-1} p.c. en 55.3 ha, en 7 (C1051-73, C86-12, C86-156, C90-530, C89-147, C89-161, SP70-1284), 5 (C1051-73, C323-68, C86-12, C86-156, C89-147) y 1 (C1051-73) cultivares de caña de azúcar por producto, respectivamente. En este caso sólo se realizaron los muestreos de plantones de los tres maduradores y del testigo no tratado.

Se realizaron análisis de varianza simples y prueba Tukey al 5 %. Se realizó una evaluación económica basada en el azúcar adicional producido sobre el testigo no tratado por madurador a partir de los resultados de los análisis de laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de pol de los tallos tratados con Moddus CE 25 en la UEB HD mostró incrementos sobre el testigo desde los 30 y hasta 60 días de la aplicación, alcanzando la máxima diferencia a los 30 y 45 días de la aplicación en el Vertisol y Ferralítico Rojo, respectivamente (Tabla 1). En el Vertisol la diferencia de pol entre Moddus CE 25 y el testigo fue mayor que en el Ferralítico Rojo porque, en el primer caso, la humedad se mantuvo relativamente alta durante el estudio debido a las características de alta retención del suelo y por 55 mm de lluvias caídos a inicios de enero, condiciones inapropiadas para la maduración natural pero propicias para la maduración artificial. Por el contrario, en el suelo Ferralítico Rojo las condiciones edáficas favorecen la concentración de azúcares por el buen drenaje y baja retención de humedad que lo mantiene, por lo general, con poca humedad lo que atenuó la influencia del madurador y favoreció la maduración en el testigo. En ningún caso la diferencia de pol entre tratamientos fue significativa.

Tabla I. Dinámica de pol por tratamientos y suelos

UBPC	Suelo	Cultivar	Tratamiento	Días de la aplicación				
				0	15	30	45	60
Guajabana	Vertisoles	C1051-73	Moddus CE 25	17.80	19.20	21.94	20.50	19.67
			Testigo	17.80	19.32	20.92	19.90	19.20
			Diferencia	**0**	**- 0.12**	**1.02**	**0.60**	**0.47**
Carrillo	Ferralítico Rojo	C1051-73	Moddus CE 25	18.64	19.92	20.73	21.10	21.25
			Testigo	18.64	20.00	20.62	20.80	21.10
			Diferencia	**0**	**- 0.08**	**0.11**	**0.30**	**0.15**

El jugo del primer molino procedente de caña tratada con Moddus CE 25 la UEB HD, como promedio de los 5 días de muestreo, superó significativamente y en más de un entero los valores de brix, pol y RPC comparado con el jugo del testigo no tratado (Tabla II). La diferencia de pureza del jugo entre tratamientos no fue significativa.

Los resultados anteriores demuestran que Moddus CE 25 mejoró notablemente la calidad del jugo respecto a los tallos que no recibieron la aplicación del producto, y por tanto, incrementó las potencialidades de la fábrica para extraer más azúcar y elevar su eficiencia.

En la UEB HD la diferencia del incremento sobre el testigo del brix, pol, RPC, azúcar adicionaL ha-1 y por tonelada de tallos tratados entre los Moddus CE 25 y Arrow CE 24 no fue significativa y ambos superaron a Fitomas-M, mientras en la UEB IA Moddus CE 25 fue mejor que los otros dos maduradores en los indicadores mencionados. La diferencia por localidad puede asociarse a factores determinantes de la maduración natural como la retención de humedad del suelo y las precipitaciones. En la UEB HD el 36 % de las aplicaciones de maduradores se realizó en suelos de baja retención de humedad, lo que unido a las pocas precipitaciones desde septiembre a diciembre, con sólo el 56 % de la lluvia histórica para la etapa, pudo favorecer la concentración natural de azúcares y atenuar la influencia de los maduradores. En el caso de la UEB IA los suelos predominantes son de media a alta retención de humedad, lo que reduce la maduración natural por alta humedad y por tanto, la acción madurante de los productos aumentó (Tabla III). Gheler (2012) señala que en Brasil el equilibrio para pagar los gastos de producción de azúcar es de 0.08 % de incremento de pol en caña.

Tabla II. Resultados de los análisis al jugo del primer molino

Tratamientos	Indicadores			
	Brix	Pol	Pureza	RPC
Moddus CE 25	18.8 a	16.2 a	86.4	11.4 a
Testigo	17.1 b	14.4 b	84.9	10.0 b
E. E.	0.75	0.35	NS	0.47

Tabla III. Indicadores promedio

Productos	Indicadores de laboratorio. H. D.					Indicadores de laboratorio. I. A.				
	Brix	Pol	RPC	*AA ha^{-1} tratada	AA t^{-1} caña tratada	Brix	Pol	RPC	AA ha^{-1} tratada	AA t^{-1} caña tratada
Moddus CE 25	1.9 a	1.8 a	1.28 a	0.60 a	0.013 a	1.09 a	1.09 a	0.90 a	0.40 a	0.009 a
Arrow CE 24	1.9 a	1.7 a	1.32 a	0.53 ab	0.013 a	0.52 b	0.90 b	0.75 b	0.32 b	0.007 b
Fitomas-M	1.0 b	0.9 b	0.63 b	0.45 b	0.006 b	0.27 c	0.15 b	0.52 b	0.23 c	0.006 b
E. E.	0.15	0.21	0.88	0.12	0.10	0.22	0.33	0.65	0.18	0.11

AA.: Azúcar adicional sobre el testigo no tratado.

El tiempo transcurrido entre la aplicación de los maduradores y la cosecha es un factor determinante del aprovechamiento de las potencialidades del producto, por cuanto, cada uno tiene un período óptimo para la cosecha. En ambas UEB el incremento de RPC sobre el testigo demostró que Moddus CE 25 tiene un período óptimo de cosecha que puede prolongarse hasta 70 días de la aplicación, a partir del cual disminuyó la diferencia respecto al testigo como una indicación de pérdida de efectividad del producto (Figura 1). Arrow CE 24 alcanzó el máximo aumento sobre el testigo en la cosecha entre 41 y 50 días de la aplicación, lo que ratifica el período óptimo de cosecha establecido para este producto. Estos resultados demuestran que Moddus CE 25 es un madurador muy flexible en cuanto al momento de la cosecha, con un período de corte desde 30 hasta 70 días de la aplicación con resultados sostenidos de RPC superiores al testigo no tratado, lo cual se debe a que logra

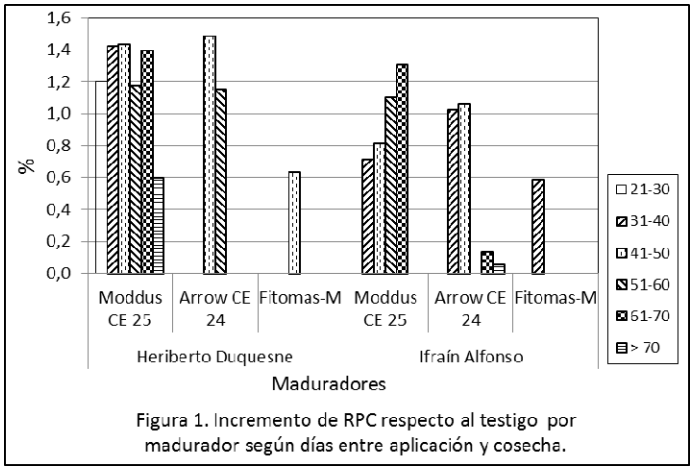


Figura 1. Incremento de RPC respecto al testigo por madurador según días entre aplicación y cosecha.

la maduración por su acción fisiológica y no traumática sobre los tallos, siendo el producto ideal para zonas donde la cosecha puede atrasarse por exceso de humedad en el suelo.

La evaluación económica (Tabla V) indica que Moddus CE 25 fue el madurador de mayor ganancia por el azúcar adicional producido sobre el testigo y de la tasa de retorno en el central Ifraín Alfonso y ocupó la segunda posición detrás de Arrow CE 24 en Heriberto Duquesne, mientras Fitomás-M fue tercero en ambas localidades.

Tabla V. Evaluación económica

Indicadores	Heriberto Duquesne			Ifraín Alfonso		
	Moddus CE 25	Arrow CE 24	Fitomas-M	Moddus CE 25	Arrow CE 24	Fitomas-M
Tasa cambio CUP/USD	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Producto consumido (L ha^{-1})	0,8	0,3	4,0	0,8	0,3	4,0
Precio producto (USD/L)	38,2	18,0	2,3	38,2	18,0	2,3
Costo aplicación y producto (CUP ha^{-1})	899,9	342,6	428,9	899,9	342,6	428,9
Rendimiento agrícola promedio (t ha^{-1})	47,3	39,2	71,3	50,4	50,0	32,3
Costo cosecha y transporte (CUP ha^{-1})	898,7	744,8	1354,7	957,6	950,0	613,7
Costo total (CUP ha^{-1})	1798,6	1087,4	1783,6	1857,5	1292,6	1042,6
Azúcar adicional (t ha^{-1})	0,61	0,51	0,43	0,45	0,30	0,23
Precio azúcar (USD t^{-1})	273,2	273,2	273,2	273,2	273,2	273,2
Ingresos azúcar adicional (CUP)	4000,2	3344,5	2819,8	2951,0	1967,3	1508,3
Ganancia azúcar adicional (CUP)	2201,6	2257,0	1036,2	1093,5	674,7	465,7
Tasa retorno (CUP ingreso/CUP invertido)	2,22	3,08	1,58	1,59	1,52	1,45

CONCLUSIONES

1. Moddus CE 25 a 0.75 L ha^{-1} p.c. alcanzó valores de brix, pol y RPC del jugo superiores a Arrow CE 24 y Fitomas-M en condiciones climáticas y edáficas desfavorables a la maduración natural de la caña de azúcar.
2. Moddus CE 25 a 0.75 L ha^{-1} p.c. mostró un período de cosecha más amplio que Arrow CE 24, lo que lo convierte en un madurador más flexible e idóneo para zonas con dificultades potenciales para realizar la cosecha en el momento planificado.
3. Moddus CE 25 aportó la mayor ganancia por el azúcar adicional producido y la tasa de retorno por CUP invertido en la localidad con suelos de mayor retención de humedad y se situó en una posición intermedia entre el estándar Arrow CE 24 y Fitomas-M en el ambiente más seco.

REFERENCIAS

1. Echeverría, L. (2013). Moddus: Maduración y transformación de azúcares. Conferencia en Power Point. Syngenta. La Habana.
2. Gheler, A. C. A. (2012). Moddus en caña de azúcar. Aspectos de la maduración fisiológica de los tallos y uso de maduradores en caña de azúcar en Brasil. Sao Paulo, Brasil. 87 pp.
3. Hernández, Jiménez, A. ; Pérez, J. M:, Bosch Infante , D.; Castro Speck, C. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 91 pp.
4. Ibáñez, J. J. y Manríquez, F. J. (2013). Nitisoles. En: www.Madrimasd.org/blogs/universo.
5. Martínez-Fernández (1995). Medida de curvas de retención de humedad en laboratorio y su estimación. En línea http://www.UF abe.uf.edu/carpena.

INTERACCIÓN *GLUCONACETOBACTER DIAZTROPHICUS-SACCHARUM* SPP. Y COLONIZACIÓN EN FLUJO PRODUCTIVO DE SEMILLA

INTERACTION *GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS-SACCHARUM* SPP. AND COLONIZATION IN SEED PRODUCTIVE FLUX

Mario Alberto Casas[1], Juana Pérez[1], Dolores Piñón[1], María de la Luz La O[1] y María Estrella Legaz[2].

1.- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba. mcasas@inica.azcuba.cu

2.- Universidad Complutense, Madrid, España.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio para profundizar en la interacción asociativa de este endófito bacteriano con la caña de azúcar enfocado a la proteómica, lo que produjo una expresión diferencial de seis enzimas con respecto al control no inoculado las cuales fueron secuenciadas e identificadas. Paralelamente se emprendió un estudio para obtener un método de obtención de vitroplantas inoculadas con este endófito en flujo de productivo de biofábricas, lográndose por intervención al final de la fase de enraizamiento, confirmándose la efectividad por vía molecular.

ABSTRACT

A study was carried out on proteomics to deepen on the associative interaction between this bacterial endophyte and sugar cane, resulting in a differential expression of six proteins in comparisón with controls not inoculated. Also an experiment in productive flux was performed to obtain colonized sugar cane vitroplants resulting in an effective method when temporal inmersión biorreactors were inoculated in late rooting phase.

Palabras clave: *G. diazotrophicus*, caña de azúcar, interacción, colonización.

Key words: *G. diazotrophicus*, sugarcane, interaction, colonization.

INTRODUCCIÓN

Gluconacetobacter diazotrophicus constituye un modelo de asociación entre un micoorganismo diazotrofo y una monocotiledónea. Esta bacteria puede excretar hasta un 50% del dinitrógeno atmosférico fijado (MuñózRojas *et al.,* 2003), aportando así niveles de nitrógeno a los procesos biosintéticos de la caña de azúcara, además de cumplir con otras funciones que incluyen: interacción con patógenos y producción de fitohormonas, contribuyendo al incremento de resistencia a enfermedades y promoción del crecimiento de la planta (Pérez *et al.,* 2009).Profundizar en aspectos que inciden en esta asociación, así como la obtención de un método de inoculación en flujo productivo biotecnológico de semilla, con vistas a su utilización en estrategias de manejo integrado que contribuyan a la sostenibilidad de los agroecosistemas cañeros, constituyó el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios de interacción planta/microorganismo se realizaron a partir de yemas de caña de azúcar del cultivar Ja60-5, las que fueron lavadas con agua corriente y saneadas por tratamiento hidrotérmico a 50.5^0C durante 2 horas. Posteriormente se colocaron en bandejas con vermiculita estéril y se regaron con solución

Hoagland (Lincoln y Zeiger, 2006), manteniendo un lecho húmedo a una temperatura promedio de 30 ^{0}C. Después de brotadas las yemas y con presencia de raíces se realizaron heridas superficiales con un bisturí y se sumergieron durante 30 minutos en una suspensión bacteriana de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (cepa 166-INICA) con concentración de 2.8 x 10^{8} UFC.mL^{-1} en medio de cultivo Papa-P y a continuación se plantaron en macetas con suelo estéril. Se mantuvieron plantas no inoculadas como controles.

Para el estudio de proteómica se tomaron muestras de raíces a los 20 días de inoculadas, procediéndose al aislamiento y purificación de proteínas mediante electroforesis bidimensional en gel de poliacrilamida acorde al procedimiento descrito en el protocolo del Centro de Proteómica de la Universidad Complutense de Madrid (2011). Las proteínas que se expresaron diferencialmente se purificaron y caracterizaron por su peso molecular mediante cromatografía de exclusión molecular en columnas cromatográficas con Sephadex G-10, G-50 y las secuencias aminoacídicas se compararon con secuencias de referencia de los clusters de proteínas en la base de datos GenBank, lo que permitió identificarlas y definir sus funciones.

Para el estudio de método de inoculación de vitroplantas en flujo productivo se utilizaron por separado las cepas 166-INICA y Pal5 (patrón) de *G.diazotrophicus* procedentes del cepario del INICA. El cultivar comercial utilizado fue C1051-73. Los inóculos se crecieron en medio Papa-P líquido hasta concentración del orden 10^{8} ufc.mL^{-1}, utilizándose volúmenes de 25µL, 50µL, 2mL, 4mL, 20mL y 100mL en fase de enraizamiento en producción escalada mediante biorreactores de inmersión temporal con régimen de 8 inmersiones cada 24 horas e inoculaciones a diferentes tiempos de comenzada esta fase. El criterio adoptado para efectividad del método fue presencia de la bacteria en hoja, tallo y raíz, confirmándose a la salida de la fase de aclimatización por amplificación del gen 23S ARNr mediante reacción en cadena de la polimerasa (RCP) utilizando los cebadores específicos 5´-GTTGGCTTAGAAGCAGCC-3´ y 5´-TGCGGCAAAAGCCGGAT-3' (Kirchhof *et al.*, 1999). El ADN de las muestras de extrajo según protocolo de Aljabi, 2005. El resultado de la RCP se corrió en gel de agarosa al 0.8%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El perfil proteómico permitió identificar y determinar las funciones de seis proteínas que se expresaron de manera diferencial en relación al control de un total de 58. (Fig. 1) (Tabla I).

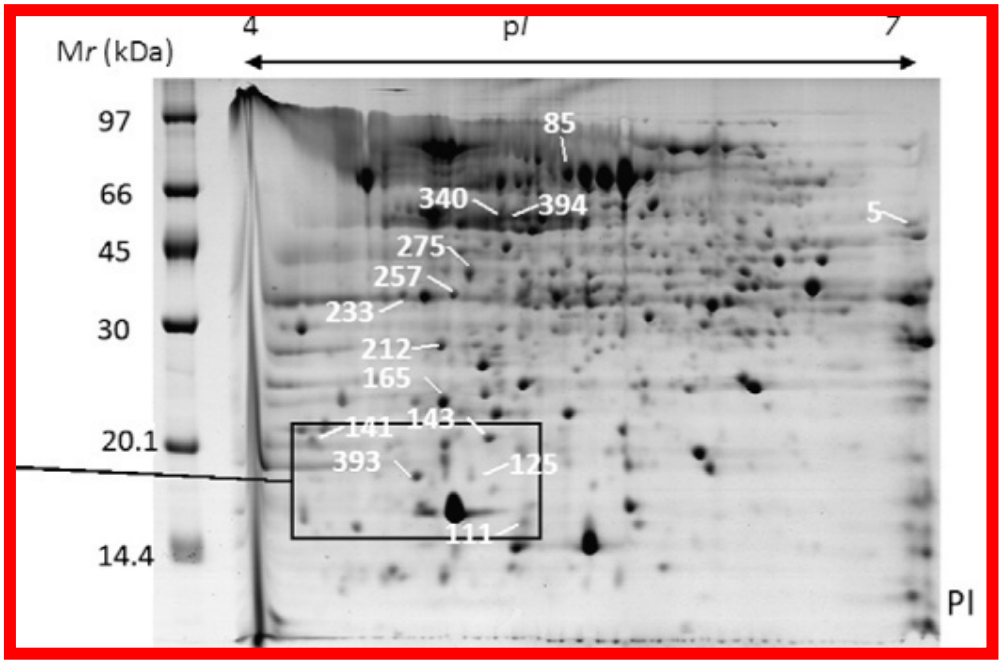


Fig. 1 Electroforesis bidimensional en gel de poliacrilamida mostrando 58 proteínas, seis de ellas expresadas de forma diferencial (recuadro).

Tabla I Identificación y función de proteínas expresadas diferencialmente en la interacción *G. diazotrophicus*-caña de azúcar en el cultivar Ja60-5.

Cluster	Proteína	función	Peso molecular	Secuencia peptídica
SCJFLR1013F02.g	Glutamatoamonioliasa	Metabolismo de aminoácidos	41	HKEHIAAYGEGNER
SCCCLR1072E07.g	Ascorbatoperoxidasa	Respuesta a estrés	27	SGFEGAWTTNPLVFDNSYFK
SCVPLR1049C09.g	Control de la división celular	División celular, transporte, estrés, comunicación celular	90	IVSQLLTLMDGLK, AHVIVMGATNRPNSIDPALR, ETVVEVPNVSWEDIGGLENVKR, AFEEAEKNAPSIIFIDEIDSIAPKLVLPGEL AK, QVHPDIGISSK, SVETYKIYIFK
SCBGLR1002A05.g	Histona H3.3, proteína de resistencia a enfermedades	Dinámica celular, estrés, metabolismo del DNA	19	STELLIR, VLSHSSLKGRGGYGGCSVSMEDLD VVR
SCJFRT1007A12.g	Receptor de etileno	Crecimiento y desarrollo, comunicación celular	85	EIASWLLILSMVVFVSPVLAINGGGYPR
SCCCLR1C06C11.g	ATP citrato liasa	Metabolismo de lípidos	66	AGKDLVSSLVSGLLTIGPR

La acción de algunas de las enzimas que se expresaron de forma diferencial a nivel de raíz, están relacionadas con funciones tan importantes como crecimiento y desarrollo, respuesta a estreses, comunicación celular, metabolismo, etc., todo lo cual contribuye al mejor desarrollo y sanidad de la planta. Efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas relacionados con la fijación de nitrógeno, la producción de fitohormonas después de la inoculación de *G.diazotrophicus* han sido informados por diferentes autores (Muños, 2005; Perez *et al.*, 2009, Eskin, *et al*., 2014).

Los resultados de las diferentes variantes de inoculación de vitroplantas realizadas en los BITs en flujo productivo de biofábrica se presentan en la Tabla II.

Tabla II Colonización de vitroplantas de C1051-73 por inoculación de las cepas 166-I y Pal5 de *G. diazotrophicus* en fase de enraizamiento inicial, intermedia y final en biorreactores de imersión temporal.

		Al inicio			**A los 6 días**			**A los trece días**		
Inóculo	**Cepas**	**H**	**T**	**R**	**H**	**T**	**R**	**H**	**T**	**R**
25 µL	**166-I**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pal5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50 µL	**166-I**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pal5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 mL	**166-I**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pal5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 mL	**166-I**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pal5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20 mL	**166-I**	-	-	-	-	-	+	-	+	+
	Pal5	-	-	-	-	-	-	-	-	+
100 mL	**166-I**	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	Pal5	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Leyenda: H-hoja; T-tallo; R-raíz; (-) no colonización; (+) colonización

Todas las variantes se comprobaron por RCP produciendo solamente banda específica de 411 pb para la especie los tratamientos positivos. La figura 2 muestra el caso de inoculación efectiva obtenido con volumen de inóculo de 100 mL con inoculación a los 13 días de comenzada la fase de enraizamiento en BITs.

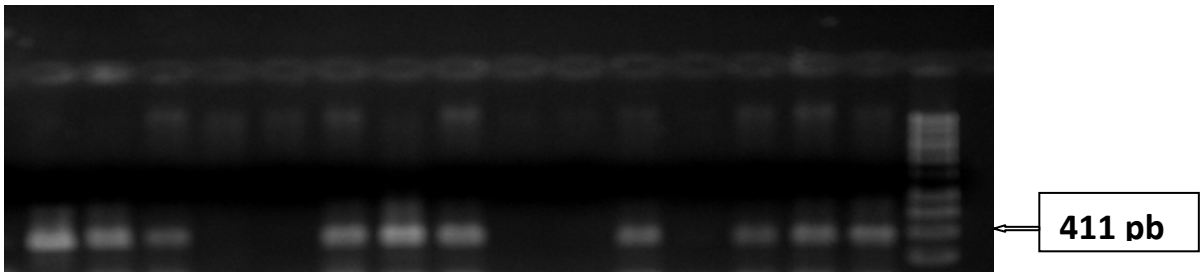


Fig. 2 Bandas de amplificación del gen 23S ARNr con cebadores específicos en hoja, tallo y raíz en el cultivar C1051-73, volumen de inóculo 5% (100 mL) *G. diazotrophicus* cepa 166-I concentración 10^8 ufc.mL^{-1}en fase en enraizamiento 48 horas a término. R (raíz), C (controles), T (tallo), H (hoja), MM (marcador molecular).

Debido al incremento de los costos y efectos negativos sobre el medioambiente asociados con los fertilizantes nitrogenados, además de los efectos negativos en los suelos y rendimientos resultado de prácticas continuas de monocultivo, como es el caso de la caña de azúcar, es un imperativo utilizar de modo apropiado procesos naturales como la fijación bilógica del nitrógeno especialmente cuando grandes extensiones están sometidas a las prácticas antes mencionadas. La obtención de semilla con valor agregado por incorporación de *G. diazotrophicus* se vislumbra como una alternativa a incluir dentro de las estrategias del manejo integrado de este cultivo.

CONCLUSIONES

1.- La interacción asociativa de este endófito con el cultivar Ja60-5 de caña de azúcar mostró una expresión diferencial a nivel de raíz por inducción de seis proteínas enzimáticas, las cuales se secuenciaron e identificaron.

2.- Un método de inoculación efectivo de semilla biotecnológica de caña de azúcar fue obtenido mediante inoculaciones en biorreactores de inmersión temporal en fase de enraizamiento terminal con el cultivar C1051-73.

REFERENCIAS

1. Muñoz Rojas, J. y Caballero Mellado, J**.**, *Microbial Ecology*, 46, 454-464.
2. Pérez A., Rojas J., Valle H. (2009). Revista colombiana ciencia animal, 2: 286-301. 2003
3. Lincoln Taiz y Zeiger, Eduardo. 2006. Fisiología Vegetal. Volumen 1. Publicaciones de la Universitat Jaume I, D.L. ISBN 978-84-8021-601-2.
4. Kirchhof, G., J. I. Baldani, V. M. Reis, and A. Hartmann.Can. J.Microbiol. 44:12-19. 1998.
5. Aljanabi, S. M., L. Forget and A. Dookun. Plan Molecular Biology Reporter 17: 1-8. 1999.
6. Eskin, N., K. Vessey y L. Tian. 2014. International Journal of Agronomy. Volume 2014 (2014). Article ID 208383. 13 págs.

EFECTOS DE LA INOCULACIÓN DE *Gluconacetobacter diazotrophicus* SOBRE *Saccharum* spp.

EFFECTS OF *Gluconacetobacter diazotrophicus INOCULATION ON Saccharum* spp.

Dolores Piñón[1], Jesús Piña[2], Mario Casas[1] y Juana Pérez[1] dpinon@inica.azcuba.cu

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera del CAI Martínez Prieto, km 2 ½, Boyeros, La Habana, Cuba

2. Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Programa Educativo de Agrobiotecnología. Prolongación Reforma 168, Barrio de Santiago Mihuacán CP 74420, Izúcar de Matamoros, Puebla.

Resumen

Se evaluó el efecto de *Gluconacetobacter diazotrophicus. (Gd)* aislada de raíces de caña de azúcar, sobre la actividad de enzimas hidrolíticas y variables de crecimiento. Los resultados demostraron que Gd produce un aumento en la actividad de las enzimas hidrolíticas posiblemente relacionadas con la penetración de la bacteria y posee la capacidad de incrementar el número de brotes, el peso de los tallos y la altura.

Palabras claves: ***Gluconacetobacter diazotrophicus, Saccharum* spp.**

Abstract

It was evaluated the effect of *Gluconacetobacter diazotrophicus. (Gd),* isolated from roots of sugarcane, over hydrolytic enzymes activity and plant growth variables. The assays developed demonstrated that Gd produce an increment in hydrolytic enzymes related with the penetration process and has the capacity to increase the number of shuts, weight and height of the plants.

Key words: *Gluconacetobacter* ***diazotrophicus, Saccharum* spp.**

Introducción

Bacterias de *Gluconacetobacter* spp. han sido identificadas como microorganismos endófitos de la caña de azúcar, especialmente *Gluconacetobacer diaztrophicus* (Gd). Este género bacteriano perteneciente a la familia *Acetobacteraceae,* subclase a-Proteobacteria (Fuentes *et al*., 1999), posee un papel beneficioso en el metabolismo nitrogenado del vegetal. Su descubrimiento abrió un nuevo capítulo en la fijación de nitrógeno en plantas no leguminosas, potencial que se amplió cuando se demostró que libera hasta el 50 % del nitrógeno fijado y produce diversas auxinas, principalmente ácido indolacético y citocinas. Por lo anterior, resulta de interés profundizar en los aspectos que inciden en la asociación de Gd con plantas de caña de azúcar en aras de su posible utilización como biofertilizante lo que contribuirá a la sostenibilidad de los agroecosistemas. En el presente trabajo, se evaluó el efecto fisiológico y bioquímico de *Gluconacetobacer diazotrophicus* sobre plantas de caña de azúcar.

Materiales y Métodos

La fase experimental de este trabajo se realizó en las áreas experimentales del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), de la Universidad Tecnológica Izúcar de Matamoros (UTIM) del estado de Puebla, México y de la Universidad Complutense de Madrid, España bajo el amparo de un convenio de colaboración interinstitucional (2011-2014).

Para los ensayos in vitro se emplearon yemas de caña de azúcar del cultivar Ja60-5, las que fueron lavadas con agua corriente y saneadas por tratamiento hidrotérmico a 50.5^{0}C durante 2 horas. Posteriormente, se colocaron en bandejas con vermiculita estéril y se regaron con solución Hoagland (Lincoln y Zeiger, 2006), manteniendo un lecho húmedo a una temperatura promedio de 30 ^{0}C. Después de brotadas las yemas y con presencia de raíces se realizaron heridas superficiales con un bisturí y se sumergieron durante 30 minutos en

una suspensión bacteriana de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (cepa cubana 166-INICA) con concentración de 2.8 x 10^8 UFC.mL^{-1} en medio de cultivo Papa-P y a continuación se plantaron en macetas con suelo estéril. Se mantuvieron plantas no inoculadas como controles. A los 10 días después de la inoculación se tomaron muestras de raíces de estas plantas y se colocaron en eppendorf conteniendo Formaldehido-Alcohol- Ácido acético (FAA) en proporción 1:1:3. Las muestras fijadas en FAA fueron incluidas en resina epóxica acorde a la metodología empleada en el Centro de Microscopía de la Universidad Complutense de Madrid (2010), teñidas con azul de toluidina al 0,1%% y observadas al microscopio óptico Nikon Eclipse (Japón).

Para la determinación de la actividad de las enzimas hidrolíticas endoglucanasa (EG), endopolimetilgalacturonasa (EPMG) y endoxiloglucanasa (EXG), se tomaron muestras de raíces de cuatro plantas al azar a los 10, 15 y 20 días después de la inoculación. La actividad enzimática se determinó por el método de Rejón-Palomares (1996) y se expresó como unidades de actividad enzimática por mg de proteína (unidades x mg^{-1} de proteína). Se realizaron tres réplicas por cada extracción. Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon a través de la prueba Tuckey para un grado de significación de $p \leq 0.05$.

Paralelamente se evaluó el efecto de *Gluconacetobacter diazotrophicus* sobre plantas de caña de azúcar *in vivo* bajo diferentes variantes de inoculación en áreas experimentales de la Universidad Tecnológica Izúcar de Matamoros. La primera de ellas consistió en inoculación previo a la siembra, sumergiendo la semilla por espacio de 20 minutos en una solución que contenía 2.2 x10^8 UFC, en este caso no se realizó fertilización y se realizó el análisis comparativo contra un control no inoculado. La segunda variante consistió en inocular las plantas a los 10 días post-germinación con 50 ml de una solución que contenía 6.5 x 10^8 UFC/ml aplicados sobre el suelo en la base del tallo, en este caso se disminuyó la fertilización química en un 70% comparando contra un control negativo no inoculado y contra un control positivo con fertilización química acorde a lo recomendado por las normas de fertilización para este cultivo en las zonas cañeras del estado de Puebla (Ingenio Atencingo, 2010). Al cabo de 14 meses se eligieron 10 macollos completamente al azar y se midieron, para ambos esquemas de inoculación, las variables altura, grosor de tallo, peso individual y número de brotes.

Resultados y Discusión

La actividad de las tres enzimas hidrolíticas (celulasas y pectinasas) expresadas a nivel raíz mostró un aumento estadísticamente significativo con respecto al control no inoculado. La actividad endoglucanasa tuvo un aumento estadísticamente significativo a los 20 días de inoculadas las plantas. La actividad endopolimetilgalacturonasa tuvo un aumento significativo a los 10 días y aunque decrece a los 15 y 20 días, sigue siendo estadísticamente superior a las plantas no inoculadas. En cuanto a la actividad endoxiloglucanasa mostró un aumento progresivo a los 10, 15 y 20 días después de inoculadas (Tabla I).La importancia de las enzimas hidrolíticas celulasas, hemicelulasas y pectinasas en los procesos de penetración de *Rhizobium* y *G. diazotrophicus* en las raíces de las plantas ha sido demostrado por diferentes autores (Mateos *et al.*, 2001; Adriano-Anaya *et al.*, 2006). Estas enzimas hidrolizan la celulosa y la pectina, heteropolisacáridos componentes de la pared celular vegetal, resultando el aumento de su actividad en una mejor toma de nutrientes por la raíz (Archna *et al.*, 2005).

Tabla I. Actividad de enzimas hidrolíticas expresadas a nivel de raíz en plántulas de caña de azúcar del cultivar Ja60-5. Letras diferentes indican diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

Tratamientos	endoglucanasa (EG) unidades x mg^{-1} de proteína			endopolimetilgalacturonasa (EPMG) unidades x mg^{-1} de proteína			endoxiloglucanasa (EXG) unidades x mg^{-1} de proteína		
	10 días	15 días	20 días	10 días	15 días	20 días	10 días	15 días	20 días
Controles	443 d	789 c	896 b	238 ab	201b	285a	866c	890c	993b

Inoculadas *Gd*	450 d	766c	914 a	295 a	131c	234ab	940bc	966b	1045a

Los cortes de raíces de las plántulas de Ja60-5 fijados en resina epóxica muestran la presencia de la bacteria tanto extra como intracelularmente (Figura 1), lo que evidencia la estrecha interacción que este endófito puede establecer con su planta hospedera. Entre *Gluconacetobacter diazotrophicus* y la caña de azúcar existe una asociación simbiótica especial conocida como endofitismo obligado caracterizado por la colonización no invasiva del citoplasma de las células vegetales por las bacterias, la ausencia de tejidos especializados y una estricta necesidad por parte del microorganismo del ambiente proporcionado por las raíces de la planta para poder vivir (Muthukumarasamy *et al.*, 2002).

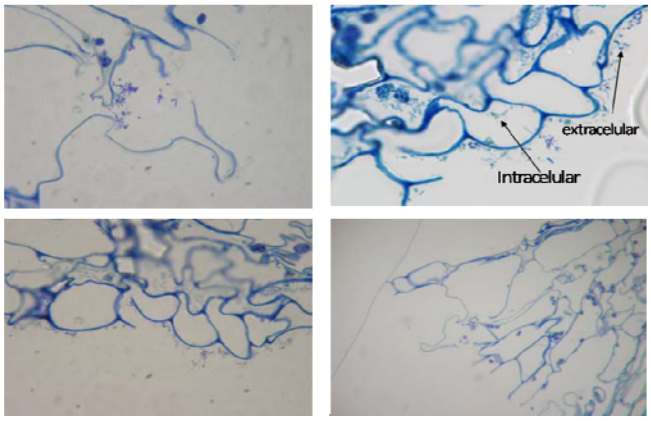


Fig. 1. **Cortes histológicos de raíces de plántulas de caña de azúcar incluidas en resina epóxica donde se observa la presencia de la bacteria en el exterior e interior de las células vegetales.**

En la Tabla III se muestran los resultados correspondientes al esquema de inoculación post-germinación donde se observa que Gd posee efectos positivos sobre todas las variables medidas, existen incrementos estadísticamente significativos en el número de brotes, peso individual, grosor de tallo y altura cuando se le compara con el control negativo y existe una respuesta semejante a la del control positivo empleado. Lo anterior coincide con lo encontrado por Sevilla *et al,* (1998) y nos permite inferir la posibilidad de reducir los esquemas convencionales de fertilización para este modelo vegetal.

Tabla III Efecto de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Gd) en caña de azúcar inoculada post-germinación. *Letras desiguales difieren entre sí para p≤ 0.05.

Tratamiento	No. de Brotes	Peso (Kg)	Grosor de Tallo (cm)	Altura (m)
Control -	3.9 b*1	2.167 b2	2.92 b3	2.095 b4
Control +	6.0 a1	2.812 a2	3.21 a3	3.181 a4
Gd	6.1 a1	2.598 a2	3.05 a3	3.111 a4

En lo que se refiere al efecto de la inoculación previo a la siembra se observa en la Tabla IV que existe un incremento para las variables número de brotes, peso, grosor de tallo y altura cuando la caña de azúcar es inoculada con Gd en comparación con un control negativo no inoculado, lo cual podrá influír favorablemente sobre el rendimiento del cultivo.

Tabla IV. Efecto de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Gd) en caña de azúcar inoculada previo a la siembra. Letras desiguales difieren entre sí para p≤ 0.05.

Tratamiento	No. de Brotes	Peso (gr)	Grosor de Tallo (cm)	Altura (m)
Gd	6.8 a1	1421.2 a2	3.03 a3	1.568 a4
Control -	4.6 b1	1107.4 b2	2.62 b3	1.302 a4

Conclusiones

La inoculación de plantas de caña de azúcar con *Gluconacetobacter diazotrophicus* produce un aumento de la actividad de enzimas hidrolíticas posiblemente relacionadas con el proceso de penetración bacteriana y efectos positivos sobre variables de crecimiento y desarrollo.

Referencias

1 Adriano-Anaya, M.L., M. Salvador-Figueroa, J.A. Ocampo y I. García-Romera. 2006. Hydrolytic enzymes production in maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) roots inoculated with *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Glomus intraradices*. Soil Biol. Biochem. 38: 879-886.

2 Archna Suman, Asha Gaur, A.K. Shrivastava y R.L. Yadav. 2005. Improving sugarcane growth and nutrient uptake by inoculating *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Plant Growth Regulation. 47:155–16.

3 Fuentes-Ramírez, L. E., Caballero-Mellado, J., Sepúlveda, J. y Martínez-Romero, E. (1999).Colonization of sugarcane by Acetobacterdiazotrophicus, and indolacetic is inhibited by high N-fertilization. FEMS. Microbiol. Ecol., vol. 29, p. 117-128.

4 Lincoln Taiz y Zeiger, Eduardo. 2006. Fisiología Vegetal. Volumen 1. Publicaciones de la Universitat Jaume I, D.L. ISBN 978-84-8021-601-2.

5 Manual de Técnicas de Microscopía. Centro de Microscopía Universidad Complutense de Madrid. 2010. Editorial UCM, 104pp.

6 Mateos, P.F, D.L. Baker, M. Petersen, E. Velásquez, J.I. Jimenez-Zurdo, E. Martínez-Molina, A. Squartini, G. Orgambide, D.H. Hubbell y F.B. Dazzo. 2001. Erosion of root epidermal cell walls by *Rhizobium* polysaccharide-degrading enzymes as related to primary host infection in the *Rhizobium*-legume symbiosis. Can. J. Microbiol. 47: 475-87.

7 Muthukumarasamy, R., Revathi, G. and Loganathan, P. 2002. Effect of inorganic N on the population, *in vitro* colonization and morphology of *Acetobacter diazotrophicus* (syn. *Gluconacetobacter diazotrophicus*). Plant Soil 243:91-102.

8 Rejón-Palomares, A., García-Garrido, J. M., Ocampo, J. A., García Romera, I. 1996. Presence of xyloglucan –Hydrolyzing glucanases (xyloglucanases) in arbuscular mycorrhizal symbiosis. Symbiosis 249-261.

9 Sevilla, M., A. De Oliveira, I. Baldani, and C. Kennedy. 1998. Contributions of the bacterial endophyte *Acetobacter diazotrophicus* to sugarcane nutrition. A preliminary study. Symbiosis 25,181-191.

EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DEL INÓCULO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES LB-1

EVALUATION OF CULTURE MEDIUM FOR THE PRODUCTION OF LB-1 EFFICIENT MICROORGANISMS INOCULUM

Aidin Martínez[1], Ma Elena Díaz de Villegas[1], Grizel Delgado[2], Gisela González[1], Emilia Carrera[1], Silvano Legrá[1], Silvia Armenteros[1].
[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Dirección de Derivados
[2]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Dirección de Ciencia y Técnica

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos al comparar un medio de cultivo con miel final como fuente de carbono y energía, con medios sintéticos, en la producción del inóculo de microorganismos eficientes (LB-1), constituido por bacterias y levaduras, para la producción del bioestimulante LEBAME para la actividad agropecuaria.
Se evaluaron las cepas seleccionadas de *Lactobacillus bulgaricum*., *Bacillus subtili* y *Saccharomyces cerevisiae* en los medios sintéticos específicos de cada microorganismo y en un medio sencillo de miel y sulfato de amonio.
En cuanto al crecimiento celular, las tres cepas crecieron muy bien en los dos medios, siendo las titulaciones alcanzadas de: 10^7 y 10^8, para el *Lactobacillus bulgaricum* , 10^8 para el *Bacillus subtilis* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en el medio sintético y el medio miel respectivamente, lo que indica que estos tres microorganismos son capaces de crecer satisfactoriamente en un medio con miel final de caña, lo que abarata su costo.

Palabras claves
Microorganismos eficientes, *Lactobacillus bulgaricum*, *Bacillus, subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, mieles de caña

ABSTRACT

In this paper are presented, the results obtained by comparing a culture medium with molasses as a carbon source and energy with a synthetic media, in the production of inoculum of efficient microorganisms (LB-1) constituted by bacterias and yeast, for the production of a bioestimulante LEBAME for agricultural and livestock.
Selected *Lactobacillus bulgaricum* strains, *Bacillus subtili* and *Saccharomyces cerevisiae* were evaluated in specific synthetic medium for each microorganism and a simple medium with molasses and ammonium sulfate.
Cell growth of three strains grew very well in the two media reaching concentration of 10^8, for *Lactobacillus bulgaricum*, 10^8 for *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*, in the synthetic medium and the medium molasses respectively, indicating that these three microorganisms are able to grow successfully in a medium with cane molasses, which lowers the cost.

Key words
Efficient microorganisms, *Lactobacillus, Bacillus*, *Saccharomyces cerevisiae*, sugar cane molasses

INTRODUCCIÓN

El concepto y tecnología (EM Technology®, por sus siglas en ingles) de los Microorganismos Eficientes fue desarrollado por el Profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus-Okinawa, Japón (1y 2).

Los microorganismos eficientes o EM son una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, que se han utilizado tradicionalmente en la alimentación, o que se encuentran en los mismos. Contiene principalmente organismos beneficiosos de cinco géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias ácido láctico, actinomicetos y hongos de fermentación (3).

Higa encontró que el éxito de su efecto potenciador estaba en su mezcla; por esto se dice que los microorganismos eficientes trabajan en sinergia, ya que la suma de los tres tiene mayor efecto que cada uno por separado (4).

Estudios previos realizado en el ICIDCA, permitieron la selección de cepas de la colección de cultivos del ICIDCA para la producción del inóculo LB-1(5), las cuales son las siguientes: *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1, *Saccharomyces cerevisiae* L/25-7-12:
La miel final de caña como fuente de carbono y energía, sales inorgánicas, como fuente de nitrógeno y fósforo, es característico de la actual producción de levaduras (6) y también existen reportes que muestran que las bacterias también pueden utilizar este sustrato en su crecimiento (7). Con el fin de encontrar un medio más económico para la producción del inoculo de microorganismos eficientes LB-1, se realizó el presente trabajo cuyo objetivo es: el estudio comparativo de los medios de cultivo sintéticos específicos para bacterias y levaduras y un medio sencillo y más económico constituido por miel final de caña y sulfato de amonio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas de *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato y *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1, fueron conservadas en cuñas de agar nutriente y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* L/25-7-12
En cuñas de medio YPG.

El medio sintético del *Bacillus subtilis*, estuvo constituido por extracto de carne, peptona y cloruro de sodio, el del *Lactobacillus bulgaricum*, por extracto de carne, extracto de malta, peptona, cloruro de sodio y carbonato de calcio, y el de *Saccharomyces cerevisiae* por extracto de levadura, extracto de malta, glucosa y peptona.

El medio de miel se preparó sobre la base de 30 g/L de azúcares reductores totales (ART) y un suplemento de sulfato de amonio, para satisfacer las necesidades de nitrógeno de los microorganismos empleados.

De los cultivos crecidos en cuñas, se parte para la propagación de los microorganismos antes mencionadas en los dos medios estudiados. Se incuban a 30 ^{0}C durante 48 horas, al cabo de las cuales se realizan las determinaciones de pH, azúcares reductores totales (ART) y ácido láctico.

Variantes estudiadas:

1) *L. bulgaricum* + medio sintético, 2) *L. bulgaricum* + medio miel, 3) *B. subtilis* + medio sintético, 4) *B. subtilis* + medio miel, 5) *Saccharomyces cerevisiae* + medio sintético, 6) *Saccharomyces cerevisiae* + medio miel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento celular para los tres microorganismos estudiados, aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1 Crecimiento celular de *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1, *Bacillus subtilis* B/23/45-10 y *Saccharomyces cerevisiae* L/25-7-1 en el medio sintético y en el medio miel

Medios	*L. bulgaricum* B/103-4-1 UFC/mL	*B. subtilis* B/23/45-10 UFC/mL	*S. cerevisiae* L/25-7-1 UFC/mL
Medio sintético	**1.28×10^8** ±1,44 x 10^8	**4.43×10^9**±3.3 x 10^9	**4.7×10^8**±1,27 x 10^8
Medio miel	**3.7×10^8**±2,42 x 10^8	**2.63×10^8**±1,86 x 10^8	**2.3×10^8**±1,10 x 10^8
Prueba t	**0.25**	**0.16**	**0.057**

La prueba t- Student, para el crecimiento celular de los tres microorganismos estudiados, en los medios sintéticos y el medio con miel final de caña, no mostró diferencias significativas para un 95 % de confianza, lo que indica que es posible emplear este medio más económico en la propagación del inóculo de microorganismos eficientes LB-1 empleado para la producción del bioestimulante LEBAME.

La producción de ácido láctico por los tres microorganismos, fue mayor en el medio de miel que en los medios sintéticos, como se aprecia en la Fig. 1, lo que puede resultar favorable con vistas a evitar la contaminación del inóculo LB-1.

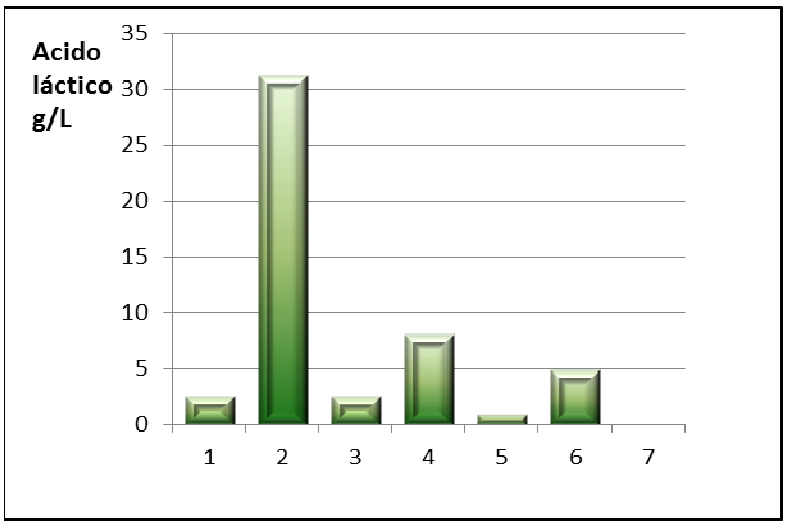


Figura 1 Producción de ácido láctico por las variantes estudiadas

CONCLUSIONES

Es posible emplear el medio miel en la propagación de las cepas microbianas que conforman el inóculo de microrganismos eficientes LB-1

REFERENCIAS

1) Higa, T. (1991). Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. p.8-14. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
2) Higa, T. and G.N. Wididana (1991). The concept and theories of Effective microorganisms. p. 118-124. In Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
3) Microorganismo Efectivos, (2008). Los espíritus buenos del microcosmos EM (pdf)
http://www .microorganismos-efectivos.com Recuperado 4/Febrero/2008.
4) TeraGanix, (2013), Effective Microorganisms | An Earth Saving Revolution http://www.teraganix.com/ Recuperado 11/enero/2013.
5) Díaz de Villegas ME *et al* (2014). Evaluación de cepas de colección para la producción del inoculo LB-1 (microorganismos eficientes). Resumen del Congreso Internacional LABIOFAM 2014, 22-25 Septiembre 2014, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba.
6) Otero MA (1997). Las mieles finales de caña: composición, propiedades y usos. Monografía 4, ICIDCA.
7) Ossa JA. Vanegas MC, Badillo AM (2010). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *lactobacillus plantarum.* Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica. Vol 13, No 1, Bogotá.

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL BIOPRODUCTO LEBAME

LEBAME BIOPRODUCT STABILITY STUDY

Grisel M. Ortega Arias- Carbajal, María Elena Díaz de Villegas, Grizel Delgado Arrieta, Aidin Martínez Sánchez, Gisela González Pardo, Silvia Armenteros Galarraga, Emilia Carreras Bocourt.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
E-mail: grisel.ortega@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), se ha desarrollado a través de un proceso de fermentación sumergida, un bioproducto compuesto por microorganismos eficientes, que ha sido denominado como LEBAME. El objetivo del presente trabajo es determinar la estabilidad del bioproducto LEBAME, en diferentes condiciones de almacenamiento durante 6 meses. Se estudian tres lotes del bioproducto almacenados en refrigeración (12°C) y a temperatura ambiente (25-32°C). Se analiza la concentración celular (bacterias y levaduras) y el comportamiento del pH. Durante el almacenamiento se detectan ligeras pérdidas de microorganismos, que se incrementan significativamente hasta los 32 días. El factor tiempo presenta efecto estadísticamente significativo sobre las pérdidas de microorganismos y sobre el pH, sin embargo la temperatura no muestra efecto significativo. El producto LEBAME se puede almacenar a temperatura ambiente y es estable por un período de 6 meses.
Palabras clave: microorganismos eficientes, microorganismos benéficos, estabilidad, LEBAME, bioproducto.

ABSTRACT

In Cuban Research Institute of Sugarcane By-products (ICIDCA), have been developed a bioproduct constitute by efficient microorganisms through a sumerged fermentation process, which has been called LEBAME.
The aim of this study is to determine the stability of the LEBAME bioproduct in different storage conditions during 6 months. Bioproduct three batches of stored refrigerated (12°C) and room temperature (25-32°C) were studied. Cell concentration (bacteria and yeasts) and pH are analyzed. During the storage slight losses of microorganisms are detected, which are significantly increased up to 32 days. The time factor presents statistically significant effect on microorganisms losses and pH, but temperature shows no significant effect. The LEBAME product can be stored at room temperature and is stable for a period of 6 months.
Key words: Effective microorganisms, beneficial microorganisms, stability, LEBAME, bioproduct.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad de todo producto es uno de los parámetros requeridos para su uso y comercialización. Realizar estudios de estabilidad durante el almacenamiento de un producto, permite conocer la capacidad de este producto de variar o degradarse en presencia de diferentes factores que afecten las características físicas, químicas y biológicas del mismo.
En el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) se ha desarrollado, a través de un proceso de fermentación, un producto compuesto por microorganismos eficientes, el cual ha sido denominado como LEBAME**.**

El objetivo del presente trabajo es determinar la estabilidad del producto LEBAME, en diferentes condiciones de almacenamiento por un período de 6 meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realiza un proceso de fermentación sumergida, empleando los microorganismos *Bacillus subtilis B/23-45-10 Nato, Lactobacillus bulgaricum B/103-4-1, Saccharomyces cerevisiae L/25-7-12. S*e incuban por separado cada uno de los microorganismos en su medio específico, posteriormente se crecen los tres en el medio de levadura. La extensión del inóculo se realiza en condiciones anaerobias, en un medio con miel y sulfato de amonio, hasta consumo de los azúcares reductores totales. Así se obtienen los lotes del producto LEBAME que se envasan en frascos plásticos de 1 Litro de capacidad, se cierran herméticamente y se almacenan a temperatura ambiente (25-32°C) y en refrigeración (12°C), por un período de 6 meses.

Determinaciones microbiológicas y analíticas:

- Conteo de microorganismos (bacterias y levaduras) y determinación del pH, según reportes de la literatura (1 y 2). Las pérdidas de microorganismos se determinaron a través del valor del logaritmo (base 10) del conteo celular respectivamente.
- **Análisis estadístico de los resultados:** Utilizando el programa *Statgraphics* Centurion XV, 2007 (3), mediante un análisis Anova Multifactorial, teniendo en cuenta los factores: temperatura y tiempo. La prueba de múltiple rangos en cada caso se realizó mediante el método: 95.0% LSD de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento celular, en lotes del producto LEBAME, almacenados en diferentes condiciones, se muestra en la tabla I.

Tabla I: Conteo celular (UFC. mL^{-1}) en lotes de LEBAME (valores promedio) en diferentes condiciones de almacenamiento.

Número Lote	**Tiempo (días)**	**Almacenamiento refrigeración (12°C)**		**Almacenamiento temperatura ambiente (25-32°C)**	
		Conteo de bacterias (UFC. mL^{-1})	**Conteo de levaduras (UFC. mL^{-1})**	**Conteo de bacterias (UFC. mL^{-1})**	**Conteo de levaduras (UFC. mL^{-1})**
1	0	1.00×10^{8}	5.00×10^{6}	1.00×10^{8}	5.00×10^{6}
	32	7.00×10^{6}	4.00×10^{5}	1.10×10^{7}	4.00×10^{6}
	170	1.60×10^{6}	7.00×10^{5}	1.75×10^{6}	1.50×10^{5}
	200	9.50×10^{6}	4.50×10^{5}	3.40×10^{5}	5.00×10^{4}
2	0	1.00×10^{8}	5.00×10^{6}	1.00×10^{8}	5.00×10^{6}
	32	7.20×10^{6}	2.50×10^{5}	1.20×10^{6}	2.50×10^{5}
	170	3.25×10^{6}	2.00×10^{5}	1.50×10^{6}	6.00×10^{5}
	200	3.85×10^{5}	4.50×10^{4}	7.45×10^{5}	3.85×10^{5}
3	0	4.00×10^{5}	8.00×10^{6}	5.35×10^{6}	8.00×10^{6}
	32	3.50×10^{5}	1.55×10^{6}	1.40×10^{6}	4.00×10^{5}
	170	1.60×10^{6}	8.00×10^{5}	1.10×10^{5}	2.00×10^{5}
	200	3.70×10^{7}	1.80×10^{7}	2.70×10^{7}	1.00×10^{3}

En general se puede señalar que el producto LEBAME obtenido, resultó tener una población bacteriana entre 10^5 -10^8 UFC. mL^{-1} y una población de levaduras de 10^3-10^7 UFC. mL^{-1} en las condiciones de almacenamiento estudiadas. Estos resultados concuerdan con los reportes de la literatura para un bioproducto de microorganismos eficientes denominado EM-1 (4 y 5).

Para analizar el comportamiento celular durante el almacenamiento; a partir de los resultados anteriores, se calcularon las pérdidas de microorganismos en las dos condiciones de temperatura. Los resultados del análisis de varianza para las variables: pérdidas de bacterias y de levaduras se muestran en la tabla II.

Tabla II: Análisis de Varianza para las Pérdidas de Bacterias y Pérdidas de Levaduras

	Pérdidas de bacterias	**Pérdidas de levaduras**
Efectos principales	**Valor-P**	**Valor-P**
Temperatura	0.3309	0.0589
Tiempo	0.0090	0.0000

El valor de probabilidad P- del factor tiempo es menor que 0.05 en cada caso, por lo que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre las pérdidas de bacterias y sobre las pérdidas de levaduras, con un 95.0 % de nivel de confianza respectivamente. Sin embargo el factor temperatura no muestra efecto significativo.

Los resultados de la prueba de múltiple rangos para las variables pérdidas de bacterias y pérdidas de levaduras, analizando los factores: tiempo y temperatura, se muestran en la figuras 1-2 y 3-4 respectivamente (Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.)

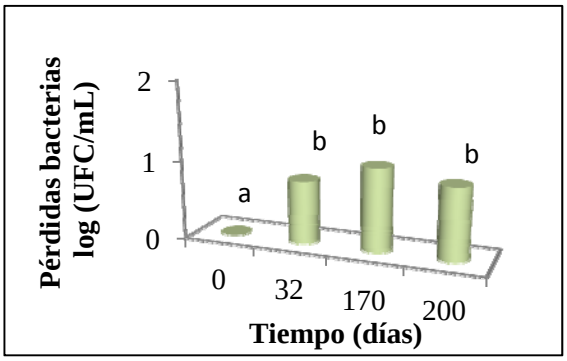


Figura 1: Pérdidas de bacterias con el tiempo

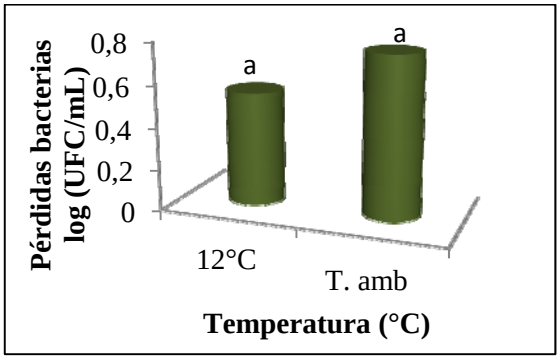


Figura 2: Pérdidas de bacterias con la temperatura

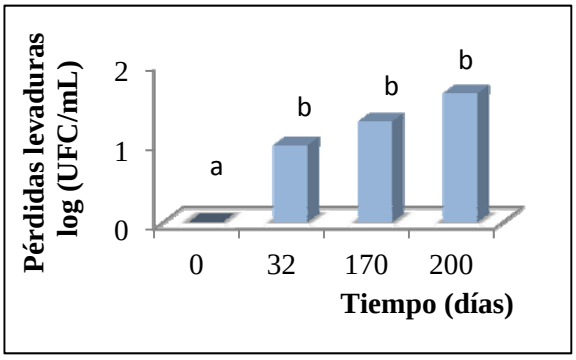


Figura 3: Pérdidas de levaduras con el tiempo

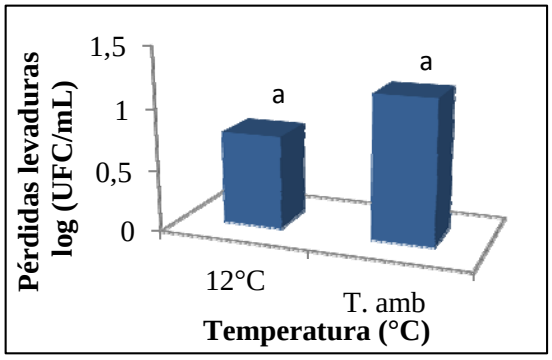


Figura 4: Pérdidas de levaduras con la temperatura

Las pérdidas de bacterias (figura 1) y de levaduras (figura 3) se incrementan significativamente hasta los 32 días. A partir de éste momento y hasta los 200 días no se observan diferencias significativas. En ningún caso se detectó un efecto significativo del factor temperatura (figuras 2 y 4).

El comportamiento del pH durante el almacenamiento en diferentes condiciones se muestra en la tabla III y el análisis de varianza correspondiente se observa en la tabla IV. El tiempo resultó con un valor de P menor que 0.05, por lo que presenta un efecto estadísticamente significativo sobre el pH del producto LEBAME, con un 95.0% de nivel de confianza. Los resultados de las pruebas de múltiples rangos para el pH, se muestran en las figuras 5 y 6.

Tabla III: Comportamiento del pH en diferentes condiciones de almacenamiento.

Lote	Tiempo (días)	pH (12°C)	pH (25-32°C)
1	0	3.86	3.86
	32	4.02	4.02
	170	4.05	3.98
	200	3.97	3.93
2	0	3.78	3.78
	32	3.98	3.97
	170	3.81	4.04
	200	4.02	4.10
3	0	4.08	4.08
	32	4.14	4.03
	170	4.07	4.03
	200	4.02	4.03

Tabla IV: Análisis de Varianza para el pH

Efectos principales	Valor-P
Temperatura	0.9001
Tiempo	0.0121

LEBAME tiene un valor de pH entre 3.78 y 4.14, muy cercano al reportado en la literatura (4-5). El tiempo también tiene en este caso un efecto significativo sobre el pH, marcado desde el día inicial hasta los 32 días (figura5); posteriormente no se observan diferencias significativas. La temperatura no mostró efecto significativo

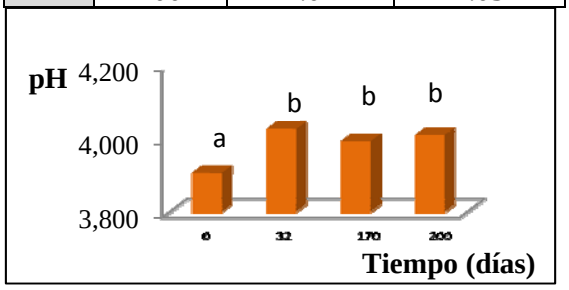


Figura 5: Comportamiento del pH en el tiempo

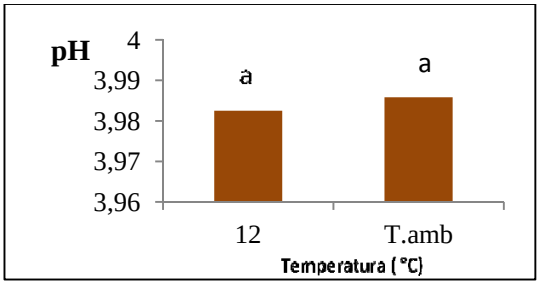


Figura 6: Comportamiento del pH con la temperatura

Se puede señalar que el producto LEBAME es estable durante el almacenamiento por un período de 6 meses.

CONCLUSIONES

- El factor tiempo presenta efecto estadísticamente significativo sobre las pérdidas de microorganismos hasta los 32 días y sobre el pH, sin embargo la temperatura no muestra efecto significativo.
- El producto LEBAME se puede almacenar a temperatura ambiente y es estable por un período de 6 meses.

REFERENCIAS

1. ICIDCA. Siembra de microorganismos en placas petri. PNO-M-En-10. Dirección Bioproductos (2010).
2. ICIDCA (a). Determinación de pH PNO-B-Eq-17. Dirección Bioproductos (2010).
3. Statgraphics. Programa Statgraphics. Centurion XV. (2007).
4. VMEMPROTEC. Microorganismos Eficaces en República Dominicana: EM-1® http://vmemprotec.blogspot.com/p/que-es-em.html. Fecha de consulta Marzo/2015
5. ENRO ¿Qué es el EM-1?. http://www.microorganismos-efectivos.com. Fecha de consulta Marzo/2015

EVALUACIÓN DEL LEBAME (BIOPRODUCTO) EN EL TRATAMIENTO DE LA CAMA DE POLLOS DE CEBA
EVALUATION OF THE LEBAME (BIOPRODUCTO) IN THE TREATMENT OF THE BED OF FEEDING CHICKENS

Caridad Suárez Machín [(1)] Carmen A Guevara Rodríguez [(1)], Emilia Carrera [(1)], María Elena Díaz de Villegas [(1)], Jaime Noruega Crespo [(2)], Eduardo Fumero Duran [(2)]
(1) Instituto Cubano de los Derivados de la Caña de Azúcar.(ICIDCA)
(2) Instituto de Investigaciones Avícolas. (IIA)

RESUMEN

Se evaluó el efecto del LEBAME, sobre la cama de pollos de ceba, conformando 5 tratamientos, con diferentes dosis. Una vez a la semana se asperjó el producto y se tomaron muestras, analizando pH, MSG, NT y PB. Se encontraron diferencias significativas para el factor semana en todas las variables, excepto para el pH. El Test de rangos múltiples a la MSG, en el factor dosis, demostró diferencias significativas en los tratamientos 4y 5 con respecto al control y aunque en el resto de las variables no se observó diferencias, la tendencia fue a favor del tratamiento 5, lo que indica que esta dosis tuvo mejor comportamiento. Se apreció disminución considerable de las moscas y malos olores en el interior de la nave y el estado físico de la cama fue mejor, donde se aplicó el bioproducto.
Palabras claves: LEBAME, bioproducto, cama de pollos de ceba.

SUMMARY

The effect of LEBAME on the bed of feeding chicken, forming 5 treatments with different doses was evaluated. Once a week, the product was sprayed and sampled, analyzing pH, MSG, NT and PB. Significant differences for the week factor in all the variables, except for pH were found. The Multiple Range Test to MSG in the dose factor showed significant differences in treatments 4 and 5 with respect to control and even in the remaining variables no difference was observed, the trend favored treatment 5, so it is indicating that this dose had a better performance. Considerable reduction of flies and odors was observed in the interior of the facility and the physical condition of the bed was better where the byproduct was used.
Keywords: LEBAME, bed of feeding chickens, byproduct.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos eficaces (EM) son microorganismos benéficos, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros y constituyen una opción viable y sostenible para la producción agrícola y animal **(Higa, 1995)**

El uso de EM en la Producción Animal, está dirigido hacia el incremento de las variables productivas y el manejo de las excretas e instalaciones, para reducir la acción de microorganismos perjudiciales que causan putrefacción. Los EM reducen malos olores y poblaciones de insectos plagas, originados por procesos fermentativos de las excretas, con su uso se reduce la utilización de agua en el mantenimiento de las instalaciones, aminorando la oxidación y formación de herrumbre y reduce el requerimiento y utilización de desinfectantes.

El LEBAME, es un bioproducto en desarrollo del ICIDCA, constituido por microorganismos de la colección de cultivos ICIDCA: *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 y *Saccharomyces cereviciae* L-25-7-12. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de LEBAME sobre la cama de pollos de ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El trabajo fue realizado en el Instituto Avícola. Se utilizaron 25 cuartones, de 8m^2. En un diseño completamente aleatorizado se conformaron 5 tratamientos con 5 réplicas cada uno. La densidad de cría fue 10 pollitos/ m^2 de piso (85 pollitos por cuartón) para un total de 2380 aves en la nave.

A continuación en la tabla I se exponen las dosis de LEBAME aplicadas en cada tratamiento.

Tabla I. Dosis aplicadas por tratamiento

Tratamientos	Dosis (ml/m²)
T1	Control
T2	6.25
T3	9.38
T4	12.5
T5	18.75

El producto se aplicó, sobre la cama con un frasco lavador, en horario matutino (9.00-10.00am) una vez por semana. Antes de la aplicación del LEBAME, se tomaron muestras en 5 puntos de cada cuartón, conformando las submuestras para cada tratamiento, analizando el comportamiento de materia seca gravimétrica (MSG), pH, nitrógeno total en base seca (NT bs) y proteína bruta (PB). En el paquete estadístico STATGRAPHIC CENTURION XV, se realizó ANOVA multifactorial, donde los factores fueron tratamientos y semanas, también se aplicó el test de rangos múltiples por el método LSD. Las aves fueron criadas según el Instructivo Técnico de UECAN y tuvieron acceso a la misma dieta y ración.

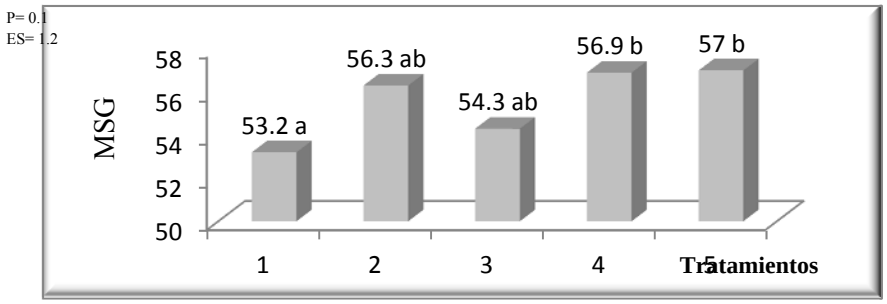
RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La siguiente tabla resume el comportamiento de las variables analizadas.

Tabla II. Análisis del pH, MSG, NT (bs) y PB por tratamientos y semanas

Factores	Suma de cuadrados	GL	CM	P- Valor	Significación
pH					
Tratamiento	1.34	4	0.33	0.8	NS
Semana	0.05		0.01	0.001	***
MSG					
Tratamiento	58.9	4	14.7	0.1	NS
Semana	133.6		33.4	0.01	**
NT (bs)					
Tratamiento	1.11	4	0.28	0.5	NS
Semana	51.4		12.9	0.001	***
PB					
Tratamiento	7.47	4	1.86	0.5	NS
Semana	352.9		88.2	0.001	***

Se observan diferencias altamente significativas en cuanto a las semanas de aplicación, para todas las variables estudiadas, no así en cuanto a los tratamientos (dosis), sin embargo al realizar el test de rangos múltiples para la MSG por tratamiento, a través del método LSD, este demostró que existe diferencia significativa ($p \leq 0,05$) de los tratamientos 4 y 5 con respecto al control, aunque no difieren entre ellos, ni con los tratamientos 2 y 3, como se muestra en la figura 1:

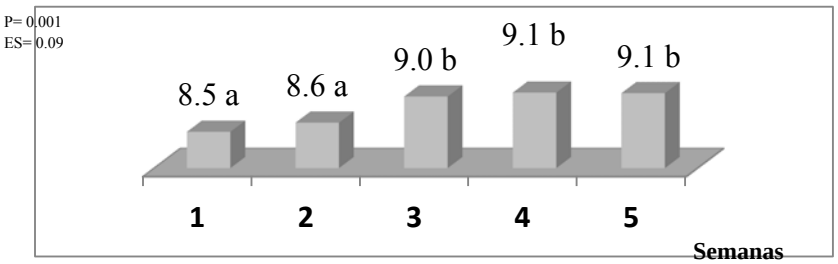


*Valores con letras no comunes difieren entre si por LSD a $p \leq 0,05$

Figura 1. Comportamiento de la MSG por tratamientos

Teniendo en cuenta estos resultados, podemos asumir que las dosis de LEBAME, aplicadas en los tratamientos 4 (12.5ml/ m²) y 5 (18.75ml/ m²) se comportaron mejor que el resto de las dosis para la MSG. En el resto de las variables estudiadas, las dosis no reflejan diferencias entre ellas ni con respecto al control.

La figura representa gráficamente el comportamiento del pH por semanas.

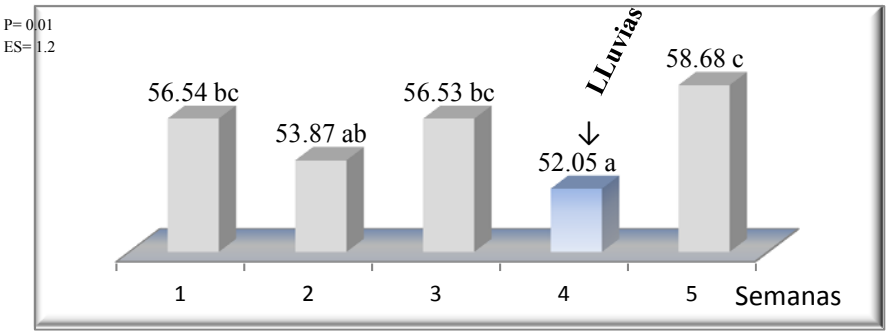


*Valores con letras no comunes difieren entre si por LSD a p ≤ 0,05

Figura 2. Comportamiento del pH por semanas

Existen diferencias altamente significativas entre las semanas 1 y 2 con respecto a las semanas 3, 4 y 5, manteniéndose en un rango alcalino en todos los casos. El pH inicial de la cama (8.5) no coincide con lo planteado por **Ferrer (1994)**, que afirmó que el pH inicial de materiales digeribles, basura, estiércol, varía generalmente de 5.5 a 7.0.

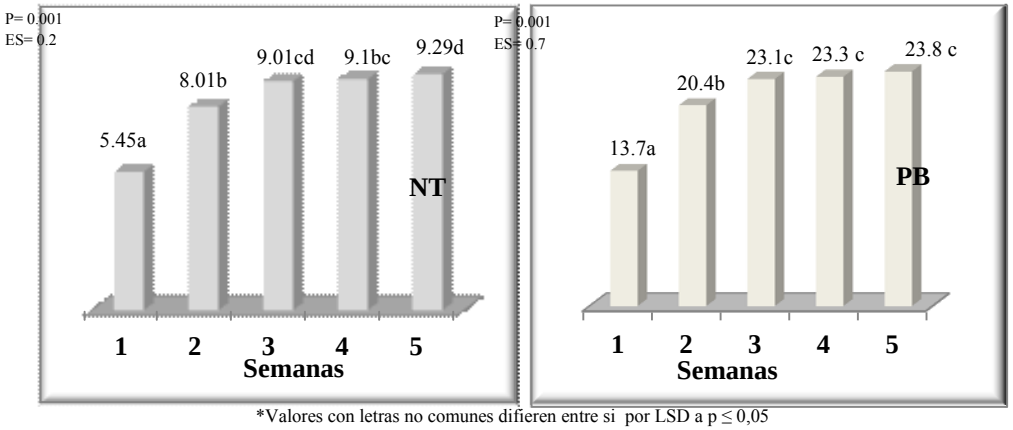
Este autor refiere que el incremento del pH se debe a la pérdida de ácidos orgánicos a través de la volatilización, descomposición microbiana y liberación de amoniaco a través de la mineralización del nitrógeno orgánico, coincidiendo con los resultados obtenidos en la medida en que avanzaron las semanas en estudio. Siendo objeto de estudio para próximos estudios lograr la estabilización del pH por debajo de 8.5.



*Valores con letras no comunes difieren entre si por LSD a p ≤ 0,05

Figura 3. Comportamiento de la MSG durante las semanas estudiadas.

La figura 3 muestra la variación en el porciento de materia seca en cuanto a las semanas, siendo más marcada en la semana 4, debido a la influencia de fuertes lluvias, que provocaron el aumento de la humedad en la cama, sin embargo, si se observa el comportamiento del resto de las semanas se puede ver un ascenso periódico, manteniéndose en niveles óptimos para el metabolismo de los microrganismos eficientes establecidos en la cama de las aves. Esto coincide con lo planteado por **Higa T. (1994),** quien refiere que un 50-70% de humedad es óptimo para el metabolismo de EM, ya que niveles inferiores afectan el metabolismo microbiano y niveles superiores dificultan la difusión de oxígeno, favoreciendo la anaerobiosis, ideal para el crecimiento de microorganismos potencialmente patógenos.



*Valores con letras no comunes difieren entre si por LSD a $p \leq 0,05$

Figura 4. Comportamiento del Nitrógeno total y Proteína Bruta

Los gráficos muestran el incremento del Nitrógeno y PB a medida que aumentan las semanas de estudio, coincidiendo con lo planteado por **Orozco (1980)**, quien registró un incremento considerable en el contenido de nitrógeno en las camas tratadas con EM. Estos resultados le atribuyen importancia al tratamiento de las camas con microorganismos eficientes, ya que proporciona la obtención de un excelente fertilizante y mejorador de los suelos y reduce considerablemente el tiempo necesario para la elaboración de compost.

El porciento de PB de la cama coincide con valores registrados por **Tobia y Vargas (2000)**, que refieren valores entre 21 y 25% de proteína en camas de cascara de arroz, lo que pudiera constituir un alimento con alto valor nutritivo para rumiantes.

En el interior de la nave se apreció una disminución considerable de poblaciones de insectos plagas, así como eliminación de malos olores, mejorando la calidad del ambiente de manera general, coincidiendo con **Yongzhen y Weijiong, (1994)**, quienes afirman que es posible la eliminación de olores a través del control microbiano con el uso de microorganismos productores de fermentación.

CONCLUSIONES

1- El LEBAME aumenta el porciento de la materia seca gravimétrica, en dosis superiores a 12.5ml/m^2.
2- No se logró la estabilización del valor del pH por debajo de 8.5 con la aplicación semanal del LEBAME.
3- Con el uso del LEBAME, en el tiempo, se incrementan los porcientos de NT y PB, favoreciendo su calidad como alimento para rumiantes y abonos orgánicos.
4- Con la aplicación del LEBAME mejoró la calidad medioambiental de las instalaciones avícolas, al disminuir los malos olores y poblaciones de insectos plagas.

REFERENCIAS

1. Ferrer J; Páez G; Chirinos M. Bioproceso aeróbico de la pulpa de café. En: Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad de Zulia 1994 ;17 :2 67-74
2. Higa, T. 1995. Studies on Purification and Recycling of Animal Waste Using Effective Microorganism (EM). 7p
3. Higa, T. 1994. Beneficial and Effective Microorganism for a Sustainable Agriculture and Environment International Nature Farming Research Center Atami, Japan. 16p
4. Orozco A. Desechos sólidos 1980,420p.
5. Tobia, C.; Vargas, E. 2000. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. Disponibilidad y composición química. Agronomía Costarricense24(1):47-53.3

EMPLEO DE FUENTES NATURALES PARA LA FERMENTACION DE *Azotobacter*. EFECTO SOBRE LA ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS

EMPLOY OF NATURALS SOURCES FOR THE FERMENTATION OF *Azotobacter*. EFFECT ABOVE THE GROWTH STIMULATOR IN PLANT

Janet Rodríguez Sánchez[1], Yoania Ríos Rocafull[1], Bertha Carreras Solís[2], Gerardo Cutiño[2] y Melisa Méndez González[2].

1. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). bioferbiocontrol@inifat.co.cu
2. Grupo Empresarial Labiofam.esp9.desarrollo@labiofam.cu

RESUMEN

El uso de biofertilizantes en Cuba constituye una alternativa viable para la agricultura actual. El DIMARGON® fue registrado en el país desde el año 2013. Su investigación e introducción en la práctica productiva suma 20 años. A pesar de la transferencia tecnológica realizada a la empresa Labiofam S.A, para su producción a escala industrial y futura comercialización, aun se imponen algunas modificaciones entre las que se destacan la simplificación del medio de cultivo utilizado para su fabricación. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto estimulador del crecimiento en plantas de productos elaborados a base de *Azotobacter* sp fermentados en medios compuestos por fuentes naturales. Los resultados obtenidos demostraron que para el cultivo del frijol ninguna de las dos formulaciones fue efectiva. Para el maíz es más adecuado el empleo del medio con polvo de guanábana y para el trigo el medio de moringa.

Palabras claves: Medios de cultivo, Bacterias Promotoras del Crecimiento de Plantas, Fuentes Naturales.

ABSTRACT

The use of biofertilizers in Cuba to constitute one viable alternative for the actual agriculture. The DIMARGON was registrated in the country from 2013 year. These investigation and introduction in the productive practice amount twenty years. Despite of transference technological to realize a Labiofam S.A enterprise for these productions an industrial scale and commercialization future, even to impose some modifications between highlight the simplification of culture medium utilized for these fabrication. The present work was with objective to evaluate the growth stimulation effects in plants of products to make with Azotobacter fermentated in compounds medium for natural sources. The results obtained show for the bean culture none of two formulations was effective. For the maize is more appropriate the employ of medium of guanábana dust and for the wheat the moringa medium.

Key words: Culture Medium, Promoting Growth of Plants Bacterias, Naturals Sources.

INTRODUCCIÓN

Azotobacter chroococcum es una bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico, de vida libre que se encuentra asociada a la zona rizosférica de numerosas especies cultivables de importancia económica y produce un gran número de sustancias estimuladoras del crecimiento entre las que sobresalen las fitohormonas. En el mundo se han aplicado varias formulaciones obtenidas a base de cepas de la misma (1). En Cuba existe un producto registrado bajo la denominación DIMARGON® cuyo principio activo es esta bacteria, que ha sido ampliamente empleado para la estimulación del crecimiento y rendimiento de hortalizas, granos, viandas, oleaginosas y frutales desde la década de los años 90. Este producto constituye hoy uno de los priorizados para su escalado y futura comercialización por parte de la empresa Labiofam S.A, después de la transferencia

tecnológica realizada en 2014. A pesar de los años de investigación dedicados a la terminación de su tecnología, aun se deben realizar un conjunto de modificaciones que posibilitarán mayor productividad en el escalado del mismo. Entre ellas se encuentra la sustitución de las sales inorgánicas en el medio de cultivo, sin mermar las normas de calidad del producto comercial. Por ello el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto estimulador del crecimiento en plantas de productos elaborados a base de *Azotobacter* sp fermentados en medios compuestos por fuentes naturales, provenientes de plantas de guanábana y moringa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los productos empleados en este estudio fueron obtenidos mediante un proceso de fermentación sumergida de la cepa INIFAT-12 de *Azotobacter chroococcum,* en un fermentador de 10 Litros de capacidad a 180 r.p.m de agitación, 1 VVM de aireación y a 30ºC de temperatura durante 24 horas.Los medios de cultivo fueron elaborados a partir de la composición básica del medio DIMARGON-M (2), en la cual se sustituyeron las sales inorgánicas con calidad reactivo por fuentes naturales. Estas se procesaron en forma de polvo a partir de hojas de guanábana y moringa previamente recolectadas, secadas y molinadas. Al finalizar el proceso fermentativo se determinó mediante el conteo de células viables con el uso del método de diluciones seriadas la concentración de los productos.

Los ensayos de estimulación del crecimiento se condujeron en condiciones semi-controladas, en bandejas plásticas de 23,0 cm de largo, 18,5 cm de ancho y 4,5 cm de profundidad, que contenían una mezcla de suelo Ferralítico Rojo Típico y un portador de materia orgánica, en forma de humus de lombriz, con una proporción de 50%. Cada experimento se repitió dos veces y contó con tres tratamientos y tres réplicas.Para ello se utilizaron los cultivos: Frijol Negro (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad "CC 25-9", Maíz (*Zea mays* L.) cultivar "Criollo Amarillo" y Trigo (*Triticum aestivum*) "RM-204". Los mismos fueron aplicados en el momento de la siembra por aspersión al suelo y a las semillas. Para el caso del frijol y el maíz se diluyeron 10 mL de cada producto puro en 100 mL de agua destilada y se asperjaron a razón de 25 mL por bandeja, lo cual equivale a una dosis de 0.5 mL/semilla. Para el trigo se tomaron 4 mL del producto y se diluyeron hasta un volumen final de 25 mL. Esta solución se aplicó también por aspersión.

El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el programa STATGRAPH *Plus* (3), con el que se realizaron análisis de varianza según un diseño completamente aleatorizado, previa comprobación de la normalidad y homogeneidad de las mismas, según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Cochran C, Hartley y Bartlett. Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias se compararon según la prueba de Duncan al 5% de significación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al finalizar el proceso fermentativo el producto obtenido en el medio con polvo de guanábana logró una concentración de $2.2x10^9$ $UFC.mL^{-1}$ y el del polvo de moringa alcanzó $1.8x10^9$ $UFC.mL^{-1}$. Esta es semejante entre los dos productos y según las normas establecidas por la FAO (4), ellos poseen la calidad requerida para ser aplicados como biofertilizantes ya que se encuentran por encima de las 10^8 $UFC.mL^{-1}$. Cabe destacar que esta concentración es muy inferior a la que se obtiene al realizar el mismo proceso fermentativo en condiciones de zaranda rotatoria, cuando se emplea el medio de cultivo Dimargón-M, en el que se pueden lograr concentraciones bacterianas que superan las $10^{11}UFC.mL^{-1}$ (5).

El efecto de la aplicación de los productos sobre los principales indicadores fisiológicos del crecimiento del cultivo del frijol, en plantas extraídas a los 25 días de edad se muestra en la tabla I. En ella se observa un mayor crecimiento de la variante testigo. Solamente se estimulan la longitud de la raíz cuando se aplicó el medio de moringa y el diámetro del tallo al emplear el medio de guanábana, aunque sin diferencias significativas entre las tres variantes estudiadas.

Tabla I. Efecto de *Azotobacter chroococcum* fermentado en medios de cultivo compuestos por fuentes naturales sobre indicadores fisiológicos del crecimiento de plantas de frijol

Variantes	Longitud de la Raíz (cm)	Altura de las Plantas (cm)	Diámetro del Tallo (mm)	Masa Fresca (g)
Medio con polvo de Guanábana	7.26 a	22.96 a	0.2336 a	1.64 a
Medio con polvo de Moringa	8.24 a	24.48 a	0.2167 a	1.53 a
Testigo	7.34 a	26.23 a	0.2312 a	1.84 a
Desv.Est	*2.83283*	*6.38375*	*0.0350286*	*0.852993*
CV (%)	*37.40*	*25.95*	*15.37*	*50.54*

Se debe señalar que aunque ninguna de las dos nuevas variantes de medios de cultivo provoca un efecto estimulador del crecimiento en este cultivo, los valores que se muestran no poseen diferencias significativas con respecto al testigo, por lo que tampoco causan una fuerte inhibición. Este comportamiento puede deberse a la producción de fitohormonas y sustancias reguladoras del crecimiento en estos medios por parte de la cepa y también al efecto quimiotáctico, resultados que han sido citados por (1) quienes se refieren a que una misma cepa fermentada en medios de cultivo con una composición distinta puede dar origen a una diversidad metabólica que puede mantener o no los mecanismos de estimulación del crecimiento presentes en estas especies.

Los resultados obtenidos con respecto a los indicadores fisiológicos de crecimiento de plantas de maíz de 21 días de edad se muestran en la tabla II. En este caso, la variante de polvo de moringa solo estimula el largo de la raíz con un por ciento de incremento de 19,70, aunque sin diferencias significativas con respecto al testigo. En el resto de los indicadores evaluados los valores son menores que los alcanzados por el testigo aunque no tienen diferencias significativas con respecto a él.

Tabla II. Efecto de *Azotobacter chroococcum* fermentado en medios de cultivo compuestos por fuentes naturales sobre indicadores fisiológicos del crecimiento de plantas de maíz

Variantes	Longitud de la Raíz (cm)	Altura de las Plantas (cm)	Número de Hojas	Diámetro del Tallo (mm)	Área Foliar Total (cm^2)	Masa Fresca (g)
Medio con polvo de Guanábana	13.84 b	41.45 a	3.88 a	0.33 a	107.20 a	3.51 a
Medio con polvo de Moringa	19.02 a	33.44 b	3.33 b	0.22 b	66.19 b	2.37 b
Testigo	15.89 ab	38.04 ab	3.59 ab	0.28 a	81.47 ab	2.64 ab
Desv.Est	*5.30891*	*9.65404*	*0.569735*	*0.093749*	*42.7882*	*1.4043*
CV (%)	*32.13*	*25.91*	*15.94*	*34.56*	*51.46*	*50.53*

La variante de medio de cultivo donde se utilizó el polvo de guanábana tuvo un mejor comportamiento. Esta logró estimular todos los parámetros excepto el largo de la raíz, aunque en ninguno de los casos mostró diferencias significativas con respecto al testigo. Se destaca que logró un incremento de 1.8% de la altura de las plantas, de 8% en el número de hojas, 18% respecto al diámetro del tallo, 33% delamasa fresca y 31% el área foliar total.

En cuanto a los indicadores fisiológicos evaluados en plantas de trigo de 30 días de edad ambas formulaciones muestran beneficios, pues causan el incremento de todos ellos (Tabla III). En este caso, la

respuesta alcanzada cuando se aplicó el medio de moringa fue superior pues logró diferencias significativas en todos los indicadores excepto en el número de hojas con relación al testigo.

Tabla III. Efecto de *Azotobacter chroococcum* fermentado en medios de cultivo compuestos por fuentes naturales sobre indicadores fisiológicos del crecimiento de plantas de trigo

Variantes	Longitud de la Raíz (cm)	Altura de las Plantas (cm)	Número de Hojas	Área Foliar Total	Masa Fresca (g)
Medio con polvo de Guanábana	8.06 b	29.59 a	2.13 a	17.84 b	0.25 ab
Medio con polvo de Moringa	9.80 a	31.80 a	2.13 a	20.46 a	0.26 a
Testigo	7.01 b	25.19 b	2.06 a	11.56 c	0.19 b
Desv.Est	*2.28959*	*4.95401*	*0.381036*	*5.98572*	*0.093792*
CV (%)	*26.60*	*16.72*	*18.12*	*33.95*	*38.62*

Como se puede apreciar la respuesta de los cultivos utilizados es diferente para cada tipo de producto, lo cual puede deberse a los factores que condicionan la interacción planta-microorganismos y/o a una producción metabólica con mayor especificidad en algunos casos. Además, estos son los primeros estudios de aplicación de estas variantes en interacción con plantas, en este caso es necesario el estudio de otras dosis, formas y momentos de aplicación ya que estos aspectos también pueden influir en la respuesta. A la par se deben optimizar también parámetros tecnológicos que hagan posible la sustitución parcial o completa de estos elementos en el medio de cultivo.Aunque los dos polvos provienen de plantas con altos contenidos de nitrógeno, potasio, fósforo y otros microelementos esenciales para el crecimiento de este microorganismo se evidencia que es imprescindible avanzar en la optimización de su composición e ir evaluando, al mismo tiempo, que se mantenga el efecto estimulador sobre varias especies vegetales, ya que este es el principal atributo de la bacteria que constituye el principio activo de este producto.

CONCLUSIONES

Para el cultivo del frijol no resulta efectiva ninguna de las dos formulaciones en el estado actual, para el maíz es más adecuado el empleo de la formulación a base de polvo de guanábana y para el trigo resulta conveniente aplicar la del medio de moringa.

REFERENCIAS

1) Camelo, M.; Vera, S. P. y Bonilla, R. B. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. En: *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 2011. Vol. 12., Nº 2., pp 159-166.
2) Dibut, B., R. Martínez., Y, Ríos y Ortega, M. (2003). DIMARGON M, nueva variante nutritiva para la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de *Azotobacter*. En: Resúmenes del V Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana, 36pp.
3) STATGRAPHICS *Plus* version 5.0 Online Manual, 2000. www.statgraphics.com.
4) FAO. (1991). Expert consultation on legume inoculant production and quality control, Roma, 144 pp.
5) Martínez, R y B. Dibut. (2012). Biofertilizantes Bacterianos. Editorial Científico-Técnica. ISBN 978-959-05-0659-8. 279 pp.

INFLUENCIA DEL MEDIO DE CULTIVO SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE METABOLITOS EXCRETADOS POR *BACILLUS* SP. CEPA VC3, AISLADA DE SUELOS ULTRAMÁFICOS

INFLUENCE OF CULTURE MEDIA OVER ANTIFUGAL ACTIVITY OF METABOLITES EXCRETED BY VC3 *BACILLUS* SP. STRAIN ISOLATED FROM ULTRAMAFIC SOIL

Autores: Nayra Ochoa [1], Antonio Bell [1], Isis Amores [1], Jessica Mendoza[2], Orquídea Coto[2], Noylín Sánchez [1]

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA). Vía Blanca 804 Carretera Central. La Habana. Cuba
2. Laboratorio Biotecnología de los metales. Facultad Biología Universidad de La Habana

Resumen

Los ecosistemas extremos, como los suelos ultramáficos, constituyen fuentes potenciales para la prospección de microorganismos con actividades biológicas. En el presente trabajo se probaron diferentes fuentes de carbono en la producción de metabolitos antifúngicos por *Bacillus sp*. cepa VC3, aislada de una planta hiperacumuladora de níquel. Posteriormente se evaluó la influencia de diferentes concentraciones de miel final de caña, almidón y caseína sobre actividad antifúngica y la síntesis de proteasas mediante un diseño factorial 2^3. Se demostró que los metabolitos excretados en los medios formulados son capaces de inhibir el crecimiento de tres hongos fitopatógenos en más de un 60 %. Se excretaron proteasas a concentraciones mayores de 0,50 $\mu moles.min^{-1}.mL^{-1}$ en todos los medios de cultivos evaluados.
***Palabras claves**: suelos ultramáficos, actividad antifúngica, proteasas, medios de cultivo*

Abstract

Ultramafic soils constitute an excellent source for the screening of microorganisms producing attractive metabolites. Culture media supplemented with different carbon sources were examined for antifungal metabolite production by *Bacillus sp*.VC3 strain isolated from a Ni- accumulating plant. Subsequently, the influence over antifungal and protease activity of different concentrations of molasses, starch and casein were evaluated using a factorial design 2^3.The results demonstrated the capacity of metabolites excreted in the formulated media to inhibit mycelia growth of the three tested fungi with a percentage higher than 60 %. Concentrations of excreted proteases in each culture media exceeded 0,50 $\mu moles.min^{-1}mL^{-1}$.
***Key Words**: ultramafic soil, antifungal activity, proteases, culture media*

Introducción

El desarrollo de una agricultura sostenible y más eficiente, así como el conocimiento sobre los peligros asociados al uso de agroquímicos, han conducido a un resurgimiento en el interés de emplear microorganismos o sus metabolitos como agentes de control biológico para uso en la agricultura. Las características distintivas de los suelos ultramáficos posibilitan que la microbiota existente en estos suelos pueda ser utilizada para obtener nuevos bioproductos con alto valor agregado, útiles en la agricultura (Rajkumar *et al.*, 2009). Los estudios con bacterias para el control biológico de enfermedades se han enfocado a especies rizosféricas, principalmente del género *Bacillus*. Los metabolitos secretados en el medio Luria Bertani (LB) por *Bacillus* sp. cepa VC_3 mostraron actividad antifúngica superior al 50 % contra cinco hongos fitopatógenos: *Alternaria alternata*, *Fusarium sporotrichum*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium moniliforme* (Amores, 2013). Por este rango de acción la cepa VC_3 es promisoria para el desarrollo de un bioproducto, sin embargo el uso del medio LB trae consigo altos costos, por tanto es necesario formular un medio económico que mantenga o potencie las propiedades fungicidas de dicha cepa.

El siguiente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes fuentes carbonadas sobre la actividad antifúngica de metabolitos excretados por *Bacillus* sp. cepa VC_3

Materiales y Métodos

Microorganismos

En este estudio se utilizó la cepa *Bacillus sp.* VC3 aislada de la rizosfera de *Mosiera bullata* por su alta actividad antagonista contra hongos fitopatógenos. Para la evaluación de la actividad antifúngica de los metabolitos producidos por la cepa en estudio se utilizaron los hongos fitopatógenos *Alternaria alternata, Fusarium sporotrichum y Fusarium oxysporum.*

Experimento 1

Composición de medios de cultivo

Se formularon cuatro medios de cultivo donde se evaluaron cuatro fuentes de carbono manteniéndose constante la composición de sales y la fuente de nitrógeno. La composición de los medios fue la siguiente: Medio A Glucosa 15 g/L, Medio B Glicerol 15 g/L, Medio C Miel final de caña 15 g/L de azúcares reductores totales (ART), Medio D Sacarosa 15 g/L, el resto de los componentes fueron: Extracto de levadura 1 g/L, $(NH4)_2SO_4$ 1.2g, K_2HPO_4 2g, KH_2PO_4 1.5g, $MgSO_4.7H_2O$ 0.2g, $CaCl_2.H_2O$ 0.05g, $MnSO_4.2H_2O$ 0.009g, $ZnCL_2$ 0.001g L^{-1}.

Experimento 2

Diseño Factorial 2^3

Se emplearon como fuentes nutricionales en los medios, miel final de caña de azúcar, almidón de maíz y caseínas a 4 y 10 g/L como nivel bajo y alto y 7 g/L como punto central para aumentar la precisión del diseño. En el caso de la miel final de caña se tomó en cuenta la concentración de azúcares reductores totales (ART). La concentración de extracto de levadura y sales fue la misma empleada en el *Experimento 1*

Determinación de la actividad proteolítica de los sobrenadantes libres de células(SLC)

La actividad proteolítica de los SLC de la cepa VC_3 se midió mediante el método de Anson (Anson, 1938) con el empleo de caseína al 1 % como sustrato.

Determinación de la actividad antifúngica de los sobrenadantes libres de células (SLC).

La actividad antifúngica se determinó según (Prapagdee *et al., 2*008), el SLC se adicionó al medio de cultivo Agar extracto de malta a una concentración del 20 % v/v

Resultados y Discusión

Los resultados del *Experimento1* mostraron que la utilización de miel, sacarosa y glucosa potenciaron la síntesis de metabolitos antifúngicos, este efecto ha sido ampliamente estudiado en el género *Bacillus* sp. (Mounia *et al.,* 2014). Los SLC(s) de los medios con miel y sacarosa inhibieron más de un 30 %, el cual es informado en la literatura como criterio de selección de cepas promisorias para el control biológico (Sip *et al.,* 2007) Figura1. En relación a la actividad proteolítica, la miel final de caña de azúcar y la sacarosa resultaron ser superior al resto de las fuentes carbonadas al incrementar 5 veces la actividad proteasa comparado con la glucosa y el glicerol.

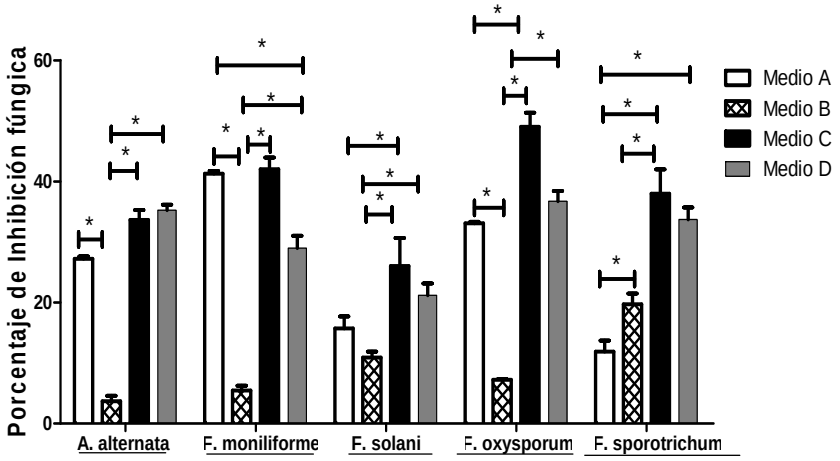


Figura1. Porcentaje de inhibición de los SLC de los medios con glucosa (Medio A), glicerol (Medio B), miel final de caña de azúcar (Medio C) y sacarosa (Medio D).

Los resultados del diseño factorial 2^3 se muestran en la Tabla 1. Los valores de porcentaje de inhibición de los tres hongos fitopatógenos en los nueve medios evaluados, oscilaron entre 39,4 ± 5,2 hasta 78,7 ± 2,0. La combinación óptima de fuentes nutricionales para el incremento del porcentaje de inhibicion de *A.alternata, F. sporotrichum* y *F. oxysporum* fueron el medio 8, 7 y 3 respectivamente.

Tabla 1. Valores del diseño factorial 2^3 para cada uno de los medios y los porcentajes de inhibición.

Medio	Almidón (g/L)	Miel final(g/L) (ART)*	Caseína (g/L)	*A.alternata* %	*F.oxysporum* %	*F.sporotrichum* %
1	4	4	4	70	64	57
2	10	4	4	58	52	53
3	4	10	4	74	72	65
4	10	10	4	57	64	62
5	4	4	10	42	39	48
6	10	4	10	77	68	59
7	4	10	10	75	66	76
8	10	10	10	78	69	69
9	7	7	7	76	67	55

La actividad proteasa alcanzada por la cepa VC_3 en los medio de cultivos evaluados se muestran en la Figura 2. La mayor actividad proteolítica de la cepa VC_3 a las 24 horas de fermentación se observó en el medio 4 con diferencias estadísticamente significativas con los medios 1, 2, 5 y 6.

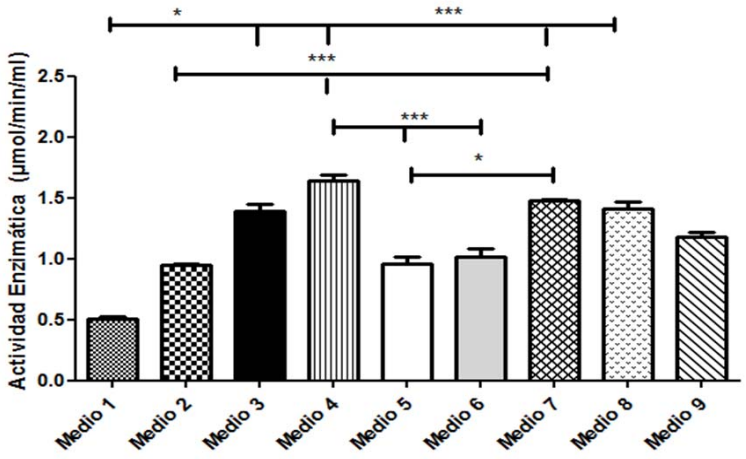


Figura 2. Actividad proteasa por el método de Anson, (1938). Las diferencias significativas se muestran con asteriscos (**p <0,05; **p < 0,01 y ***p < 0,001*) Prueba de Kruskal-Wallis.

Conclusiones

La adición de almidón, caseína y miel final de caña de azúcar como macronutriente en el cultivo de *Bacillus* sp. cepa VC_3 incrementa significativamente la actividad proteasa y el porcentaje de inhibición en *Alternaria alternata*, *Fusarium sporotrichum* y *Fusarium oxysporum.* El medio 8 se propone como óptimo, debido a que propicia el incremento significativo de metabolitos antifúngicos.

Referencias

1. M Rajkumar, M Narasimha, P F Vara, A Noriharu, Biotechnological applications of serpentine soil bacteria for phytoremediation of trace metals, Biotechnology, 2009, 29(2), 120-130.
2. Isis Amores, Caracterización de dos rizobacterias aisladas de plantas acumuladoras de níquel. Tesis presentada para optar por el título de Máster en Microbiología, 2013, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba.
3. M L Anson, The estimation of pepsin, trypsin, papain, and cathepsin with hemoglobin, J. Gen. Physiol., 1938, 2279-84.
4. B Prapagdee, C Kuekuluong, S Mongkolsuk, Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against Phytopathogeinc Fungi, Short Research Communication, Int J. Biol Sci, 2008, 4: 330-337.
5. Y Mounia, K Noreddine, C Hélène, Antifungal activity and bioactive compounds produced by *Bacillus mojavensis*y *Bacillus subtilis,* African Journal of Microbiology Research, 2014, 8(6), 476-484.
6. V Sip, J Chrpova, L Leisova, S Sykorovvesna, L Lucera, J Ovesna, Implications for *Fusarium* head blight control fromstudy of factor determining pathogen and content in grain of wheat cultivars, Stressed Environments, 2007, 281-287.

UN NUEVO VECTOR BINARIO PARA LA TRANSFORMACIÓN GENETICA DE *CANDIDA UTILIS* MEDIADA POR *AGROBACTERIUM TUMEFACIENS*

A NEW BINARY VECTOR FOR *AGROBACTERIUM TUMEFACIENS* MEDIATED GENETIC TRANSFORMATION OF *CANDIDA UTILIS*

Tania González[1], Jorge Félix Borroto[1], Isis Amores, Aldo Enríquez González[2]

[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).Vía Blanca 804 y Carretera Central, PO Box: 4026, CP: 11000, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.
[2]Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBM-CSIC), Madrid, España
tania.gonzalez@icidca.azcuba.cu, jorge.borroto@icidca.azcuba.cu, isis.amores@icidca.azcuba.cu, aldo@cbm.csic.es

RESUMEN
El potencial de *Candida utilis* para expresar genes heterólogos ha sido demostrado. Sin embargo, los sistemas para la transformación genética de esta levadura son escasos y están protegidos por patentes. En un trabajo previo construimos el vector binario pBIYP para levaduras y demostramos la transformación eficiente de *C. utilis* mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. Se obtuvieron colonias resistentes a geneticina, pero no se detectó la expresión del gen reportero, probablemente debido a la pérdida de nucleótidos en el extremo 3' del T-DNA. En el presente trabajo se construyó un nuevo vector binario (p1300V3) para solucionar este problema, ubicando el marcador de selección próximo al borde izquierdo del T-DNA. El plásmido pCAMBIA1300 se empleó como esqueleto para construir el p1300V3, mediante la inserción de un casete liberado a partir del pBIYP. Contiene el promotor GAP de *C. utilis* previo al gen *gus* para expresar este gen reportero foráneo en esta especie.
Palabras clave: *Agrobacterium tumefaciens, Candida utilis, vector binario, transformación*

ABSTACT
The potential of *Candida utilis* for heterologous gene expression has been demonstrated. However, genetic transformation systems for this yeast are scarce and protected under patent. In a previous work we constructed the binary vector pBIYP for yeast transformation and demonstrated the efficient transformation of *C. utilis* mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Geneticin-resistant colonies were obtained, but expression of the reporter gene was not detected, probably due to loss of nucleotides from the 3' end of the T-DNA. In the present work, a new binary vector (p1300V3) was constructed to solve this trouble, by placing the selection marker near the left border of the T-DNA. The pCAMBIA1300 plasmid was used as a backbone to construct the p1300V3 plasmid by the insertion of a cassette sliced from the pBIYP plasmid. It contains the *C. utilis* GAP promoter previous to the *gus* reporter gene to express this foreign gene in this specie.
Key words: *Agrobacterium tumefaciens, Candida utilis, binary vector, transformation*

INTRODUCTION

Candida utilis is an industrially important microorganism. Engineering of this food grade yeast has permitted high production of carotenoids, α-amylase, xylanase, L-lactic acid as well as the sweet protein monellin (Tamakawa et al. 2012; Wey et al. 2010). However, heterologous protein expression in this yeast is still restricted, as a consequence of the lack of suitable transformation systems. Those reported are scarce and mostly protected under patent. Therefore, it is indispensable to design new systems to efficiently express foreign genes in this promissory industrial microorganism.

Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation (ATMT) has long been used for genetic modification of a range of plant species. It has been demonstrated that, under laboratory conditions, the host range of *Agrobacterium* can be extended to non-plant eukaryotic organisms (Michielse et al. 2005). With its high transformation efficiency, ATMT is becoming a powerful tool for molecular genetics of fungi, especially yeast. Under this precedent, ATMT would be an alternative for the development of new transformation systems for *C. utilis*.

In a previous work we described the development of a novel integrative transformation system for *C. utilis*, based on the use of *A. tumefaciens*. Probable lost of nucleotides near to the T-DNA right border suggested the necessity of create new binary vectors to succeed the expression of the gene of interested. The present work aims to solve this problem through the construction of a new binary vector with the selection marker near the left border of the T-DNA and the gene of interest near to the right border.

MATERIALS AND METHODS

Escherichia coli Top10 was used for the construction, propagation and amplification of the plasmids used in this study. It was grown in LB medium (Sambrook et al., 1989) at 37°C. Kanamycin (50 µg/ml) was added to LB for growth of cells transformed with the recombinant plasmids.

Table 1 gives an overview of the plasmids. All DNA manipulations were performed according to Sambrook *et al*. (1989). The strategy for the construction of the new plasmid is shown in Figure 1.

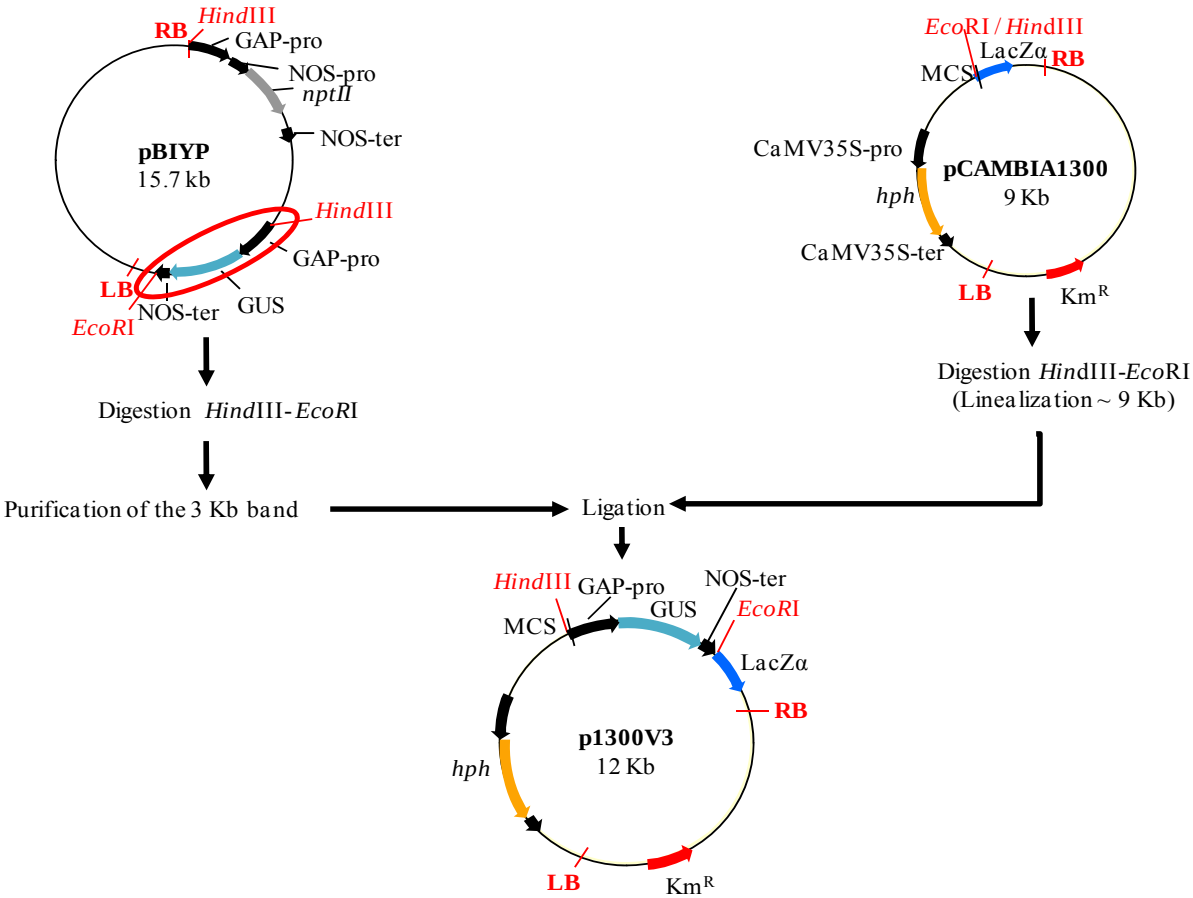


Figure 1. Strategy for the construction of the new binary vector for *C. utilis* transformation.

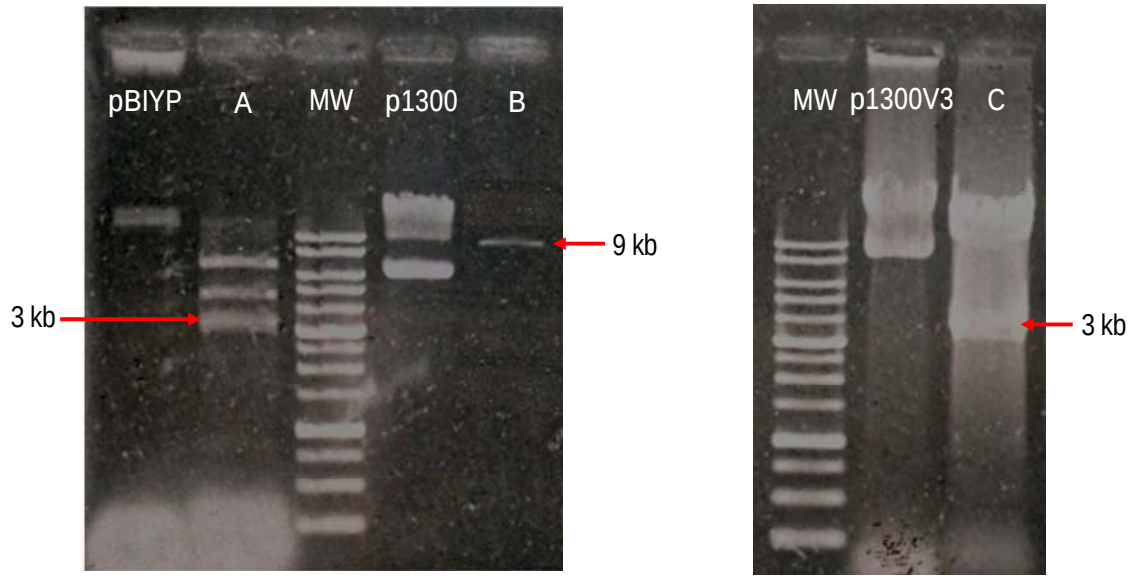
Table 1. Plasmids used in this study

Plasmid	Characteristics	Reference
pCAMBIA1300	- Binary vector for plant transformation. Contains *nptII* gene for kanamycin selection in plants and bacteria and GUS gene under the CaMV35S as reporter	http://www.cambia.org/2010
pBIYP	- Derivative of pBI121 with *C. utilis* GAP promoters previous to the GUS and to the *nptII* cassettes for screening and geneticin selection in yeast	González et al., 2013
p1300V3	- Binary vector for yeast transformation. Contains the *gus* gene under the *C. utilis* GAP promoter	This study

RESULTS AND DISCUSSION

The new binary vector p1300V3 was constructed from the plasmids pCAMBIA 1300 and pBIYP previously digested with *Hin*dIII and *Eco*RI enzymes (Fig. 2A). Ligation of the linealized pCAMBIA1300 with the cassette sliced from pBIYP permitted to obtain of the p1300V3 vector, which was checked through digestion with the corresponding enzymes (Fig. 2B).

This construction constitutes a new binary vector with the *gus* reported gene placed near to the 3' site of the T-DNA and the resistance marker near to the 5' extreme. This will guarantee that all the transformants will contain the complete reporter gene, avoiding loss of nucleotides in this site. This is the first report of a binary vector containing hygromycyn as selection marker and the *gus* gene under a yeast promoter for its transformation via ATMT.



A: pBIYP digestion *Hin*dIII/*Eco*RI
B: p1300 digestion *Hin*dIII/*Eco*RI
MW: molecular weight marker (1 Kb DNA Ladder)

C: p1300V3 digestion *Hin*dIII/*Eco*RI
MW: molecular weight marker
(1 Kb DNA Ladder)

Figure 2. Binary vector p1300V3 from pBIYP (A) and pCAMBIA1300 (B), and checking of the new plasmid by digestion with restriction enzymes (C).

The transformation of the new binary vectors p1300V3 in *A. tumefaciens* will permit the transformation of *C. utilis*. These experiments are in course in our laboratory at present.

CONCLUSIONS

A new binary vector for yeast ATMT has been constructed harboring the resistance marker near to the 5' site of the T-DNA and the *gus* reporter gene near to the 3' extreme in order to avoid loss of nucleotides. It contains the *C. utilis* GAP promoter for gene expression in yeasts.

REFERENCES

1. González T, Eng F, Fraga R, Fonseca J, Amores I. The glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase promoter of the food yeast *Candida utilis* strain NRRL Y-660 is functional in *Agrobacterium tumefaciens*. Journal of Applied Genetics, 2013, 54, , 495-499. ISSN.
2. Michielse C, Hooykaas P, van den Hondel C, Ram A. *Agrobacterium*-mediated transformation as a tool for functional genomics in fungi. Current Genetics, 2005, 48, ,1-17.ISSN.
3. Sambrook J, Fritsch EF and Maniatis T (1989) Molecular Cloning: A laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
4. Tamakawa H, Ikushima S, Yoshida S. Efficient production of L lactic acid from xylose by a recombinant *Candida utilis* strain. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2012, 113, ,73–75.ISSN.
5. Wey W, Hong-Lan Y, HuiFang B, Daoyuan Z, Qi-mu-ge S, Wood A. The effective expression of xylanase gene in *Candida utilis* by 18S rDNA targeted homologous recombination in pGLR9K. Molecular Biology Rep, 2010, 37, ,2615–2620.

EVALUACIÓN DE CONDICIONES PARA LA PROPAGACIÓN DE *Bacillus megaterium MS941*

EVALUATION OF CONDITIONS FOR PROPAGATION OF *Bacillus megaterium MS941*

K. Tortoló; A. Bell; R. Fraga; N. Sánchez; S. Mato

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
keyla.tortolo@icidca.azcuba.cu

Resumen
Se evaluó la potencialidad de la cepa *Bacillus megaterium* MS941, para crecer en medios formulados a partir de vinazas de destilerías, en dos niveles de DQO, con suplementación de nitrógeno y fósforo, en frascos agitados a nivel de zaranda. Se alcanzaron ganancias netas de biomasa de 3,5 y 4,3 $g.L^{-1}$, para el nivel bajo y alto de DQO. Para evaluar la influencia de la velocidad de agitación, en el medio con 20 $g.L^{-1}$ de glucosa, sobre el crecimiento de la cepa, en cultivo discontinuo a 500 y 700 $r.min^{-1}$ se mantuvieron constantes la temperatura y el pH (37°C y 7,0), determinándose que el incremento de la agitación favorece el crecimiento microbiano. Se evaluaron en medios formulados a partir de vinazas con suplementación de nitrógeno y fósforo, la influencia de temperatura, pH y DQO, alcanzando valores de ganancia neta de biomasa de 4,7$g.L^{-1}$, a 37°C, pH 7,0 y una DQO de 13 $g.L^{-1}$.
Palabras claves: *Bacillus megaterium*, vinazas de destilerías, biomasa.

Abstract
The potentiality of *Bacillus megaterium* MS941 to grow in formulated media from distillery slops was evaluated at two levels of chemical oxygen demand (COD), supplemented with nitrogen and phosphorus in shake flask at shaker scale. Biomass net gains of 3,5 y 4,3 $g.L^{-1}$ for the low and high level of COD respectively were achieved. To evaluate the influence of stirring speed on strain growth in the medium with 20 g.L-1 of glucose, in batch culture at 500 y 700 $r.min^{-1}$ keeping constant the temperature and pH (37°C and 7,0), determining that the increase of the stirring favors the microbial growth. The influence of temperature, pH and COD was evaluated in medias formulated from distillery slops supplemented with nitrogen and phosphorus, achieving biomass net gains of 4,7$g.L^{-1}$ at 37°C, pH 7,0 and COD of 13 $g.L^{-1}$.
Key words: *Bacillus megaterium*, distillery slops, biomass.

Introducción

El P es un elemento esencial en el metabolismo de las plantas. Se encuentra en la mayoría de los suelos en forma insoluble, donde están presentes microorganismos que tienen alta actividad de solubilización y mineralización de P (1). La eficiencia con la cual las plantas son capaces de acceder a este nutriente a través de asociaciones microbianas pudiera ser de considerable beneficio tanto económico como medioambiental.
Por otra parte las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal pueden ejercer efectos favorables en el desarrollo de las plantas colonizando las raíces y modulando su crecimiento (2), siendo usadas como biofertilizantes y estimuladores del crecimiento vegetal, reduciendo así el uso de fertilizantes químicos (3).
B. megaterium es una bacteria que puede encontrarse en el suelo y en diversos ambientes. Puede crecer en una amplia variedad de fuentes de carbono (4). Resultaría interesante estudiar opciones para la propagación de una cepa de *B. megaterium* que posteriormente pudiera tener diferentes usos. Para ello se debe evaluar las potencialidades de crecimiento de la misma en diferentes medios y condiciones de cultivo, para lo cual se definen como objetivos, evaluar la capacidad de crecimiento de la cepa *B. megaterium* MS941, en frascos agitados a nivel de zaranda, en medios formulados a partir de vinazas y evaluar la influencia de parámetros de fermentación en modo de operación discontinuo sobre el crecimiento de dicha cepa.

Materiales y Métodos

La cepa *Bacillus megaterium* MS941 (5), se mantiene conservada en medio líquido Luria-Bertani (LB) (6) suplementado con glicerol al 15 % (v/v). La biomasa se transfirió a los matraces invaginados con caldo LB estéril, a razón de 10% (v/v), se colocó en zaranda termostatada con agitación rotatoria a 37 °C y 175 $r.min^{-1}$ durante 16 horas hasta la fase exponencial de su crecimiento.

Estudio de capacidad de crecimiento a nivel de zaranda

Los cultivos obtenidos fueron inoculados en matraces invaginados de 1L con 100 mL de medio a razón de 10% (v/v). Todos los medios se esterilizaron a 121°C por 20 minutos. Se trabajó en zaranda termostatada rotatoria a 30 °C y 175 $r.min^{-1}$, durante 12 horas. Los medios evaluados se describen en la Tabla I.

Tabla I Descripción de los medios de cultivos estudiados.

Medios	Composición
1 (2XYT)	Tryptona (16 $g.L^{-1}$), extracto de levadura (10 $g.L^{-1}$), NaCl (5 $g.L^{-1}$). Los componentes se disolvieron en una solución tampón Tris-HCl a 100mM y pH 6,4
2 (A5) (7)	D-glucosa (30 $g.L^{-1}$), $(NH_4)_2SO_4$ (2 $g.L^{-1}$), $MgSO_4$ (0,3 $g.L^{-1}$), extracto de levadura (0,5 $g.L^{-1}$), KH_2PO_4 (3,52 $g.L^{-1}$), $Na_2HPO_4.2\ H_2O$ (7,26 $g.L^{-1}$) y elementos traza.
3	Vinaza de destilería con una DQO de 61 $g.L^{-1}$.
4	Vinaza de destilería con una DQO de 13 $g.L^{-1}$.
5	Vinaza de destilería (DQO: 61 $g.L^{-1}$), $(NH_4)_2SO_4$ (2 $g.L^{-1}$), extracto de levadura (0,5 $g.L^{-1}$) y KH_2PO_4 (3,52 $g.L^{-1}$), Na_2HPO_4. 2 H_2O (7,26 $g.L^{-1}$).
6	Vinaza de destilería (DQO: 13 $g.L^{-1}$), $(NH_4)_2SO_4$ (2 $g.L^{-1}$), extracto de levadura (0,5 $g.L^{-1}$) y KH_2PO_4 (3,52 $g.L^{-1}$), Na_2HPO_4 . 2 H_2O (7,26 $g.L^{-1}$).

Evaluación del incremento de la agitación sobre el crecimiento microbiano

En fermentadores Marubishi de 5 L, con volumen efectivo de 2 L, y relación de inoculación de 10% (v/v), se llevó a cabo la fermentación discontinua con un medio formulado con glucosa a 20 $g.L^{-1}$ suplementado con $(NH_4)_2SO_4$, extracto de levadura y KH_2PO_4 ajustando los requerimientos de nitrógeno tomando como referencia la formulación del medio A5. El pH y la temperatura de trabajo establecidos fueron de 7,0 y 37°C. La aireación se mantuvo en 1 vvm y la agitación se trabajó en valores de 500 y 700 $r.min^{-1}$. La biomasa se cuantificó como materia seca gravimétrica (MSG), cada 2 horas.

Estudio del efecto de temperatura, pH y concentración de vinaza sobre el crecimiento microbiano .

Se evaluó el crecimiento de *B. megaterium* MS941 en fermentación discontinua, en medios formulados con vinazas de destilerías, $(NH_4)_2SO_4$ (4 $g.L^{-1}$), extracto de levadura y KH_2PO_4 (1 $g.L^{-1}$). Se trabajó en fermentadores Marubishi con volumen efectivo de 2 L, y una relación de inoculación de 10 % (v/v). Se empleó en el proceso una aireación de 1 vvm y una agitación de 700 $r.min^{-1}$. Se evaluaron 4 variantes por duplicado en las cuales se combinaron los factores temperatura, pH y DQO, según Tabla II, para medir su influencia en el crecimiento microbiano. La biomasa obtenida se cuantificó por la determinación de MSG, cada 2 horas. Los valores del crecimiento microbiano expresado como MSG fueron analizados mediante Prueba de múltiples rangos (LSD) al 95 % de confianza, con el programa STATGRAPHICS Centurion.

Tabla II Variantes estudiadas para fermentación discontinua, en medios con vinaza.

Variantes	Condiciones de trabajo
1	30°C-- pH 5,4—14 $g.L^{-1}$ DQO
2	30°C-- pH 7,0—56 $g.L^{-1}$ DQO
3	37°C-- pH 5,4-- 56 $g.L^{-1}$ DQO
4	37°C-- pH 7,0-- 14 $g.L^{-1}$ DQO

Determinación de materia seca gravimétrica (MSG)

La biomasa lavada obtenida por centrifugación fue secada en estufa a 105°C. Los resultados se expresaron como ganancia neta de biomasa (GNB), calculando la diferencia entre las horas finales e iniciales de la fermentación.

Resultados y Discusión

Estudio de capacidad de crecimiento a nivel de zaranda

La evaluación de las potencialidades de crecimiento de la cepa *B. megaterium* MS941 en diferentes medios resulta interesante para la propagación de este microorganismo y su posterior empleo en otros fines, por ejemplo producción de biofertilizantes. Se evaluó el crecimiento de esta cepa a nivel de zaranda en similares condiciones de temperatura y agitación (30 °C y 175 min^{-1}) para todas las variantes, estableciendo como control el medio 1.

Según se observa en Figura 1, existe diferencia significativa entre las medias de la GNB de la variante control con respecto al resto de las variantes, exceptuando la 5, lo que sugiere que la presencia de una carga orgánica de 61g.L^{-1} de DQO y la suplementación son factores que inciden de forma positiva en el crecimiento neto de esta bacteria.

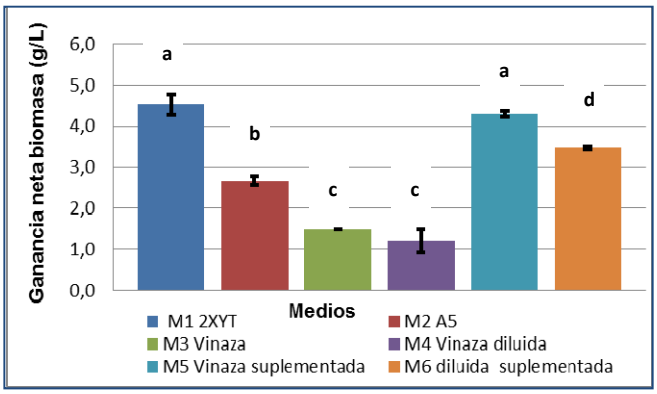


Fig.1. Ganancia Neta de Biomasa en medios de cultivo. Letras diferentes indican diferencias

La diferencias de los medios 5 y 6 al compararlos con sus homólogos sin suplementar (medios 3 y 4) confirman que el nitrógeno total presente en vinazas de destilerías no corresponde a formas asimilables por la mayoría de los microorganismos, de ahí que se evaluara el efecto de una suplementación adicional ($(NH4)_2SO_4$ y extracto de levadura) que aportara este elemento y vitaminas.

Las velocidades específicas de crecimiento para los medios que contienen vinazas (61 y 13 g.L^{-1} de DQO) suplementadas, alcanzaron valores de 0,063 y 0,071 h^{-1} respectivamente los cuales resultaron inferiores a los obtenidos por otros autores (8) a nivel de zaranda con medios formulados a partir de mieles de caña y suplementos nitrogenados (licor de maíz o NH_4Cl) con valores de $\mu_{máx}$ de hasta 0,16h^{-1}

El pH se mantuvo en el intervalo de 6,5 y 7,5 para todos los medios analizados. Se evidenció la efectividad del tampón fosfato, que aporta además microelementos como S, K y Na al medio de fermentación.

Evaluación del incremento de la agitación sobre el crecimiento microbiano

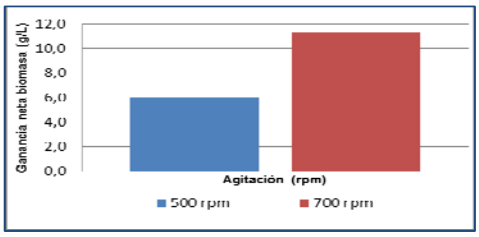


Figura 2. Influencia de la agitación sobre la Ganancia neta de biomasa

En la fig. 2 se muestra la GNB para agitación de 500 y 700 r.min^{-1} manteniendo constantes los factores temperatura (37 °C), pH (7,0) y concentración de glucosa (20 g.L^{-1}). No se encontró diferencias significativas, obteniéndose un valor de *p* mayor que 0,05 (0,1167). La Tabla III refleja los valores de los parámetros cinéticos para 500 y 700 min^{-1}. Se observó que el incremento de la agitación conduce al incremento de todos los parámetros, resultados favorables para cumplir con los objetivos propuestos.

Tabla III. Parámetros cinéticos obtenidos en fermentación discontinua para 500 y 700 min^{-1}

Variantes	GNB (g.L^{-1})	μ (h^{-1})	$Y_{X/S}$	Productividad (g.$L^{-1}h^{-1}$)	t_d (h)
500 r.min^{-1}	6,0	0,13	0,30	0,60	5,33

700 r.min^{-1}	10,8	0,22	0,52	1,08	3,15

Estudio del efecto de temperatura, pH y concentración de vinaza sobre el crecimiento microbiano

En la Figura 3 que existe una diferencia significativa de la GNB para un valor-p menor que 0.05 (0,0155), entre la variante 4 y el resto, lo que sugiere que las condiciones de temperatura y pH (37 °C y 7,0), y la carga orgánica de 13g.L^{-1} inciden de forma positiva en el crecimiento neto de esta bacteria. Para estos niveles se obtuvieron valores de velocidad específica de crecimiento de 0,244 h^{-1}, un tiempo de duplicación de 2,84 h y una productividad de 0,47 g.L^{-1}.h^{-1}.

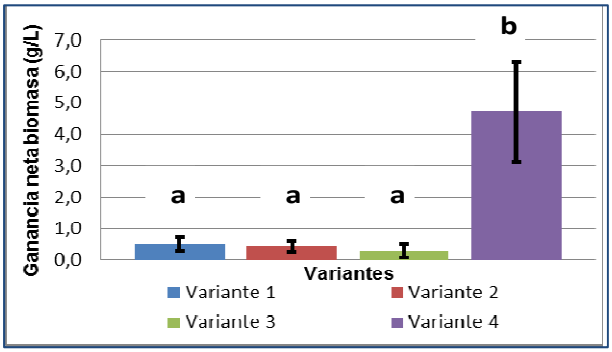


Figura 3. Ganancia neta de biomasa para variantes de condiciones de fermentación. Letras diferentes indican diferencias significativas

Otros autores emplearon una cepa de *B. megaterium* para la producción de Poli-Hidroxi-Butirato en un medio formulado con mieles de caña de azúcar y licor de maíz, en cultivo discontinuo, obtuvieron 7,2 g.L^{-1} de biomasa, suplementando el medio con 4 % (p/p) de miel.

Sin embargo, un incremento de 6 % (p/p) en la concentración de miel y la adición de 0,5g.L^{-1} de NH_4Cl disminuyeron las concentraciones de biomasa obtenidas (aproximadamente a 4 g.L^{-1}), valor muy semejante al obtenido en este trabajo (8).

Conclusiones

Pudieran emplearse los medios que contienen vinaza como fuente de carbono y energía, acompañados de nutrientes que provean a esta cepa de cantidades de nitrógeno, fósforo y vitaminas necesarios para el crecimiento. Considerando estos resultados de referencia, la GNB obtenida (4,70 g.L^{-1}), puede ser promisoria, para un medio de cultivo formulado con vinazas como fuente mayoritaria de carbono.

Bibliografía

1. Sashidhar, B. y Podile, A. R. Mineral phosphate solubilization by rhizosphere bacteria and scope for manipulation of the direct oxidation pathway involving glucose dehydrogenase. Journal of Applied Microbiology, 2010, 109:1–12.
2. Kohler J., Caravaca, F. y Roldán, A. Effect of drought on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* grown in a degraded soil inoculated with PGPR and AM fungi. Applied Soil Ecology . 2009, 42: 160–165.
3. Zahir A., Arshad M. y Frankenberger W. *Rhizobacteria*: Applications and Perspectives in Agriculture. Advances in Agronomy, 2004, Volume 81.
4. Vary, P.S.; et al. *Bacillus megaterium*-from simple soil bacterium to industrial protein production host. Appl Microbiol Biotechnol, 2007, 76: 957-967.
5. Wittchen, K.D., Meinhardt, F. Inactivation of the major extracellular protease from *Bacillus megaterium* DSM319 by gene replacement. Appl. Microbiol. Biotechnol, 1995. 42: 871-877.
6. Sambrook, J., Russell, D.W., 2001. Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Woodbury, NY.
7. Malten, et al. Production and secretion of recombinant *Leuconostoc mesenteroides* dextransucrase DsrS in *Bacillus megaterium*. . Biotechnol Bioeng, 2005, 89:206-218.
8. Chaijamrus, S., Udpuay, N. Production and Characterization of Polyhydroxybutyrate from Molasses and Corn Steep Liquor produced by *Bacillus megaterium* ATCC 6748. Agricultural Engineering International X, 2008.

INCREMENTO DE LA BIOMASA DE LA LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* CON APLICACIÓN DE UN CAMPO MAGNÉTICO DE INTENSIDAD CONSTANTE

INFLUENCE OF A STATIC MAGNETIC FIELD ON BIOMASS INCREMENT OF THE YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Siannah María Mas Diego[1], Guillermo Ribeaux Kindelán[1], Carlos A. Cabrera Chamizo[2].

1. CNEA. Santiago de Cuba. Cuba. E-mail: siannah@cnea.uo.edu.cu
2. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Oriente, Cuba.

RESUMEN

Se estudió la influencia del campo magnético estático sobre la biomasa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en fermentadores de 1000 mL a 25ºC. Se evaluó el crecimiento de este microorganismo en miel virgen de caña en presencia de un campo magnético (CM) estático con una media en la región de trabajo de 55.5 mT y 278.8 mT con 3 y 5 pases. Los resultados mostraron que el CM estimula o inhibe la formación de biomasa, en función de la inducción del campo y el número de pases aplicados. Se observó que los CM afectan el consumo de sustrato por parte del cultivo mostrando que bajo ciertas condiciones los microorganismos tratados pueden tener mejor aprovechamiento del sustrato. El tratamiento con una inducción del campo de 278.5 mT y 3 pases presentó una formación de biomasa 24.3 % mayor y un consumo de sustrato 26.9 % menor en comparación con el control.

Palabras Claves: campo magnético, levadura, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

A study of the influence of a static magnetic field on biomass production of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* in fermenters 1000 mL at 25ºC was accomplished. The biomass production of this organism in virgin sugar-cane molasses was evaluated in the presence of a static magnetic field (MF) with an average in the working region of 55.5 mT and 278.8 mT and 3 and 5 passes. The results showed that MF stimulates or inhibits biomass production, depending on the induction field and the number of passes applied. It was observed that MF affects substrate consumption by the culture that under certain conditions the treated microorganisms can make better use of the substrate. The treatment of 278.5 mT and 3 passes produced 24.3% higher biomass and 26.9% lower substrate consumption compared to the control.

Keywords: magnetic field, yeast, *Saccharomyces cerevisiae*.

INTRODUCCIÓN

El proceso actual de destilación de alcoholes en la planta Destilería Hatuey (Santiago de Cuba) está dividido en dos partes, la obtención de aguardiente a partir de mieles y la obtención de alcoholes de primera y segunda a partir de alcohol técnico B. Para el proceso de fermentación se utiliza la levadura (alcoholera-panadera) *Saccharomyces cerevisiae*, que se envía desde La Habana.

La primera etapa del proceso de fermentación consiste en lograr un aumento de levaduras para lo cual se inocula a nivel de laboratorio en un medio esterilizado formado por agua, miel, fosfato, y urea y se deja reposar durante 24h.

La segunda etapa del proceso de fermentación consiste en pasar el cultivo del laboratorio hasta los tanques cultivadores, en donde la temperatura debe mantenerse al igual que en los cultivadores a 34 ºC para garantizar una óptima calidad del proceso; se añade agua, miel, fosfato y urea y además se regula el pH con ácido sulfúrico y en este caso se suspende la aireación para que comience la fermentación anaerobia.
Desde la década de 1950, varios investigadores han estudiado los efectos biológicos del campo magnético [1-3]. Los microorganismos responden a la exposición de campos magnéticos dependiendo de la energía y la distribución espacial de dicho campo. Existen reportes de cambios en su morfología, características fisiológicas, bioquímicas y en sus características genéticas [4-5].
Experimentos realizados por Otabe y col. [1] en la levadura *Candida utilis* a inducciones del campo electromagnético de 500 y 800 Gauss (50 y 80 mT), indican que explorando a niveles de inducción alrededor de 80 mT podrían alcanzarse mejores incrementos en la biomasa celular.
En el presente trabajo se realiza un estudio de la fase de crecimiento de la *Saccharomyces cerevisiae* (segunda etapa), con la finalidad de conocer los parámetros más importantes para su futuro uso en la fermentación alcohólica, en este caso no se proponen los métodos convencionales, sino que, se enfocará la investigación a la aplicación de un campo magnético, buscando las ventajas que puedan ofrecerse en este ámbito.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología de la Sala de Fermentación del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA).
Microorganismo: *Saccharomyces cerevisiae,* procedente de la Destilería Hatuey (Santiago de Cuba)
Medio de cultivo: Miel virgen de caña (20 g); KH_2PO_4 (0.2 g), $(NH_4)_2SO_4$ (0.3 g), $MgSO_4.7H_2O$ (0.1 g), Extracto de levadura (0.4 g), Peptona (0.36 g) sobre la base de 1 L, con un pH ajustado a 5,4 [6]. Se esterilizó a 1 atm de presión y 121 °C durante 20 min.
Diseño experimental: Factorial 2^2, se consideraron dos variables independientes:
X_1: Inducción electromagnética (B: mT)
X_2: número de pases aplicados
Se exploró en dos niveles:
X_1: 55.5 y 275.8 mT
X_2: 3 y 5 pases
Los intervalos de trabajo fueron escogidos sobre la base de la experiencia acumulada en estudios anteriores, donde fue posible determinar las inducciones electromagnéticas y tiempos de exposición que producían un efecto evidente sobre el desarrollo celular, de acuerdo con las particularidades del estimulador magnético empleado.
Las variables dependientes fueron:
Y_1: Biomasa (g de células/L) mediante gravimetría
Y_2: Azúcares reductores totales (g/L) por el método de Eynon y Lane [6]
Y_3: Velocidad específica de crecimiento (h^{-1})
Y_4: Factor de conversión de sustrato en célula (g/g)
Y_5: Productividad de biomasa (g/L·h)
Para procesar los datos experimentales se usó el paquete estadístico StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (Data Analysis Software System), versión 7.
Tratamiento magnético: Se empleó un circuito magnético con núcleo de hierro e imanes permanentes de tierras raras (NeFeB), con dimensiones 40x40x4 mm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que la aplicación de un campo magnético influye sobre el crecimiento celular de la *S. cerevisiae* en función de la intensidad del campo y el número de pases aplicados (figura 1). Como se

observa, en comparación al control se acelera el crecimiento, con 3 pases para un campo de 278.5 mT, con 5 pases para un campo de 278.5 mT y con 3 pases para un campo de 55.5 mT, de mayor a menor influencia en este mismo orden.

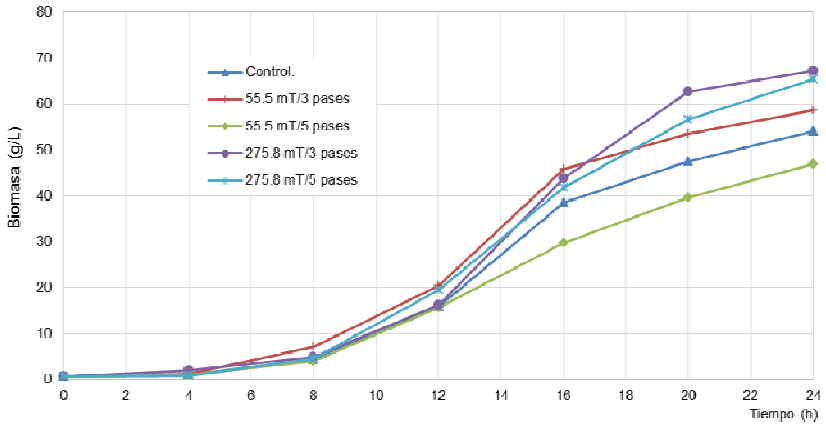


Fig. 1. Producción de biomasa de *S. cerevisiae*, sin tratamiento y con 3 y 5 pases con campos de 55.5 y 278.5 mT

Estos resultados son similares a los obtenidos por Berlot y col. [7] en el crecimiento de *Saccaromyces cerevisiae* expuesta a un campo magnético estático de 140 mT. De acuerdo con sus resultados no se observaron cambios notables en la estructura celular, pero se obtuvo un crecimiento más rápido. Los mejores resultados para la producción de biomasa representaron un incremento de un 28 % con respecto a la levadura no tratada.

Como se observa de la Fig 1, a las 18.4 horas después de haber aplicado el tratamiento con un campo de 278.5 mT y con 3 pases, se alcanza el máximo valor de biomasa. Esto tiene una implicación tecnológica, ya que si se aplica este tratamiento al inóculo, una vez transcurridas 18,4 horas se puede suspender la aireación al cultivador para que comience la fermentación anaerobia. De esta forma se ahorra en cada ciclo de fermentación 5.6 horas.

El factor de conversión sustrato en células ($y_{S/X}$) los cultivos tratados fue superior al control (fig. 2). En los experimentos con tratamiento magnético existe un mayor aprovechamiento de este, es decir, se produce mayor cantidad de biomasa con menor consumo de sustrato.

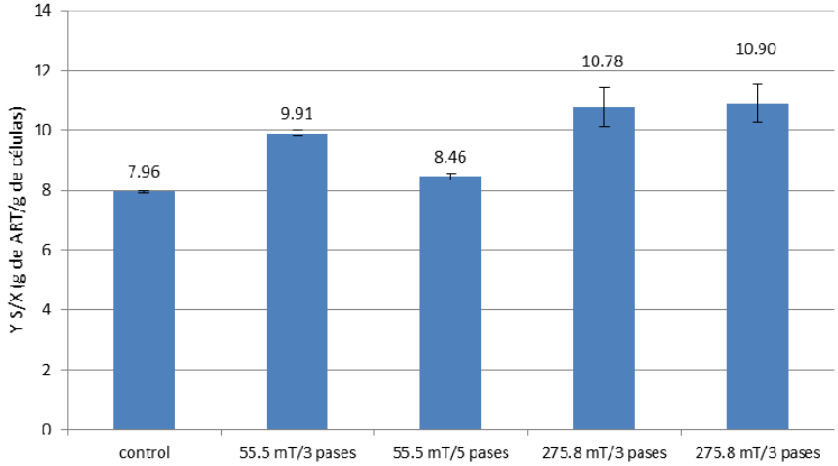


Fig. 2. factor de conversión sustrato en células ($y_{S/X}$) para *S. cerevisiae*, sin tratamiento y con 3 y 5 pases con campos de 55.5 y 278.5 mT

El modelo matemático que se obtuvo para esta variable se muestra a continuación:

$Y\ x/s = 12.504 - 8.707 \cdot 10^{-3} \cdot B + 3.623 \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot Np$……. (Ec. 1)

La conversión de sustrato en célula solo depende de los valores del campo y la combinación entre los valores del campo y el número de pases. Este modelo posee un ajuste de 0.8892. Para mayores valores de inducción del campo se obtiene mayores valores para la conversión de sustrato en célula, lo mismo se obtiene cuando se combina el efecto de los valores de inducciones con el número de pases esto es, se obtiene mayor conversión cuando se aplica mayores valores de inducción con menor número de pases.
Experimentos realizados por Mattar y col [8] en *S. cerevisiae* cultivada bajo campos magnéticos pulsantes reportaron un incremento en la conductividad eléctrica durante y después del tratamiento, lo que se vio reflejado en la formación de poros en la membrana celular. El mecanismo propuesto por Lin [4] plantea que el campo magnético actúa mediante la re-orientación de los fosfolípidos de la membrana celular y que esta orientación provoca un cambio en los canales iónicos, afectando su cinética de activación. El incremento del flujo de nutrientes hacia el medio intracelular puede ser la causa de una aceleración del metabolismo y un mejor aprovechamiento del sustrato.

CONCLUSIONES

La aplicación de un campo magnético estático a *Saccharomyces cerevisiae* con una inducción del campo de una media en la región de trabajo de 278.5 mT con 3 pases, incrementa la formación de biomasa en un 24.3 % y disminuye el consumo de sustrato en 26.9 % en comparación con el control, disminuyendo el tiempo en el tanque cultivador en 5.6 horas.

REFERENCIAS

1. Otabe E S, Kuroki S, Nikawa J, Matsumoto Y, Ooba T, Kiso K, Hayashi H. *Yeast cells proliferation on various strong static magnetic fields and temperatures,* Journal of Physics, Conference Series, pág. 156, 2009.
2. Ruiz-Gomez M.J., Prieto-Barcia M.I, Ristori-Bogajo E, Martínez-Morillo M. *Static and 50 Hz magnetic fields of 0.35 and 2.45 mT have no effect on the growth of Saccharomyces cerevisiae*. Bioelectrochemistry 64: 151–155. 2004.
3. Oliveira L, Monte R, Garcia C, Cuellar J. *Effects of magnetic fields on biomass and glutathione production by the yeast Saccharomyces cerevisiae*, Process Biochemistry, 45: 1362-1367, 2010.
4. Lin JC. *Electromagnetic fields in biological systems*. CRC Press, Boca Raton, USA. 2011
5. Zapata J, Germán O, Edna J, Márquez F. *Efectos de los campos magnéticos sobre el crecimiento de Saccharomyces cerevisiae*, Interciencia 27 (10): 544-550, 2002.
6. De Whalley H C S (Ed). *ICUMSA Methods of Sugar Analysis: Official and Tentative Methods Recommended by the International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA).* Elsevier, 166 p. 2013
7. Berlot M, Rehar T, Fefer D, Berovic M. *The influence of treatment of Saccharomyces cerevisiae inoculum with a magnetic field on subsequent grape must fermentation*, Chem. Biochem. Eng. Q., 27 (4): 423–429. 2013
8. Mattar J R, Turk M F, Nonus M, Lebovka N I, El Zakhem H, Vorobiev E. *S. cerevisiae fermentation activity after moderate pulsed electric field pre-treatments*, Bioelectrochemistry, 103: 92-97. 2015

EVALUACIÓN MEDIANTE LA ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR) DE LA BIODEGRADACIÓN DE LAS PAREDES CELULARES DEL BAGAZO PRETRATADO DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM LIN*) POR LA CEPA *TRICHODERMA VIRIDE M5- 2*

EVALUATION USING FOURIER TRANSFORMED-INFRARED SPECTROSCOPY (FT-IR) OF BIODEGRADATION BY THE STRAIN *TRICHODERMA VIRIDE M5-2* FROM THE CELL WALLS OF SUGARCANE (*SACCHARUM OFFICINARUM LIN*) BAGASSE PRETREATED

Elaine Valiño, A. Elías, Marlen Rodríguez[1], y Nereyda Albelo.
Instituto de Ciencia Animal Carretera Central km 47 ½, Apdo. Postal 24, San José de las Lajas C.P.32700, Mayabeque, CUBA Tel: (047)599181,
1 Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE, Universidad de la Habana)

Resumen
El objetivo fue comprobar los cambios moleculares que se producen en el bagazo de caña de azúcar pretratado con hidróxido de calcio y fermentado con la cepa de hongo mutante *Trichoderma viride M5-2* mediante Espectroscopia Infrarroja con la transformada de Fourier (FT-IR). Se realizó una fermentación del bagazo de caña pretratado con este hongo en un biorreactor de fermentación en estado sólido. Para el análisis espectroscópico por (FT-IR), se tomaron muestras en el bagazo de caña de azúcar, del bagazo de caña de azúcar hidrolizado con Ca $(OH)_2$ y del bagazo fermentado a 10 cm de profundidad en el biorreactor a las 96 h donde se alcanzó la máxima actividad celulolítica exo ß1-4glucanasa (2.8 UI/ml). El espectro del bagazo intacto y del hidrolizado con Ca $(OH)_2$ difirieron en el rango 2000-1400±20 cm^{-1} de tramitancia, además se encontraron diferencias en las muestras fermentadas entre los estratos del bagazo de caña durante la fermentación. En el espectro de la muestra fermentada, se visualizan nuevas bandas en el rango 774.30±20 cm^{-1} y 1670-1780±20 cm^{-1}, al obtener incrementos en los grupos carbonilos, carboxilos y fenólicos derivados del rompimiento de las subunidades de lignina y de carbohidratos estructurales. Se comprobó el efecto biodegradativo de la cepa *Trichoderma viride M5-2* en el bagazo de caña de azúcar pretratado con Ca $(OH)_2$ empleando la técnica de la espectroscopia infrarroja con la transformada de Fourier. El pretratamiento con hidróxido de calcio del bagazo mejora la producción de endo y exo β 1-4 glucanasa. Las celulasas producidas durante la bioconversión de celulosa a glucosa por la cepa de hongo mutante utilizada depende directamente del pretratamiento.
Palabras claves: Espectroscopia infrarroja, *Trichoderma viride*, bagazo de caña, fermentación sólida

Summary
The objective was to prove the molecular change produced in the sugarcane bagasse with pretreated hydroxide of calcium and fermented by the *Trichoderma viride M5- 2* strain by means of Fourier Transformed-infrared spectroscopy (FT-IR). The fungi fermentation was conducted in a solid state bioreactor. For the spectroscopy analysis by FT-IR, the samples were taken from sugarcane bagasse, sugarcane bagasse hydrolyzed with Ca $(OH)_2$ and from the bagasse fermented at a depth of 10 cm in the bioreactor at 96 h, when the highest cellulolytic activity of exo ß1-4 glucanase (2.8 UI/ml) was reached. The spectrum of the intact sugar cane bagasse and the bagasse hydrolyzed with Ca $(OH)_2$ differed in the range 2000-1400±20 cm^{-1} of transmittance. Moreover, differences were found in the sugarcane layer, during the fermentation. In the fermented sample spectrum, new bands were visualized in the range 774.30±20 cm^{-1} and 1670-1780±20 cm^{-1}, when obtaining increases in carbonyl, carboxyl and phenolic groups derived from the breaking of the subunits of lignin and structural carbohydrate. The biodegradative effect of the *Trichoderma viride M5-2* strains in the

pretreated sugar cane bagasse with Ca $(OH)_2$ by means of the Fourier Transformed-infrared spectroscopy technique was proved. The production of the endo and exo β 1-4 glucanase enzyme with the treatment with calcium hydroxide bagasse was improved. The cellulases produced during the conversion from cellulose to glucose by the fungus mutant strain depend directly on the treatment.
Key words: infrared spectroscopy, *Trichodema viride*, sugar cane bagasse, solid state fermentation

Introducción

Los derivados de la caña de bajo valor biológico como el bagazo, el bagacillo, la cachaza y los residuos de cosecha, son subutilizados en la alimentación de animales, dado por las limitaciones siguientes; su naturaleza lignocelulósica, el bajo contenido de nitrógeno asimilable, baja digestibilidad del extracto libre de nitrógeno, y su pobre palatabilidad. Sin embargo, se estudiaron y aún se buscan diferentes métodos para elevar el valor nutritivo de los materiales fibrosos (Salimi and Estefahani, 2010; Bansal et al, 2012). Se debe destacar el empleo de microorganismos capaces de degradar la celulosa y la lignina para la obtención de productos para diferentes industrias, así como, para la alimentación animal.

La hidrólisis de la celulosa en monómeros de glucosa ocurre bajo la acción de un complejo de enzimas que actúa sinérgicamente y cuyos representantes son endo, exo β 1-4 glucanasas, β glucosidasas (Wilson 2009, 2011) y una gran variedad para degradar lignina y las hemicelulosas (Van Dick y Pletschke, 2012, Arpan et al 2013, Tiwari, Srivastava .2014).). Para garantizar un desarrollo exitoso del rendimiento y productividad de las enzimas en los sustratos lignocelulósicos se ha utilizado la fermentación en estado sólido como proceso por las múltiples ventajas que ofrece (Valiño et a 2004, Rani et al 2010) y para determinar el grado de degradación son utilizados métodos convencionales de análisis de composición química del alimento como son el fraccionamiento de la fibra, proteína bruta o aminoácidos, materia orgánica, extracto etéreo y otros según NRC (2001) para predecir el valor nutritivo y energético, estos no detectan las estructuras intrínsecas del alimento ni los componentes de la matriz biológica (Yu, 2006)

La espectroscopia infrarroja es una técnica no invasiva que puede proveer toda la información necesaria de los cambios a nivel molecular de las modificaciones en los componentes de la pared producidos por la actividad microbiana (Shi et al, 2012; Zhang et al ,2013).

Considerando que algunos hongos conidiales como *Trichoderma viride M5-2* tienen la capacidad de degradar parcialmente la lignina e hidrolizar la celulosa (Valiño et al, 2004). El objetivo fue comprobar los cambios moleculares que se producen en el bagazo de caña de azúcar pretratado con hidróxido de calcio y fermentado con la cepa de hongo mutante *Trichoderma viride M5-2* mediante espectroscopia Infrarroja con la transformada de Fourier (FT-IR).

Materiales y métodos

Procedimiento experimental: El biorreactor fue cargado inicialmente con 1 Kg de bagazo de caña de azúcar hidrolizado, al 70 % de humedad. La aireación comenzó a suministrarse a razón de 15 L/min.kg de sólido seco (11 L/min), y fue controlada entre este valor y 22 L/min.kg de sólido seco (18 L/min). Mediante la regulación del flujo de aire inyectado y de la temperatura del agua de recirculación se controló la temperatura del medio durante todo el proceso (30^0 C. Se tomaron 20 g de de bagazo de caña hidrolizado (10 cm de profundidad) en fermentación en estado sólido estática. Las muestras fueron secadas en estufa a 40ºC y se utilizó un tamaño de partícula entre 0.1-0.3 mm para obtener alta resolución en el análisis de espectroscopia.

Los análisis de espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FT-IR) se realizaron en un espectómetro ATI Mattson Genesis Series FT-IR, con un aditamento especial para muestras sólidas, ajustado a reflactancia total atenuada, que permitió la medición del espectro IR en las muestras sólidas sin preparación previa. Los espectros fueron adquiridos en forma de tramitancia, en un rango de longitud de onda de 4000-600 cm^{-1} promediando 100 impulsos sobre las partículas del bagazo de caña de azúcar, bagazo de caña hidrolizado y bagazo de caña fermentado (λ/cm).

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra el espectro correspondiente a la muestra de bagazo y en la Figura 2 la del bagazo hidrolizado. Del análisis por espectroscopia FT-IR de la biodegradación de las paredes celulares del bagazo de caña de azúcar por *Trichoderma viride M5-2* se obtuvo información cualitativa a nivel molecular en los diferentes grupos químicos funcionales utilizando la técnica de reflactancia total atenuada.

Dada la compleja estructura de las paredes celulares del bagazo se obtienen bandas superpuestas, aun cuando se realizó el tratamiento para remover la lignina de la fibra del bagazo utilizando hidróxido de calcio, ésta no fue tan drástica; pero existe diferencia entre el bagazo intacto (Fig 1) y el hidrolizado con Ca $(OH)_2$, (Fig 2) , en el rango entre 2000-1400 cm^{-1}, en este último las bandas están más desplegadas. El estudio realizado al bagazo fermentado por 96 h reveló una actividad endo y exo β 1-4 glucanasa de 47.3 y 26.91 UI/gMS y la proteína soluble mostró aumento (p□0.001) con respecto al control de bagazo hidrolizado sin fermentar de 6.5 mg/gMS y la proteína verdadera obtenida fue de 10.53% lo que representa un 84% de la proteína bruta (p□0.001).

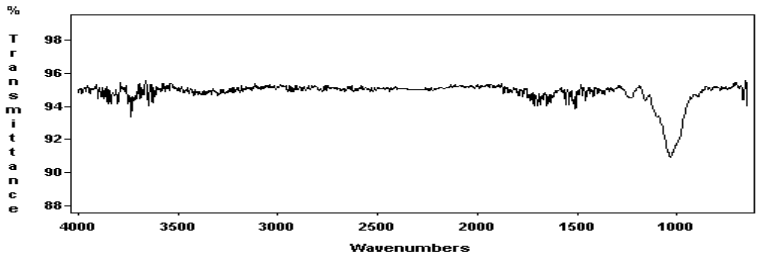


Fig 1 Espectroscopia infrarroja del Bagazo de caña de azúcar promediando 100 impulsos sobre las partículas (λ /cm).

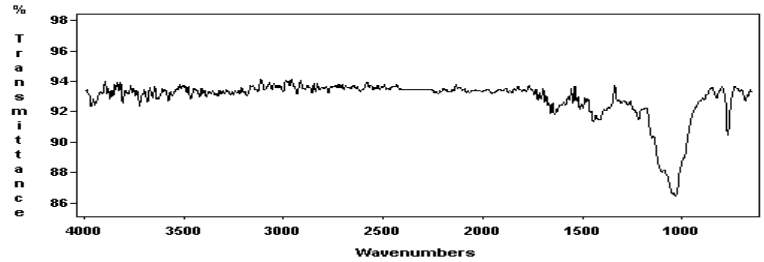


Fig.2 Espectroscopia infrarroja Bagazo de caña de azúcar hidrolizado, promediando 100 impulsos sobre las partículas (λ /cm).

Muchos autores han utilizado estos pretratamientos como paso previo al de la hidrólisis enzimática, para tener una efectiva acción de las enzimas endo y exo β 1,4glucanasas, así Jabasingh and Valli, 2011 y Jayapal et al, 2013, obtuvieron en bagazo tratado con hidróxido de sodio una producción sostenible de endo β 1,4glucanasas de 28.84U/g con la cepa de *Aspergillus nidulans* y comprobó cambios estructurales del bagazo, por varias técnicas entre ellas FT-IR y que dependían fuertemente del pretratamiento. En relación al bagazo fermentado en el biorreactor en estado sólido (Fig.3) se observa menor intensidad de las bandas de vibración del benceno γ (C=CH) en el rango 670±20 cm^{-1} y aparece además una nueva banda con intensidad en 774.30±20 cm^{-1} donde se encuentran los anillos aromáticos mono, di y tri-sustituido por grupos OH o grupos metilos derivados del benceno lo que supone acción hidrolítica del hongo sobre la fibra independiente de la hidrólisis química efectuada.Las bandas correspondientes a los carbohidratos y éteres alifáticos se observan en todos los espectros, sin embargo, en las muestras fermentadas son más anchas y de mayor intensidad, lo cual pudiera estar relacionado a la acción hidrolítica del hongo sobre los carbohidratos presentes en el bagazo, al disminuir la celulosa en 6.05 unidades porcentuales (p□0.001)

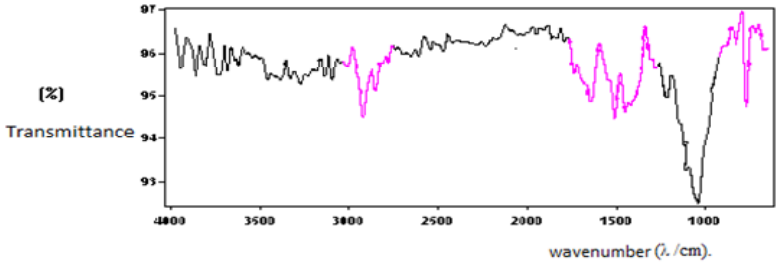


Fig 3 Espectroscopia infrarroja Bagazo de caña de azúcar hidrolizado y fermentado promediando 100 impulsos sobre las partículas (λ /cm).

corresponden a los grupos carbonilos producto de la degradación de los carbohidratos y la lignina (Fig 3). Sin embargo, se obtiene una mayor digestibilidad de la fibra al aumentar 20.98 unidades porcentuales con respecto al bagazo sin fermentar (p□0.001). Los datos obtenidos por FT-IR en el bagazo sin hidrolizar, hidrolizado y fermentado, se corresponden con los obtenidos en el análisis químico de las muestras fermentadas por *T. viride M5-2* al observarse una disminución de la lignina de 3% en el bagazo fermentado y una disminución de 4% de la celulosa sobre la base de la materia seca

Conclusiones

Se comprobó el efecto biodegradativo de la cepa *Trichoderma viride M5-2* en el bagazo de caña de azúcar pretratado con hidróxido de calcio, empleando la técnica de la espectroscopia infrarroja con la transformada de Fourier. El pretratamiento con hidróxido de calcio del bagazo mejora la producción de endo y exo β 1-4 glucanasa. Las celulasas producidas durante la bioconversión de celulosa a glucosa por la cepa de hongo mutante utilizada depende directamente del pretramiento.

Referencias

Salimi R, Z.; Esfahani H. Evaluation of the effect of particle size, aeration rate and harvest time on the production of cellulase by *Trichoderma reesei* QM9414 using response surface methodology *Food and Bioproducts Processing*, 2010, *Volume 88, Issue 1*, *Pages 61-66*K.

Bansal N, Tewari R, Soni R, Kumar S S. Production of cellulases from *Aspergillus niger* NS-2 in solid state fermentation on agricultural and kitchen waste residues *Waste Management*, *2012. Volume 32: 7*, *July*, *Pages 1341-1346*

Wilson DB. Cellulases and biofuels. Curr Opin Biotechnol 2009, 20:295-299

Wilson DBMicrobial diversity of cellulose hydrolysis. Curr Opin Biotechnol , 2011, 14:259-263

Van Dyk J.S and Pletschke B.IA Reviews of lignocelluloses bioconversion using enzymatic hydrolysis and synergistic cooperation between enzymes factor affecting enzymes, conversion and synergy. Biotechnology Advances. 2012, 30: 1458-1480

Arpan D, Tanmay P, Suman K. H, Arijit J, Chiranjit M, Pradeep K. Das Mohapatra, Bikas R. P, Keshab C. M. Production of cellulolytic enzymes by *Aspergillus fumigatus* ABK9 in wheat bran-rice straw mixed substrate and use of cocktail enzymes for deinking of waste office paper pulp. *Bioresource Technology*, 2013, Volume 128, Pages 290-296

Valiño, E.C.; Elías E, A.; Torres, V; Carrasco, T; Albelo, N : Improvement of sugarcane bagasse composition by the strain *Trichoderma viride* M5-2 in a solid-state fermentation bioreactor. Cuban journal of Agricultural Sciencie 2004, 38(2):145

Rani R S, Sukumaran R K, Kumar A Pl, Larroche C, Pandey A. Advancement and comparative profiles in the production technologies using solid-state and submerged fermentation for microbial cellulases *Enzyme and Microbial Technology*, . 2010, *Volume 46: 7*, *7 Pages 541-549*

NRC. Nutrient requirement of beef cattle. 7th ed National Research Council, 2001, Washington DC. National Academy Press

YU P. An emerging method for rapid characterization of feed structures and feed component matrix at a cellular level and relation to feed quality and nutritive value. Archives of Animal Nutrition, , 2006, 60(3): 229 – 244

Shi J-B, Yang Q-L, Lin L Zhuang, J-P, Pang C-S, Xie T-J, Liu Y.. The structural changes of the bagasse hemicelluloses during the cooking process involving active oxygen and solid alkali *Carbohydrate Research*, 2012. Volume 359, 1, Pages 65-69

Jabasingh A and Valli C. N. Utilization of pretreated bagasse for the sustainable bioproduction of cellulase by *Aspergillus nidulans* MTCC344 using response surface methodology *Industrial Crops and Products*, 2011,.*Volume 34:3*, Pages 1564-1571S.

Jayapal N, Samanta A.K, Kolte A., P, Senani S, Sridhar Ml, Suresh K.P., Sampath K.T. Value addition to sugarcane bagasse: Xylan extraction and its process optimization for xylooligosaccharides production *Industrial Crops and Products*, 2013 Volume 42, Pages 14-24

ANÁLISIS DEL TIEMPO ÓPTIMO DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL BAGAZO PRETRATADO PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL

OPTIMAL TIME ANALYSIS OF THE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF PRETREATED BAGASSE TO ETHANOL ONTAINING

Dra.C. Yailet Albernas Carvajal[1*]
Dra. Gabriela Corsano[2]
Dra.C. Marlén Morales Zamora[1]
Dr.Sc. Erenio González Suárez[1]

[1] Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camanjuaní, km 5 ½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Teléf: (53-42) 211825-26 ext 104.
[2] Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR), Dpto. de Matemáticas (FIQ-Universidad Nacional del Litoral), Santa Fe, Argentina. Teléf: ++54 342 4555229 int 3005.
* yailetac@uclv.edu.cu

RESUMEN
En el estudio se hace un análisis del tiempo de hidrólisis enzimática de bagazo pretratado de forma ácida y básica, en función de la obtención de azúcares reductores totales *(ART)* para la producción de etanol. Para ello se emplean los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, donde se emplearon las enzimas Celulolíticas Novozyme Cellic^{R}CTec2 y β-glucosidasa con código NS50010, en un experimento con un diseño factorial 2^3 haciendo réplicas al azar. A partir de los parámetros fundamentales de la cinética enzimática determinadas por *(Albernas 2014)*, para determinar la velocidad de producción de ART en el tiempo, mediante un modelo cinético pseudo-homogéneo de Michaelis Menten, se combina con los indicadores dinámicos de rentabilidad en busca del tiempo óptimo de hidrólisis enzimática en el proceso de obtención de etanol empleando hidrolizado de bagazo.
Palabras clave: hidrólisis enzimática, tiempo, rentabilidad, alternativa

ABSTRACT
In the study, the time of enzymatic hydrolysis of pretreated acid and alkaline bagasse is analyzed, with the goal of obtaining total reducing sugar production *(ART)* to ethanol production. For it, we used the obtained results at laboratory level, where the Novozyme Cellic^{R}CTec^2 and β-glucosidase with code NS50010 Cellulolitics enzymes were used; in an experiment with a 2^3 factorial design, making random replicas. Starting from main parameters of the enzymatic kinetics determined by *(Albernas 2014)* to determine ART production rate in time, and applying a Michaelis Menten pseudo-homogeneous kinetic model, it is combined with the profitability dynamic indicators to find the enzymatic hydrolysis optimal time in the process to obtain ethanol using bagasse hydrolyzate.
Key words: enzymatic hydrolysis, time, profitability, alternative

1. INTRODUCCIÓN

La hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica ha recibido especial atención en la última década debido a su potencial para convertir la fracción celulósica de sustratos lignocelulósicos en azúcares reductores, incluyendo la glucosa, los cuales son materia prima para la producción de bioetanol y otros productos químicos. El proceso de obtención de etanol empleando hidrolizado de bagazo presenta etapas discontinuas de muy larga duración, como es el caso de la hidrólisis enzimática que puede presentar tiempos de operación de 24 h e incluso mayores. Este elevado tiempo de operación provoca largos tiempos de residencia de los materiales en los equipos, provocando además una subutilización de los equipos previos a estas etapas, pues

se encuentran en espera sin ser utilizados, afectando los costos por este concepto, como lo apuntan *(Albernas 2014)* y *(Albernas-Carvajal et al., 2014)*. El objetivo fundamental del presente trabajo es analizar el tiempo de la hidrólisis enzimática del bagazo de caña de azúcar pretratado para la obtención de etanol a fin de establecer un compromiso a la hora de realizar los diseños.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Desarrollo experimental de la hidrólisis enzimática

Para obtener las mejores condiciones en la obtención del hidrolizado se realizó un diseño factorial de experimentos 2^3 con réplicas al azar, empleando el bagazo pretratado anteriormente en las etapas de hidrólisis ácida y básica y las enzimas Celulolíticas Novozyme Cellic^{R}CTec2 y β-glucosidasa con código NS50010. El experimento se realizó en beakers con un volumen de 25 ml de solución buffer HAc-acetato de sodio de pH 4,8 en zaranda a 150 rpm. Para la determinación ART se aplicó la técnica del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) a partir de la elaboración previa de la curva de calibración en un Espectrofotómetro Genesys 20 a 540 nm. En el desarrollo de la hidrólisis enzimática las variables independientes estudiadas fueron la temperatura, en la cual el nivel inferior se corresponde con los mejores resultados de *(Mesa 2010)* y el nivel superior 50 ºC es la óptima reportada por el fabricante de la enzima empleada. Las otras dos variables estudiadas fueron la concentración de enzima y de sustrato tomando los niveles de las mismas a partir de los estudios de *(Mesa 2010).*

Variables independientes: X_1: Temperatura (38-50 ºC); X_2: Concentración de la enzima (10-20 UPF/g); CE (0,15-0,31ml/g); X_3: Concentración de sustrato (5-10 %); CS (50-100 g/L)

Variable dependiente: Formación de Azúcares Reductores Totales *(ART)*

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se muestra la matriz experimental planteada, se hicieron réplicas al azar de los experimentos 1, 5, 6 y 8. También se muestran los valores máximos de ART obtenidos a las 48 h de experimento.

Tabla I. Matriz experimental para hidrólisis enzimática

Exp	X_1	X_2	X_3	*ART max obtenido (g/L)*
1	+	+	+	48,74
1a	+	+	+	58,02
2	+	+	-	25,38
3	+	-	+	38,05
4	+	-	-	19,26
5	-	+	+	40,82
5a	-	+	+	35,01
6	-	+	-	20,58
6a	-	+	-	23,03
7	-	-	+	31,23
8	-	-	-	15,59
8a	-	-	-	15,78

En la figura 1 se observa la tendencia de la formación de ART en el tiempo de los experimentos realizados y sus réplicas, apreciándose como tendencia general que la mayor formación de azúcares ocurre en las primeras 5 a 15 horas, pues a partir de allí la formación ocurre de forma más moderada. Si se analiza el experimento 1-R y 8 se observa como en el 1-R la máxima formación de ART es de aproximadamente 58 g/L, siendo este valor mucho mayor que en el experimento 8 que es de 16 g/L, este comportamiento se debe a que en el 1-R la temperatura a la que se llevó a cabo el experimento fue de 50ºC siendo esta la temperatura de trabajo óptima reportada para esta enzima y en el 8 fue de 38ºC que fue la óptima obtenida por *(Mesa 2010)*.

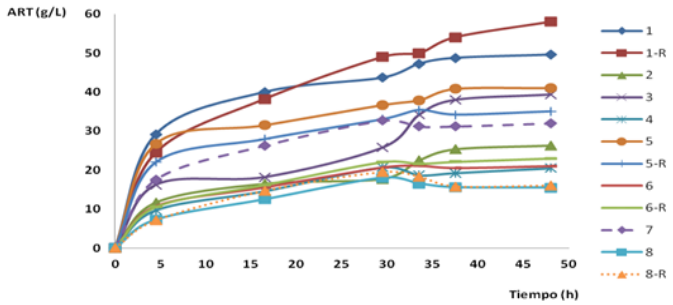


Figura 1. Formación de ART experimentales en el tiempo

Para determinar la velocidad de producción de ART en el tiempo se emplea el mecanismo simplificado pseudo-homogéneo de Michaelis-Menten, aplicado por *(Albernas 2014)*. Para el modelo desarrollado se obtienen los valores de tiempo transcurrido, pero para el diseño de la etapa se necesita establecer un compromiso entre los ART a obtener en el hidrolizado y el tiempo que transcurre, por ejemplo, para un tiempo de 48 h se obtienen 58 g/L, sin embargo para un tiempo de 35,31 h se obtienen 52,32 g/L, o sea que en 12,68 h menos se obtienen solo 5,68 g/L menos, así se está evitando una espera de 12,69 h. Si se comparan los ART obtenidos a las 15 h que son 39,55 g/L, con respecto a las 35,31 h son 20,32 h menos de espera que corresponde, solo a 12,77 g/L menos.

3.1. Determinación del tiempo óptimo de hidrólisis enzimática

Esta etapa es una de las críticas del proceso por su larga duración, por lo que se debe analizar la obtención de un tiempo mínimo que permita obtener un nivel de ART adecuado y que garantice la eficiencia de la etapa. Para el caso de obtención de etanol empleando hidrolizado de bagazo, *(Albernas 2014)* y *(Albernas-Carvajal et al., 2014)*, estudian 4 alternativas combinado con los indicadores de rentabilidad, las alternativas son:

1: comprar todo el equipamiento y vender etanol; 2: acoplarlo a una destilería y vender etanol *(no se compra equipos prefermentación y fermentación);* 3: comprar todo el equipamiento y vender etanol y furfural; 4: acoplarlo a una destilería y vender etanol y furfural *(no se compra de prefermentación y fermentación)*

Lo cual da como resultado 4 alternativas con 5 opciones de diseño dentro de cada una de ellas; por lo que en cada caso se hizo el estudio de factibilidad de estos resultados con la con la metodología de *(Peters y Timmerhaus, 1968)*, en busca del tiempo de hidrólisis enzimática óptimo en cada una de ellas. Se analiza una primera variante de comprar todo el equipamiento y vender solo etanol, obteniendo tiempo óptimo de 24 h y se recupera en 13 años, que es donde presenta el mínimo global, lo cual no es económicamente factible y se desecha la alternativa. Se analiza emplear el hidrolizado obtenido junto con las mieles de una destilería y completar la capacidad de la misma, por no disponer de miel para todo el año, implica que en el proceso inversionista no se compran los equipos correspondientes a las etapas de prefermentación y fermentación. Esta alternativa, implicaría que la etapa de hidrólisis enzimática tendría una duración de 24 h y la inversión total se recupera en 4 años, como se puede apreciar en la figura 2.

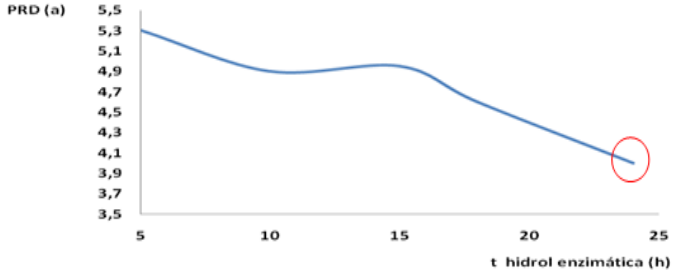


Figura 2. Perfil de PRD – tiempo de hidrólisis enzimática en la alternativa de acoplarlo a una destilería y vender etanol

Se analiza la producción de coproducto *(furfural)*, en conjunto con el bioetanol, para el caso de comprar todo el equipamiento el período de recuperación mínimo de 3,1 años, se encuentra a las 5 h, lo cual implica que lo importante en este caso no es la producción de azúcares para obtener bioetanol, pues a las 5 h solo se han

obtenido 24,59 g/L de ART, o sea que este caso le da mayor importancia a la producción de coproducto, por lo que esta alternativa no resulta atractiva para su implementación. Un último análisis de la posibilidad de aprovechar la capacidad instalada en prefermentación y fermentación al acoplarlo a una destilería y produciendo además furfural, arroja un mayor aprovechamiento del bagazo para la producción de azúcares, permitiendo recuperar la inversión en 1,5 años como se aprecia en la figura 3 y el tiempo óptimo es de 18 h.

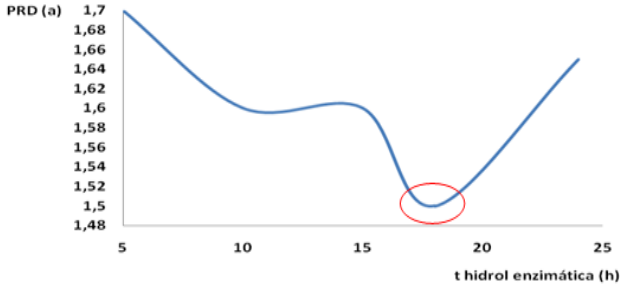


Figura 3. Perfil de PRD – tiempo de hidrólisis enzimática en la alternativa de acoplarlo a una destilería y vender etanol y furfural

La variante más atractiva a aplicar es la de obtener el bioetanol acoplado a una destilería empleando el hidrolizado de bagazo como un sustrato complementario para satisfacer la carencia de miel de la misma y al implementarla, si se logra tener un mercado seguro para el furfural, pues entonces se completaría la inversión en este sentido, teniendo en cuenta la última variante analizada.

4. CONCLUSIONES

- ✓ El experimento que mejores condiciones presenta en la etapa de hidrólisis enzimática es el experimento 1-R con la mayor producción de ART en el tiempo que es de 58 g/L con una concentración máxima de enzima y sustrato de 0,31 ml/g y 100 g/L respectivamente.
- ✓ Al establecer un compromiso entre el tiempo de reacción de la hidrólisis enzimática y los ART obtenidos y teniendo en cuenta el comportamiento de la hidrólisis enzimática del bagazo pretratado, bajo las condiciones estudiadas, se aprecia que el mayor salto en la producción de ART ocurre en las primeras 15 horas con 39,55 g/L.
- ✓ El análisis combinado del modelo matemático con los indicadores dinámicos de rentabilidad demostró que el tiempo óptimo de hidrólisis enzimática en la alternativa de acoplarlo a una destilería y vender etanol es de 24 h obteniendo 45,56 g/L de hidrolizado y en la alternativa de obtener el bioetanol acoplado a una destilería vendiendo etanol y furfural es de 18 h obteniendo 40,56 g/L de hidrolizado.

REFERENCIAS

Albernas, Y. (2014), Procedimiento para la síntesis y el diseño óptimo de plantas discontinuas de obtención de bioetanol empleando bagazo de caña de azúcar. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química, Santa Clara.

Albernas Carvajal, Y; Corsano, G; Morales-Zamora, M; González-Cortés, M; Santos-Herrero, R & González-Suárez, E. (2014), Optimal design for an ethanol plant combining first and second-generation technologies. CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro, 5(5), 97-120. ISSN: 0122-5383.

Mesa, L. (2010) Estrategia investigativa para la tecnología de obtención de etanol y coproductos del bagazo de la caña de azúcar. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química, Santa Clara.

Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D., Cost Estimation. En: Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Second Edition, La Habana, Edición Revolucionaria, 1968.

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LA MIEL FINAL Y EL TIEMPO PERDIDO SOBRE LA EFICIENCIA INDUSTRIAL EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

ANALYSIS OF MOLASSES QUALITY AND INDUSTRY THE INFLUENCE OF OPERATIONAL TIME LOSS ON THE EFFICIENCY OF ETHANOL PRODUCTION

Indira Pérez Bermúdez, Mauricio Ribas García, My-Lai Ibañez Fuentes, Gustavo Saura Laria, Norge Garrido Carralero.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).Vía Blanca 804 esq. Carretera Central. San Miguel del Padrón. Ciudad Habana.
E-mail: indira.perez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la incidencia de diferentes factores sobre la eficiencia global en una destilería. El análisis estadístico de la dinámica productiva se llevó a cabo durante el período de enero a octubre de 2013.
Los resultados de este análisis reflejan un elevado valor promedio del contenido de lodos en las mieles (14,73 % p/p) y una gran variabilidad relativa de los datos alrededor de este valor (41,63 %). También se observa, durante el período de lluvia, un descenso del brix y los azúcares fermentables (AF) en la miel final lo que implica un aumento del índice de consumo de miel en el proceso de fermentación. Además se informa un tiempo perdido industrial promedio de 34 % causado principalmente por roturas de equipos y falta de vapor. La dinámica productiva muestra que solamente en el 5 % del tiempo, los grados alcohólicos son superiores al 6 % (v/v) lo que coincide con los días de mejor calidad de la miel final procesada.

Palabras claves: eficiencia fermentación, tiempo perdido, miel final, análisis estadístico

ABSTRACT

Present paper evaluates the impact of different factors on the overall efficiency in a distillery. A statistical analysis of the production dynamics was carried out during the period from January to October 2013.
The results of this analysis reflect a high average value of the sludge content in molasses (14.73% w / w) and a relative variability of the data around this value (41,63%). Also a decrease in brix and fermentable sugars (AF) in molasses during the rain was observed which implies an increase in the rate of molasses consumption in fermentation process. In addition, an industry delay time of 34% is caused mainly by equipment breakage and lack of steam was reported. The production dynamics shows that only in 5% of the process time, the alcoholic grades are above 6% (v/v) which coincides with the days of better quality of the processed molasses.

Keywords: fermentation efficiency, industry time delay, molasses, statistical analysis

INTRODUCCIÓN

En la eficiencia global de las destilerías de alcohol influyen varios factores, como son, calidad de la materia prima y sales nutrientes, condiciones fisiológicas del microorganismo, formulación del medio de fermentación, condiciones de operación, estabilidad en el suministro de vapor y electricidad, estado técnico del equipamiento y disciplina tecnológica en la operación (Bai y otros, 2008).
Las destilerías cubanas se caracterizan por tener bajas eficiencias (75 - 78 %) y grado alcohólico (4,5 - 5,5 % (v/v)) en fermentación, si se comparan con los valores que se informan internacionalmente, que son

superiores a 90 % y 8 % (v/v) respectivamente (Vianna, 2013). Entre las causas fundamentales de este comportamiento se encuentran: el bajo nivel de modernización de las destilerías, trabajo con bajas concentraciones de levadura para evitar la generación de calor biológico que no puede ser extraído de los corbatos por los sistemas de refrigeración ineficientes y la mala calidad de la materia prima provocada por la falta de tratamiento y un deficiente control de contaminantes. Adicionalmente se informan elevados tiempos perdidos que provocan retención de materiales en el proceso fermentativo y por tanto pérdidas de alcohol por evaporación así como la formación de sustancias indeseables que afectan los parámetros de calidad del producto final. En este trabajo se realiza un análisis estadístico de la influencia de la calidad de la miel final y el tiempo perdido sobre los indicadores de eficiencia del proceso de producción de alcohol en la destilería "Antonio Guiteras".

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este estudio se tomaron los datos de la dinámica de producción de 261 días de trabajo, durante el período de enero a septiembre de 2013.Esta destilería tiene una capacidad de 900 Hl/d y trabaja utilizando mieles finales procedentes del ingenio anexo y otros de la zona.
Se estudió el comportamiento de 11 variables relacionadas con la calidad de las mieles (brix, azúcares fermentables (AF), azúcares reductores totales (ART), lodos, azúcares totales) así como, otras vinculadas con los indicadores globales de producción (índice de consumo de miel, grado alcohólico en fermentación, eficiencia de fermentación, eficiencia de destilación y tiempo perdido). Se tomaron como referencia valores normados para cada una de estas variables y se realizó un análisis estadístico empleando el software Statgraphics Centurión XV (Statpoint Inc).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra un resumen de los principales estadígrafos de tendencia central y dispersión que describen el comportamiento de los datos. Además, se comparan los valores promedios de cada variable con respecto a la norma (NC 715,2009).

Tabla I. Resumen de los estadígrafos muestrales de la muestra analizada.

Variable	Unidad de medida	Norma	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Coeficiente de variación (%)
MIEL FINAL						
Brix	% (p/p)	≥ 85,0	79,48	90,50	84,75	2,90
Azúcares fermentables	% (p/p)	≥ 48,2	46,31	61,24	52,43	4,54
Azúcares infermentables	% (p/p)	≤ 3,8	3,01	4,51	3,90	7,50
Azúcares reductores totales	% (p/p)	≥ 52,0	50,32	65,08	56,33	4,27
Lodos	% (p/p)	≤ 8,0	2,42	41,76	14,73	41,63
RESULTADOS DEL PROCESO						
Índice de consumo de miel 52 % AF	kg/hl	380	367,30	572,40	442,43	11,55
Grado alcohólico fermentación	% (v/v)	≥ 5	4,34	6,63	5,21	9,03
Eficiencia de fermentación	%	≥ 78	73,67	77,72	75,64	1,55
Eficiencia de destilación	%	≥ 97	90,67	97,1	96,15	0,82
Eficiencia global del proceso	%		66,80	75,47	72,73	0,01
Tiempo perdido diario	%		0,00	100,00	34,12	116,60

Como puede observarse en el período analizado el contenido de lodos en las mieles y el tiempo perdido son las variables que presentan coeficientes de variación superiores al 20 %, valor máximo estadísticamente aceptable en la industria. Este comportamiento indica que los datos se encuentran muy dispersos con

respecto al valor promedio informado. Adicionalmente, se observan eficiencias promedio de fermentación de 75,6 % por debajo del valor normado.
El valor promedio del contenido de lodos en las mieles procesadas fue de 14,73 %, superior en un 84 % con respecto al valor máximo admisible establecido por la norma que es del 8 %. Como se observa en la Figura 1 cuando se analizan los valores individuales de la variable se aprecia que en la mayoría de los días los mismos se mantuvieron por encima de lo normado lo que implica que las mieles recibidas no tienen la calidad necesaria para el proceso fermentativo así como pueden existir dificultades en los procedimientos analíticos en la destilería.

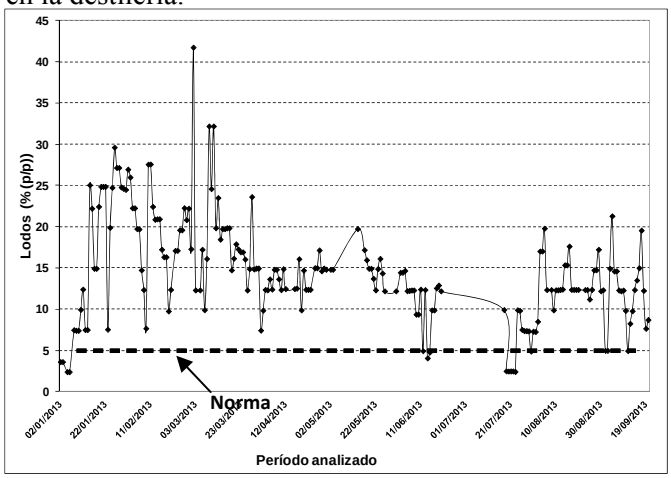


Figura 1. Contenido de lodos en las mieles finales utilizadas en la destilería

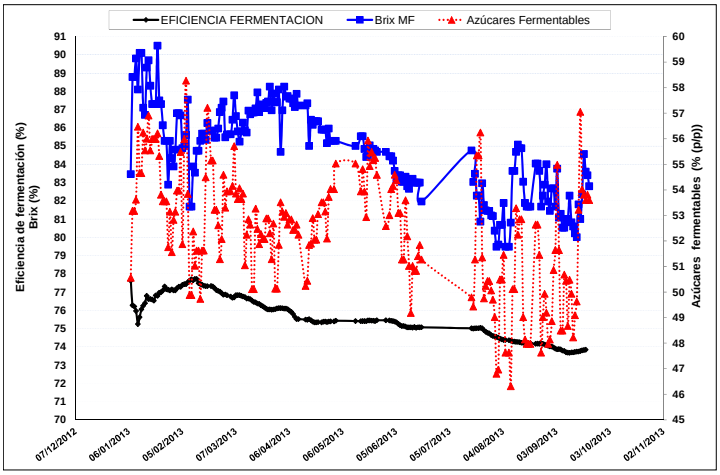


Figura 2. Comportamiento del contenido de azúcares fermentables, los sólidos (brix) de la miel final y la eficiencia de fermentación.

Durante el año 2014 se le dio seguimiento a esta problemática revisándose los procedimientos analíticos así como identificando los tributarios de miel con mayores dificultades en la calidad de las mismas con el objetivo de obtener valores más precisos de esta variable. Se decidió realizar una prueba de comparación de varianzas de los resultados con respecto a los del 2013 obteniéndose que la variabilidad del por ciento de lodos en el 2014 es inferior a la del 2013 con un 5 % de significación, sin embargo el valor promedio [12,31 % (p/p)] aún se encuentra por encima de la norma. Esto indica, que efectivamente no solo existían problemas en los procedimientos analíticos, sino que además, el proceso de producción de azúcar tiene una gran influencia en el aporte de lodos a las mieles debido a la gran cantidad de materias extrañas que porta la caña así como otros factores como la mala calidad de la cal empleada en la alcalización y el uso excesivo de vapor directo en tachos que provoca recalentamiento de las mieles (Díaz, 2012).
En la Figura 2 aparece el comportamiento del contenido de AF y el brix de la miel final así como la eficiencia de fermentación en el período analizado. Como se observa el brix de la miel final a partir de mayo, época lluviosa, tiene una tendencia a disminuir, manteniéndose con valores por debajo de la norma hasta el final del período. Esto puede estar dado por el bajo brix de almacenamiento de las mieles finales que pueden provocar contaminaciones así como por el deterioro de la cubierta del tanque de almacenamiento de mieles del ingenio anexo a la destilería. Al analizar el comportamiento de los azúcares fermentables se observa que es similar al del brix. En este caso la disminución puede estar dada por la mala calidad de la materia prima (caña de azúcar) que entra al ingenio.
La eficiencia de fermentación muestra un valor promedio de 75,64 % con una dispersión relativa alrededor de este valor de 1,55 % y la misma decrece a medida que disminuyen los azúcares fermentables manteniéndose por debajo del valor deseado que debe ser superior al 78 %. Por otro lado, esta destilería debido al alto contenido de lodos en sus mieles, ha tenido tradicionalmente un elevado índice de consumo de miel final 52 % AF y este aspecto se ha mantenido en esta campaña con un valor promedio de 442,43 kg/hl.

En cuanto al tiempo perdido industrial en las destilerías cubanas las principales causas que provocan elevados valores son: rotura de equipos, problemas con el suministro de servicios auxiliares y materias primas, mantenimiento y limpieza.Esta destilería informa un valor promedio de tiempo perdido industrial de 34,12 % teniendo una mayor incidencia la rotura de equipos con 42 % del total, seguido de la falta de vapor con 37,17 %. La cantidad total de horas reportadas por tiempo perdido (2 108,5 h) representan 88 días en que la destilería tuvo que parar su operación estable. Además, en el período analizado, se reportaron 57 días con 100 % de tiempo perdido. Si se analiza su influencia sobre la producción de alcohol y las eficiencias de fermentación y destilación respectivamente se observa una tendencia a disminuir la producción de alcohol y la eficiencia de fermentación a medida que aumenta el tiempo perdido. Esto se debe a que cuando se produce una parada en la fábrica se incrementa la retención de materiales en el proceso fermentativo trayendo consigo pérdidas de alcohol por evaporación y la formación de congéneres y sustancias indeseables (ácido acético, ácido butílico, etc.) que afectan la calidad del alcohol producido. A eso hay que sumarle el deterioro de la levadura por falta de nutrientes si la parada es muy extensa.

Por otra parte, la eficiencia de destilación no se afecta por las principales causas del tiempo perdido ya que este es un proceso mucho más estable donde la falta de vapor o la rotura de algún equipo no inciden directamente en la eficiencia de separación.

Se realizó un análisis comparativo entre los días de mayores grados alcohólicos en fermentación (> 6 % (v/v)) con respecto a los días con valores menores de 5 % (v/v). En este caso el 33,5 % de los días de trabajo se obtiene un grado alcohólico en fermentación inferior al 5 % (v/v) y solamente en el 5 % de los días los grados alcohólicos son superiores al 6 % (v/v). Los días con menores grados alcohólicos influyen negativamente sobre los parámetros de eficiencia, disminuyendo la eficiencia de fermentación y de destilación en 2,5 % y 1,15 %. Estos días coinciden con los de menor contenido de azúcares fermentables en la miel [50,88 % (p/p)] y mayor índice de consumo de miel (471,44 kg/hl) aumentando este último en 19,2 %.

CONCLUSIONES

- Los datos muestran una dispersión relativa del contenido de lodos en las mieles, que procesa la destilería, superior a 20 % con respecto al valor medio y durante los meses de lluvia se observó un decrecimiento del brix y los azúcares fermentables debido a las malas condiciones de almacenamiento de la miel que incidieron negativamente sobre la eficiencia de fermentación. La destilería presenta un por ciento de tiempo perdido diario muy elevado causado principalmente por roturas de equipos y falta de vapor, lo que provoca la disminución de la producción de alcohol y la eficiencia de fermentación. El 33,5 % de los días de trabajo de la destilería se obtienen grados alcohólicos por debajo de 5 % (v/v) coincidiendo con los días de menor calidad de miel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bai, F. W., Anderson, W. A., y Moo-Young, M. (2008). “Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks”. *Biotechnology Advances* 2 (26) 89-105.
2. Díaz, E. (2012). Principios sobre tecnología de clarificación de jugos de caña. Editorial ICIDCA, La Habana, Cuba.
3. Garrido N.(2013). Ingeniería de la producción de alcohol. Libro en preparación, La Habana, Cuba.
4. NC 715. (2009). “Miel final (Melaza) — especificaciones”. Oficina Nacional de Normalización. Calle E No. 261 Vedado, La Habana, Cuba.
5. Statpoint Inc. Statgraphics Centurion XV. Software for Statistical Analisis (Version 15.2.05). Virginia, EEUU, 2007.
6. Vianna, H (2013). La reciente evolución de la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar en Brasil. Memorias DIVERSIFICACIÓN 2013, Congreso Internacional sobre Azúcar y derivados. La Habana, ISBN 978-959-7165-39-2, Octubre.

PRODUCCIÓN DE LÍPIDOS MICROBIANOS A PARTIR DE GLICEROL Y VINAZAS DE DESTILERÍAS DE ALCOHOL

MICROBIAL LIPID PRODUCTION FROM GLYCEROL AND ETHANOL DISTILLERIES

Evelyn Faife, Aidín Mtnez, Yanay Martinez, Nayra Ochoa, Amaury Alvarez, Silvia Almenteros, Mercedes Díaz, Mayrelis Mesa
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Via Blanca 804 y Carretera Central, 11000 Habana, Cuba
Email : evelyn.faife@icidca.azcuba.cu

RESUMEN
La demanda creciente de alimentos y biocombustibles como el biodiesel hace necesaria la búsqueda de fuentes renovables y baratas para la producción de aceites en el mundo actual. En este contexto, el objetivo de este trabajo es la evaluación de una cepa levadura oleaginosa típica del genero *Rhodosporidium toruloides* en vinazas de destilerías de alcohol para la producción de aceites. La cepa evaluada fue capaz de alcanzar un contenido de lípidos máximo cuando se empleó en un medio con relación molar C/N entre 250 y 350 en cultivo batch empleando glicerol 50 g/L como fuente de carbono y sulfato de amonio como fuente de nitrógeno. El pH óptimo para la máxima acumulación de lípidos resultó 6. Con el empleo de vinaza diluida suplementada con glicerol en cultivos incrementados a escala de 2 L se alcanzaron concentraciones de biomasa por encima de 90 g/L y contenidos de lípidos en el orden de 50 % respecto a su peso seco.
Palabras clave: levaduras, oleaginosa, lípidos, biodiesel, vinasa

ABSTRACT
The growing demand for food and biofuels industries such as biodiesel requires the search of renewable and cheap sources to produce oil in the world. In this context, the aim of this study is the evaluation of distilleries slops for the production of oils from microbial cultures. The strain evaluated, *Rhodosporidium toruloides* is able to attain a lipid content up when was cultured in medium with a molar ratio C/N between 250 and 350 in batch culture using glycerol 50 g/L as carbon source and ammonium sulfate as nitrogen source. The optimum pH for maximum accumulation of lipids resulted 6. With the use of dilute vinasse in cultures supplemented with glycerol at scale of 2 L was reached biomass concentrations above 90 g/L and lipid content in the order of 50 % on dry weight.
Key words: yeasts, oleaginous, lipids, biodiesel, distillery slops

INTRODUCCION

La producción de lípidos microbianos empleando materiales de desecho ricos en carbono orgánico como sacarosa, xilosa, almidón, glicerol, los materiales lignocelulósicos, entre otros puede reducir significativamente su costo de producción. Los lípidos producidos presentan características similares a los aceites vegetales. Durante los últimos 10 años han sido evaluados varios residuales renovables para lograr una producción industrial de lípidos de forma económicamente factible.

El empleo de aguas residuales para la producción de lípidos ofrece dos ventajas fundamentales: primeramente el empleo de sustratos de alto valor y de bajo costo y segundo, la remoción del potencial contaminante como la demanda química de oxigeno (DQO), del nitrógeno y del fósforo. La producción de

vinazas procedentes de las destilerías de alcohol constituye un medio de fermentación atractivo considerando su alta carga orgánica. Debido al contenido de nitrógeno en estas aguas residuales, se favorece la producción de biomasa, no siendo así para la acumulación de lípidos. La adición de glicerol crudo procedente de la producción de biodiesel como fuente de carbono en cultivos incrementados puede resultar un método efectivo para lograr incrementos de la acumulación de lípidos.

MATERIALES Y METODOS

Microorganismo y medio de cultivo

Se empleó una cepa de levadura oleaginosa previamente identificada como *Rhodosporidiun Thoruloides* aislada a partir de miel de caña de azúcar procedente de la Empresa Azucarera Cubana "Antonio Sánchez" situada en la provincia Cienfuegos. El mantenimiento de la misma se realizó mediante siembras periódicas en cuñas de medio YPG agar (Merck, 2002), incubadas a 30 ºC durante 24 - 48 horas y conservadas en cámara fría a temperaturas entre 6 – 8 ºC.
Las células fueron transferidas a Erlenmeyer de 250 mL conteniendo 50 mL de medio YPG (glucosa 20 g/L), extracto de levadura 10 g/L y peptona 10 g/L durante el cultivo del preinoculo. El pH se ajustó a 5,5. Los ensayos de laboratorio se realizaron en frascos Erlenmeyer de 500 mL conteniendo 200 mL de medio. Los cultivos de iniciaron empleando un 10 % de un precultivo de 24 horas y se incubaron a 30 °C en una zaranda rotatoria a 160 rpm durante 24 horas.
La vinaza utilizada fue obtenida del proceso de producción de etanol en la destilería Heriberto Duquesne, provincia Villa Clara. Los cultivos a escala piloto se realizaron en fermentadores empleando 2 L como volumen de trabajo final. El pH se controló automáticamente mediante la adición de NaOH 1 M y HCl 1 M. La velocidad de aireación se ajustó a 1,2 vvm y se empleó una velocidad de agitación de 600 rpm. En los cultivos incrementados el inicio del proceso fue similar que en el cultivo discontinuo sin embargo, la velocidad de agitación se incrementó gradualmente desde 600 hasta 1000 rpm con el aumento de la concentración de biomasa alcanzada durante la fermentación. Los incrementos de glicerol se realizaron cuando la concentración de biomasa se mantuvo en fase estacionaria.
El caldo fermentado fue colectado mediante centrifugación a 5000 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante fue empleado para la determinación del contenido de carbono total (TOC) y de los azucares reductores y del glicerol mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en sistema Shimadzu 10AVP empleando una columna Aminex HPX-87H (300 x 7,8 mm, Bio-Rad, USA) a 65 °C con H_2SO_4 5 mM a 0,8 ml/min. El seguimiento del crecimiento celular pudo ser determinado mediante la determinación de masa seca gravimétrica (MSG). La extracción de lípidos se realizó según el método de Bligh y Dryer modificado (1959). El análisis de la composición de aminoácidos se realizó en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 17 A acoplado a un detector selectivo de masas Shimadzu modelo QP-5050ª operado por el modo de impacto electrónico 70 eV con monitoreo de ión selectivo m/z 62. Se utilizó una columna cromatográfica Rxi-5 ms (30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm df).

RESULTADOS Y DISCUSION

Con vistas a conocer la composición del medio de cultivo óptimo para la obtención del máximo contenido de lípidos se realizó su evaluación en diferentes condiciones de limitación en cuanto a la relación molar C/N. Para este ensayo se empleó una concentración de glicerol inicial de 50 g/L y concentraciones variables de sulfato de amonio en un rango de relación molar C/N entre 50 y 400. En la figura 1 se muestra que los mayores acumulaciones de lípidos se obtuvieron en un rango de C/N entre 250 – 300.

La relación C/N óptima puede ser alcanzada empleando diferentes concentraciones de glicerol y de la fuente de nitrógeno por lo que se realizó además, la evaluación de diferentes concentraciones de glicerol manteniendo la relación molar C/N en 250.

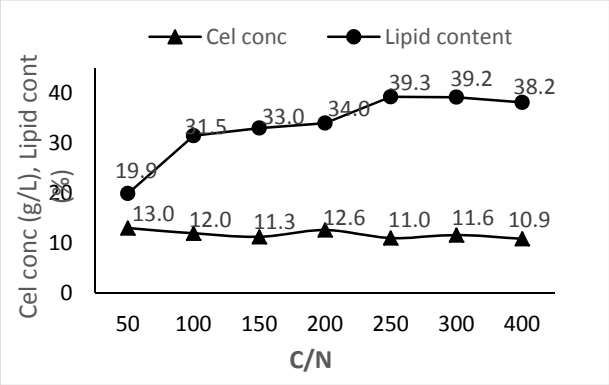


Fig 1: Perfil de crecimiento celular y producción lípidos a diferentes relaciones C/N

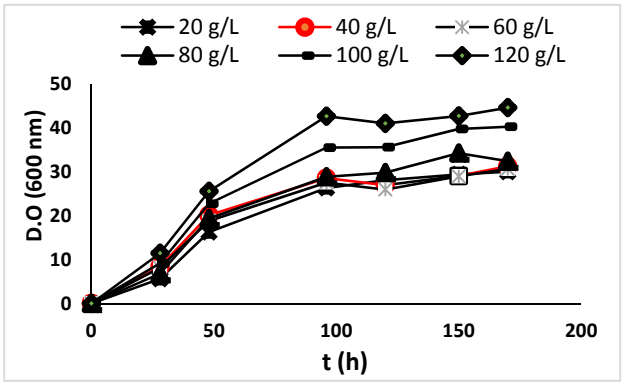


Fig. 2: Perfil del crecimiento celular a diferentes concentraciones de glicerol a C/N = 250

Los resultados mostrados en la figura 2 muestran que la concentración celular aumenta a medida que aumenta la concentración de glicerol empleada independientemente de que la relación C/N permanezca similar en todas las condiciones. Sin embargo, la mayor acumulación de lípidos se obtuvo en los valores intermedios del rango evaluado, o sea, entre 60 – 80 g/L de glicerol (valores no mostrados).

El pH es otro de los parámetros de cultivo que incide directamente tanto en el crecimiento celular como en la capacidad de acumulación de lípidos. Para optimizar el valor de pH se evaluó la concentración celular máxima y el contenido de lípidos a pH 4, 5 y 6 empleando un medio limitado de nitrógeno (C/N=350). Los resultados mostrados en la tabla 1 demuestran que a pH 6 se obtienen los mejores resultados a las 140 horas de cultivo.

Las vinazas contienen también algunos compuestos que pueden inhibir el crecimiento celular como el ácido acético, el hidroximetil furfural y el furfural. En la figura 3 se observa el comportamiento cinético en vinaza pura (factor 1) y empleando diluciones 1/2 (factor 2) y 1/3 (factor 3). Es significativo el efecto inhibitorio que ejercen algunos de estos compuestos en el crecimiento celular de esta levadura.

Tabla 1: Evaluación del crecimiento celular y el contenido de lípidos a pH 4, 5 y 6

pH	MSG (g/L)	Productividad (g/Lh)	Conc aceites (%)
4	12,32	0,087	25,3
5	13,08	0,092	26,12
6	14,8	0,104	31,4

Se realizó la evaluación del modo de cultivo incrementado bajo dos condiciones: empleando vinaza diluida con factor 2 y 3. La concentración de glicerol inicial se ajustó a 20 g/L en ambas condiciones y se emplearon en los incrementos de glicerol para ajustar la concentración del fermentador a 60 y 80 g/L, respectivamente.

La figura 4 muestra el comportamiento en las dos condiciones. La tabla 2 muestra que los valores máximos de concentración celular y contenido de lípidos fueron alcanzados empleando vinaza diluida con factor 3. La composición de ácidos grasos de los lípidos extraídos en ambas condiciones cumple con las norma ASTM D6751 establecida para los aceites vegetales empleados en la producción de biodiesel.

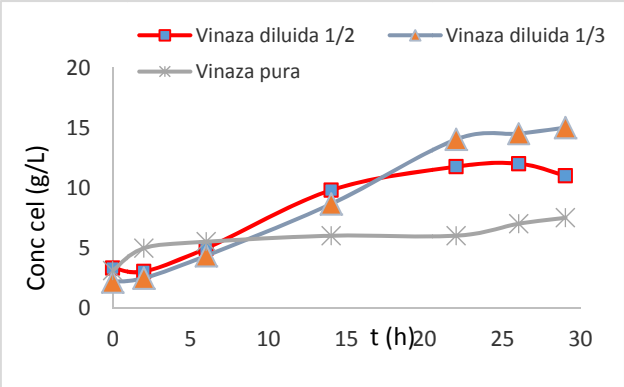


Fig. 3: Perfil de crecimiento celular en presencia de vinaza pura y diluida.

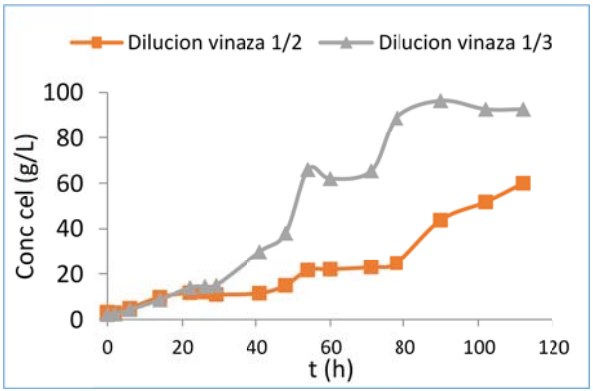


Fig. 4: Perfil del crecimiento celular en sistema incrementado empleando vinaza diluida y glicerol

Tabla 2: Concentración celular y contenido de lípidos empleando factor de dilución 2 y 3 de la vinaza

Factor de dilución	Conc cel (g/L)	Lípidos (%)
2	60	33,9
3	92,7	47,8

CONCLUSIONES

La cepa evaluada alcanzó la máxima acumulación de lípidos en medios limitados de nitrógeno compuestos por glicerol y sulfato de amonio como fuentes de carbono y nitrógeno con una relación molar carbono-nitrógeno (C/N) entre 250 y 350 y ajustados a pH = 6. El empleo de vinazas de destilerías de alcohol diluidas suplementadas con glicerol en sistemas de fermentación incrementados permitió la reducción del tiempo de cultivo necesario para alcanzar un crecimiento celular mayor (92,7 g/L) y a su vez un incremento de la acumulación de lípidos (47,8 %).

REFERENCIAS

- Balat Potential alternatives to edible oils for biodiesel production. Energy conversion and management, 2011, 52, 1479 - 1492
- Chatzifragkou, A., A. Makri, A. Belka, et al. Biotechnological conversions of biodiesel derived waste glycerol by yeast and fungal species. Energy 2011, 36, 1097-1108.
- Donmez, G. and S.G. Karatay. Improving the lipid accumulation properties of the yeast cells for biodiesel production using molasses. Bioresource Technology, 2010, 101, 7988-7990.
- Easterling, E.R. et al. The effect of glycerol as a sole and secondary substrate on the growth and fatty acid composition of *Rhodotorula glutinis*. Bioresource. Technol. 2009, 100, 8, 356-361.
- Faife, Evelyn, M.A. Otero, A. Alvarez et al. Microbial oil production by oleaginous yeasts on wastewaters-based medium. Int. Sugar Journal 2011, 113, 1355, 786-791.
- Liang, X.A., W.B. Dong, X.J. Miao and C.J. Dai.. Production technology and influencing factors of microorganism grease. Food Res. Dev. 2006, 27, 3, 46-47.

IMPACTO DEL USO DE LA UREA EN LA PRODUCCIÓN DE LEVADURA TORULA A PARTIR DE VINAZAS DE DESTILERÍAS

IMPACT OF THE USE OF UREA IN TORULA YEAST PRODUCTION FROM DISTILLERY SLOPS

Nélida Moré Naranjo, Indira Pérez Bermúdez, My-Lai Ibañez Fuentes, Mauricio Ribas, Roxana García, Gustavo Saura Laria

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).Vía Blanca 804 esq. Carretera Central. San Miguel del Padrón. Ciudad Habana.
E-mail: nelida.more@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer el impacto en el costo de producción de *Candida utilis* a partir de vinazas por la sustitución del sulfato de amonio por urea. Mediante un diseño experimental de mezclas se analizaron diferentes combinaciones de estas sales en el medio de fermentación a escala de laboratorio y la mejor variante se ensayó a nivel de microplanta en fermentadores de 2,5 L. Los resultados del laboratorio mostraron que la levadura respondió favorablemente en presencia de urea obteniéndose valores promedios de 7,89 gL^{-1} y 41,33 % de ganancia de biomasa y remoción de DQO respectivamente. Durante las experiencias en microplanta se pudieron corroborar los resultados en el laboratorio y se confirmó que no se ve afectada la $\mu_{máx}$ (0,211 h^{-1}) cuando se emplea urea y el consumo de H_2SO_4 fue 1,5 veces mayor a los requeridos cuando se emplea el sulfato de amonio. Además se aprecia una ventaja económica en el empleo de la urea con una disminución en el costo de las materias primas de un 51 %.

Palabras claves: *Candida utilis*, levadura forrajera, vinazas de destilerías, urea, sulfato de amonio, sales nitrogenadas.

ABSTRACT

The aim of present study was to determine the impact on the cost of production of *Candida utilis* grown from distillery slops through the replacement of ammonium sulfate by urea. Using an experimental design of mixtures (Simple Lattice) different combinations of these salts in fermentation medium at shaker scale were evaluated. The best variant was tested at micro-plant level in 2,5 L fermenters. The laboratory study showed that the yeast responded favorably in the presence of urea with mean values of 7,89 gL^{-1} and 41,33 % for biomass concentration and COD removal respectively. Micro-plant results corroborated those obtained in shaker and evidence that no effect was detected on $\mu_{máx}$ (0,211 h^{-1}) when urea is used and the consumption of H_2SO_4 was 1,5 times higher than those required when ammonium sulfate is used. An economic advantage is seen in the use of urea with a decrease in the cost of raw materials in 51 %.

Key words: *Candida utilis*, fodder yeast, distillery slops, urea, ammonium sulphate, nitrogenous salts.

INTRODUCCIÓN

Las vinazas constituyen el principal residual de la industria alcoholera. El empleo de este residual en la producción de levadura forrajera puede estar enfocado desde dos puntos de vista. Por un lado, la obtención de proteína para la alimentación animal y por otro la reducción del impacto medio ambiental (Saura, 2000).

En 1974 se inicia un proceso inversionista para la construcción y puesta en marcha de 10 plantas de levadura forrajera, con asesoría técnica del ICIDCA (ICIDCA, 2002) y en los años 90 se modificó la tecnología existente para utilizar como fuente de carbono y energía, vinazas de destilerías obtenidas a partir de la fermentación alcohólica de mieles finales de caña. Actualmente están en funcionamiento tres instalaciones industriales bajo este esquema (Saura, 2008) y debido a las limitaciones financieras, las compras de recursos para estas plantas se destinan, en lo fundamental a mantenerlas activas, lo que no permite trabajar en la eficiencia de las mismas. Esta situación unida a la mala calidad de las sales nutrientes que reciben (grado fertilizante en lugar de grado técnico), a la obsolescencia del equipamiento, al bajo nivel de automatización y a los altos costos de los insumos han llevado a que esta sea una producción prácticamente incosteable (Pérez y otros, 2014).
A pesar de que el empleo de vinazas representa una reducción significativa de los costos de producción de la levadura forrajera, aún éstos están fuertemente influenciados por los precios elevados de las sales nutrientes (sulfato y fosfato de amonio), por lo que resulta vital estudiar alternativas que puedan contribuir a la reducción de los mismos. Tomando como referencia el estudio realizado por García y otros (2014), el objetivo de este trabajo es analizar la influencia de la sustitución del sulfato de amonio por urea desde el punto de vista técnico y económico en la producción de levadura forrajera.

MATERIALES Y MÉTODOS

A escala de laboratorio se aplicó un diseño experimental de mezclas aumentado con una réplica en tres puntos experimentales para obtener un estimado del error puro con diferentes combinaciones de las dos sales utilizando la herramienta Design Expert versión 6.0.1. Cada condición experimental se realizó por triplicado con una réplica genuina de la matriz experimental. Los cultivos fueron crecidos en zaranda termostatada GFL® 3033 con agitación rotatoria a 32 °C, 180 rpm hasta alcanzar la fase de crecimiento exponencial (16 horas). Se determinó la materia seca gravimétrica, pH y la demanda química de oxígeno (DQO) para determinar la ganancia de biomasa y el porciento de remoción de DQO.
La mejor variante obtenida fue probada en microplanta utilizando fermentadores Marubishi MD300 de 5 L de capacidad total, con control de temperatura y de pH, provistos de agitación regulada y sistema de aire comprimido. Se ajustaron las condiciones de crecimiento a 34 ºC, pH 4,5 ± 0,5, alimentación de aire 1,2 vvm y agitación 650 rpm. Fue controlada la formación de espuma mediante la adición de antiespumante FKW 2000 (aceite de silicona) y el pH a través de solución de hidróxido de sodio (NaOH) 2N y ácido sulfúrico (H_2SO_4) 2 N. En esta etapa fueron realizadas a intervalos regulares la materia seca volumétrica (MSV) a las horas 2, 4, 6, 8 y 10 de la etapa discontinua y cada 4 h en la continua y DQO (a la hora 0, final del discontinuo, hora 12 del continuo y hora final). Además se cuantificó el volumen consumido del ácido.
Para el cálculo económico se tomó como referencia las fichas de costos y los precios emitidos por AZCUBA en el 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados hicieron evidente la capacidad de asimilación de urea por esta especie, con ganancias netas en biomasa similares con respecto a la suplementación con sulfato de amonio y muy cercana a la biomasa esperada para la cual se realizó el balance de materiales (valores promedios de 7,9 gL^{-1}).
En la Figura 1 se muestran los valores promedios de pH al inicio y al final de cada variante experimental. Resulta evidente la tendencia al incremento de este valor en presencia de mayores concentraciones de urea en el medio de cultivo, comportamiento que era de esperar por la formación de amoníaco durante la degradación de la urea por esta levadura. Como puede observarse el pH de la variante suplementada con urea al 100 % se encontraba en valores alrededor de 6, mientras que el cultivo creciendo solo con sulfato y fosfato de amonio se mantuvo tamponado en valores cercanos al inicial, resultados similares a los obtenidos por García y otros, (2014). El comportamiento del grado de remoción de DQO fue superior cuando se

suplementa el medio con 100 % urea y los valores se mantienen en los rangos informados para esta tecnología.

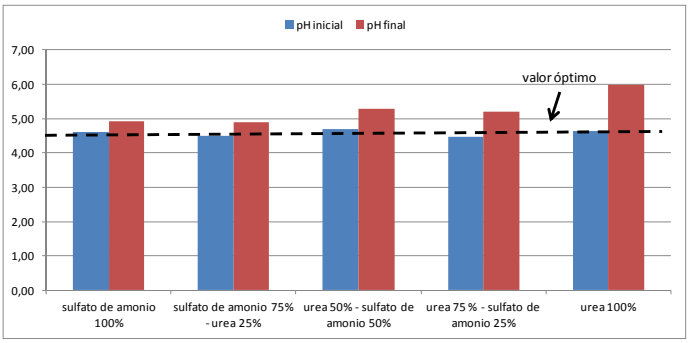


Figura 1. Valores de pH en condiciones de laboratorio.

En la Tabla I se muestran los valores promedios de los parámetros calculados para la etapa de microplanta, tomando los resultados de dos corridas experimentales bajo régimen continuo, así como el consumo total de ácido sulfúrico a la hora final (Hora 24).

Tabla I. Principales parámetros cinéticos y consumo de H_2SO_4 evaluados en 2,5 L de medio vinaza - sales suplementado con urea o sulfato de amonio.

Parámetro	**100 % sulfato**	**100% urea**
Ganancia neta de biomasa (gL^{-1})	10,44	9,89
Velocidad específica de crecimiento máxima µmáx (h^{-1})	0,217	0,211
% de remoción DQO	42,742	35,498
Consumo de H_2SO_4 (ml)	15	21

Los valores de la velocidad específica de crecimiento máxima ($\mu_{máx}$) para suplementos totales con urea y sulfato de amonio indican la factibilidad industrial del empleo de la urea, cuya suplementación no afecta la velocidad con que se incrementa la masa celular durante la fase exponencial del cultivo con respecto al control. En la Figura 2 se muestra la curva de crecimiento para las variantes estudiadas. El comportamiento de ambas corrobora que puede emplearse urea como fuente de nitrógeno sustituyendo totalmente el sulfato de amonio. Las ganancias de biomasa ratificaron los resultados alcanzados a nivel de laboratorio.

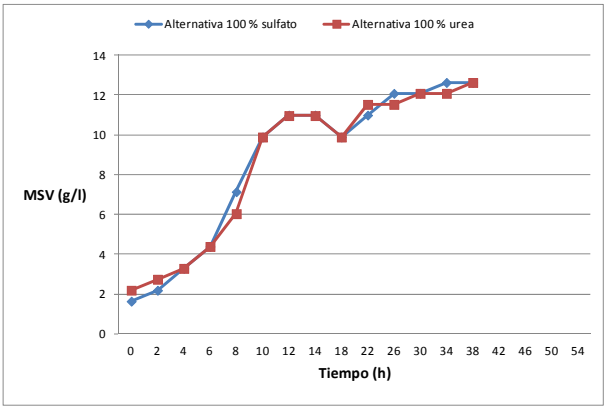


Figura 2.Curvas de crecimiento para las alternativas estudiadas en microplanta.

Como muestra la Tabla I se aprecia un mayor consumo total de solución de ácido sulfúrico bajo el esquema de suplementación con un 100 % de urea (21 ml) con respecto al volumen consumido en fermentadores con sulfato de amonio, que resultó de (15 ml). Estos valores suponen un índice de

consumo de 220 kg de ácido sulfúrico concentrado por tonelada de levadura para el caso de la urea contra 150 kg del ácido para fermentaciones con sulfato de amonio.
A partir de la ficha de costo de producción de levadura torula de vinaza establecida para la tecnología convencional (100 % de sulfato de amonio), se obtuvo que a pesar de existir un aumento en 1,5 veces del consumo de ácido sulfúrico al suplementar únicamente urea, el costo de producción es 51,5 % menor que para la variante tradicional.
Los resultados a nivel de microplanta permitieron ratificar el índice de consumo de 0,38 ton de sulfato de amonio por ton de levadura torula para el caso de la variante establecida industrialmente en Cuba (sulfato de amonio), así como un nuevo índice de consumo de 0,169 ton de urea/ ton levadura, 0,22 ton de ácido sulfúrico/ton levadura y 0,018 t de hidróxido de sodio/ton levadura para la variante que se propone.
Para los precios fijados (207,12 MT/ton de ácido sulfúrico, 610,87 MT/ton de urea y 863,94 MT/ton de sulfato de amonio) (AZCUBA, 2014), el ahorro por sustitución de la materia prima aportadora de nitrógeno es de 226,75 MT/ton de levadura. Si consideramos como ejemplo la producción de una planta de 15 t, trabajando 240 días/año, el ahorro anual sería de 816 300 MT.

CONCLUSIONES

- La *Candida utilis* responde favorablemente desde el punto de vista fisiológico en presencia de urea en un medio de cultivo con vinazas de destilerías con valores de ganancia de biomasa de 7,89 g L^{-1} y niveles de remoción de DQO superiores a 41,43%.
- A escala de laboratorio existe un aumento del pH final (6,0) al emplearse la urea como fuente de nitrógeno con respecto a la variante con sulfato de amonio (pH 4,68).
- En microplanta el uso de la urea permite alcanzar una ($\mu_{máx}$) de 0,211 h^{-1} similar a la alcanzada cuando se emplea un medio a partir de sulfato de amonio con una ($\mu_{máx}$) de 0,217 h^{-1}.
- Los niveles de consumo de H_2SO_4 entre ambos medios de fermentación indican que con el uso de la urea, los volúmenes demandados son 1,5 veces mayores a los requeridos cuando se emplea el sulfato de amonio.
- Existe disminución del costo de materias primas en un 51,5 % cuando se emplea urea (439,68 MT) y cuando se utiliza sulfato de amonio (666,43 MT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZCUBA, 2014. Ficha Técnica La Habana.
2. García, R. (2014). Effects of urea supplementatation on *Candida utilis* biomass production from destillery waste. Waste and biomass valorization. 5, 119-124.
3. ICIDCA. (2000). Manual de los derivados de la caña de azúcar. Tercera Edición. Editorial ICIDCA, La Habana, pp 485.
4. Pérez, I., Ribas, M., García, R., Ibañez, M., Moré, N., Saura, G., Martínez, J. (2014). Informe preliminar de la optimización del proceso fermentativo usando vinazas de destilería sustitución del sulfato de amonio por urea en la propagación de *Candida utilis*. La Habana.
5. Saura, G., Miguel, O.A., Martínez, J., Garrido, N., Pérez, I. (2008). Producción de levadura forrajera a partir de vinazas de destilerías, una solución ambiental Memorias de Diversificación 2008. ICIDCA. La Habana.

CONSIDERACIONES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN UN INGENIO AZUCARERO

CONSIDERATIONS OF THE RESIDUALS WATERS IN A SUGAR MILL

Juana María Chanfón Curbelo, Orly López, Rubén Mondui

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA. Vía Blanca No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana. Cuba

juana.chanfon@icidca.azcuba.cu

Resumen

Las aguas residuales de la industria azucarera constituyen una de las fuentes de contaminación del país, no solo por la carga contaminante sino también por los altos volúmenes que generan. La descarga de estas cantidades de material contaminante al medio ambiente produce la contaminación de ríos, laguna, pudiendo afectar a la flora y la fauna presentes en dichos cursos receptores, lo que crea problemas ambientales, económicos y sociales. Todos los ensayos analíticos se realizaron según la metodología para la caracterización de las aguas y aguas residuales de la industria azucarera. En este sentido el trabajo tiene como objetivo caracterizar las aguas residuales de las lagunas de oxidación de la UBE Boris Luis Santa Coloma en el periodo de zafra 2014-2015 mediante las normas estándares vigentes para cada análisis de laboratorio empleado. Como resultado se obtuvieron valores de DQO de 65.3%, DBO de 47.6% y pH de 6.86 al final del tratamiento. Los valores de sodio y calcio disminuyeron. Mientras que los valores del nitrógeno, fósforo y potasio aumentaron ligeramente después del tratamiento.
Palabras clave: aguas residuales, DQO, laguna de oxidación

Abstract

Wastewater from the sugar industry is the largest source of pollution in the country not only for its high pollutant loads but also for high volumes generated. The discharge of these amounts of contaminating material to environment causes gradual contamination of the river, flora and fauna present in these receiving bodies, which creates environmental, economic and social problems. All analytical tests were conducted according to the methodology for the characterization of water and wastewater in the sugar industry. In this sense, the work aims to characterize the wastewater oxidation ponds at the UBE Boris Luis Santa Coloma in the harvest period 2014-2015 by the existing standards for laboratory analysis used. As a result COD values of 65.3%, 47.6% and BOD pH 6.86 at the end of treatment were obtained. The values of sodium and calcium decreased. While values of nitrogen, phosphorus and potassium increased slightly after treatment.
Key words: residual water, COD, lagoon of oxidation

Introducción

Las aguas residuales de la industria azucarera constituyen una de las fuentes de contaminación del país por los contenidos de demanda química de oxígeno (DQO) y por los volúmenes de residuales que producen, los cuales provocan un tercio de la carga contaminante del país.

Los índices de contaminación son muy altos y representan un real y grave peligro para el medio ambiente, teniendo en cuenta que estas aguas contaminadas son vertidas a los ríos, bahías y mares cercanos a las fábricas. La descarga de estas cantidades de material contaminante al medio ambiente produce la destrucción paulatina de los suelos, la flora y la fauna presentes en dichos cursos receptores, lo que crea evidentes y

serios problemas ambientales, económicos y sociales. Se justifica por tanto la necesidad de tomar medidas para reducir el volumen de contaminación que producen estas.

Para lograr el mejor funcionamiento de los sistemas de tratamientos es necesario conocer las características de las aguas residuales. Para ello se determinan diferentes parámetros a nivel de laboratorio como son: la DQO, la demanda biológica de oxígeno (DBO), los sólidos solubles totales (SST), el pH y la conductividad, entre otros. En este sentido el trabajo tiene como objetivo caracterizar las aguas residuales de las lagunas de oxidación de la UBE Boris Luis Santa Coloma en el periodo de zafra 2014-2015 mediante las normas estándares vigentes para cada análisis de laboratorio empleado.

Materiales y Métodos

En este estudio el muestreo se realizó en tres momentos: principio, mediados y final de zafra. Las muestras se tomaron por el personal de servicio, teniendo en cuenta las normas vigentes (1) para el muestreo de aguas residuales y los protocolos de manipulación y conservación de muestras para su posterior ensayo en el laboratorio.
Todos los ensayos analíticos se realizaron según la metodología para la caracterización de las aguas y aguas residuales de la industria azucarera (2 y 3). Los análisis se realizaron por duplicados.

Resultados

En la Figura 1 se muestran los valores de los parámetros evaluados de las aguas residuales en las lagunas 1 y 2 durante la zafra.

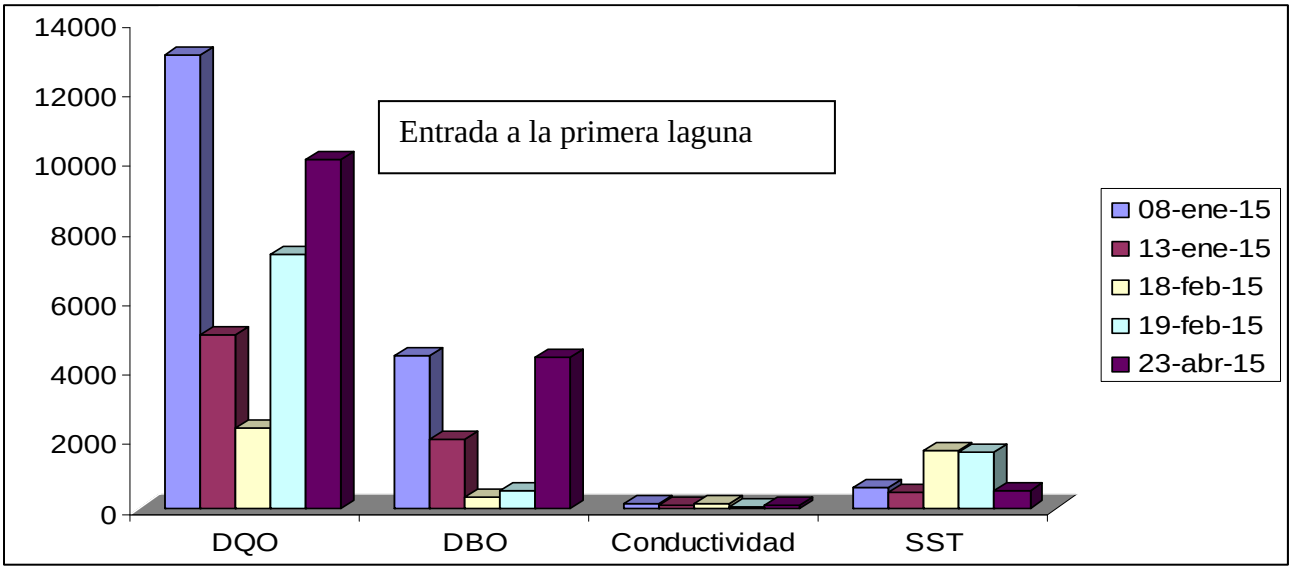


Figura 1. Parámetros del agua residual a la entrada de la primera laguna de oxidación

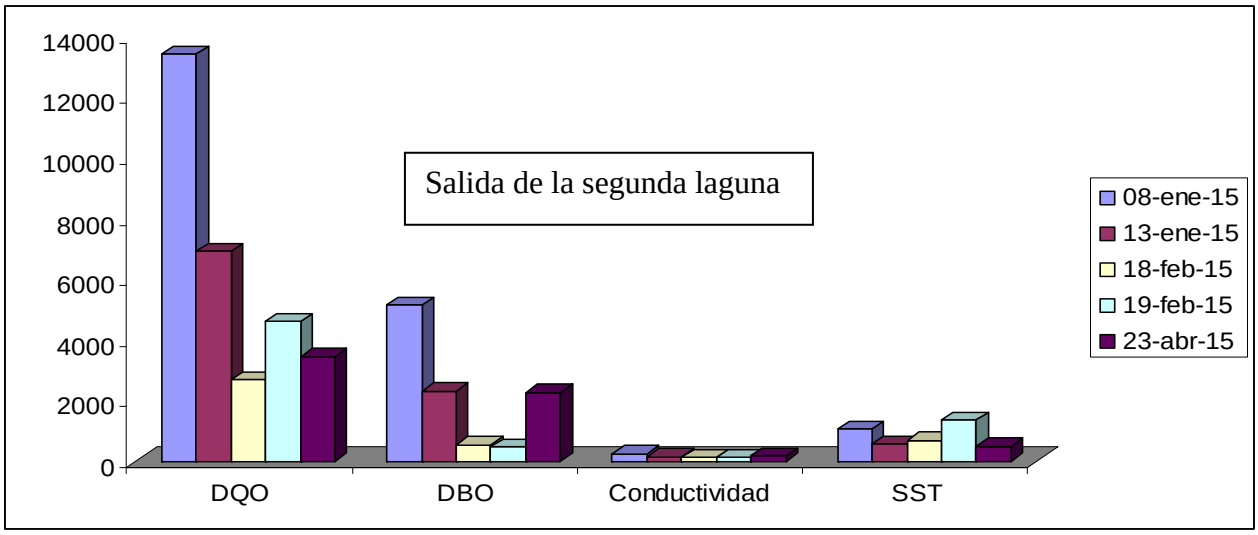


Figura 2. Parámetros del agua residual a la salida de la segunda laguna de oxidación

En la tabla 1 se muestran los datos en las diferentes lagunas tanto iniciales como las finales que indican los valores finales del tratamiento. La DQO muestra un 65.3% de remoción de la materia orgánica. Por otra parte la DBO (4) muestra una remoción de 47.6%. El valor del pH de las aguas alcanza un valor de 6,86 al final del tratamiento. Los valores de sodio y calcio disminuyeron de manera que el tratamiento resultó apropiado. No obstante los valores del nitrógeno, fósforo y potasio presentaron un ligero aumento después del tratamiento.

Tabla 1. Caracterización de las aguas residuales del central azucarero

Ensayo (unidad)	**Inicio**			**Medio**		**Final**	
	Laguna ácidos	**Laguna Entrada**	**Laguna Salida**	**Laguna Entrada**	**Laguna Salida**	**Laguna Entrada**	**Laguna Salida**
DQO ($mg.L^{-1}$)	7700	10010	6392	4620	6930	19825	3465.0
DBO ($mg.L^{-1}$)	1807	4333.3	1068.4	463	2314..8	1315.8	2272.7
Nitrógeno ($mg.L^{-1}$)	77	46	47.9	34	100	20.1	60.0
Fósforo ($mg.L^{-1}$)	1.76	1.04	6.64	4.56	1.04	2.07	3.01
pH	4.62	5.38	5.88	6.96	4.81	5.51	6.86
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	356	101.7	121.9	118.6	139.7	184.5	174
Calcio	60	160	500	400	280	60	80
Potasio	34	102	2500	2000	98	300	150
Sodio	20	34	260	80	38	7.0	10.5
SST	640	510	1630	1350	560	1040	1050

Según los datos que se reportan en la Norma Cubana (1) (Tabla 2), estos valores se encuentran dentro de los parámetros de calidad de las aguas.

Tabla 2. Criterios de evaluación para las aguas residuales

Criterios	Conductividad eléctrica (CE) mmhos/cm	Sales solubles totales (SST) mg/Kg	Relación de Absorción de Sodio (RAS)	pH
Buena	<1,50	<960	<4	6-7
Regular	1,50-1,80	960-1150	4-7	5-6 ó 7-7,8
Mala	1,80-2,40	1150-1530	7-10	4-5 ó 7,8-8,4
No se puede utilizar	>2,4	>1530	>10	<4 ó >8,4

Los valores de nitrógeno, fósforo y potasio aumentan después del tratamiento ligeramente, aspecto importante a tener en cuenta al usar los residuales en fertirriego.

Conclusiones

1. Los valores de las aguas residuales después del proceso de oxidación en las lagunas están dentro de los parámetros establecidos en la Norma Cubana (NC: 855 2011).
2. Los valores de nitrógeno, fósforo y potasio aumentan después del tratamiento ligeramente, aspecto importante a tener en cuenta al usar los residuales en fertirriego.

Recomendaciones

1. Valorar por parte del área agrícola la factibilidad del uso de este residual en fertirriego.

Bibliografía

1. NC 855 2011, Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar
2. Obaya y col., 2003 APHA, 2005
3. Obaya, M.C., Valdés, E., Eng, F. Metodologías para la caracterización de las aguas y aguas residuales para su calidad de agua para el riego. Editorial ICIDCA, 2003.
4. Monografía. Compendio de los derivados.

Sytem Oxitop^{R} Control. Operating Manual. WTW, Alemania. htpp://www.wtw.com [Consulta 20 agosto 2012].

SOLERA 3.0 – SISTEMA COMPUTACIONAL PARA GESTIONAR BODEGAS DE AÑEJAMIENTO

SOLERA 3.0 – COMPUTING SYSTEM FOR AGING CELLARS MANAGEMENT

Yaneli de la Raba Gutiérrez yaneli.delaraba@icidca.azcuba.cu
Arnaldo Díaz Molina arnaldo.diaz@icidca.azcuba.cu
Idania Blanco Carvajal idania.blanco@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Solera 3.0 es un software para gestionar bodegas de añejamiento en una fábrica de ron. Permite configurar el estado de la ronera mediante la definición de bodegas, tipos de depósitos, bases de añejamiento, productos, tamaños de toneles, tipos de extracciones, insumos y tipos de pérdida. Gestiona los toneles y todas sus operaciones, como los procesos de llenado y vaciado, traslado, cálculo del añejamiento y del volumen almacenado. Controla la calidad de las producciones, de las materias primas y la gestión comercial. Ofrece reportes configurables. Garantiza la seguridad de la información y establece tipos de usuarios para controlar el acceso a cada módulo. Puede adaptarse a cualquier tipo de ronera independientemente de su tamaño. Con esta aplicación los especialistas disponen de una herramienta actualizada que se ajusta a la dinámica diaria del proceso de añejamiento. Actualmente, se encuentra instalado en el CERALBE (Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas) y se pretende instalar en otras roneras de AZCUBA.

Palabras Clave: ronera, solera, toneles, añejamiento, bebidas alcohólicas.

ABSTRACT

Solera 3.0 is a software tool for aging cellars management in a rum factory. It allows to configure the characteristics of the rum factory by the definition of aging cellars, vessel types, aging bases, barrel sizes, extraction types, supplies and wastage types. It manages the barrels and all its operations, such as the processes of filling and emptying, transfer, determination of aging and the stored volume. It controls the productions quality, raw materials and commercial management, providing configurable reports. Solera 3.0 guarantees the security of information and establishes user types to control access for each module. It can be adapted to any kind of rum factory regardless of its size. With this application, the specialists have an updated tool that fits into the daily dynamics of aging process. It has been installed in CERALBE and will be installed in other rum factories of AZCUBA.

Keywords: rum factory, solera, barrel, aging, alcoholic beverage.

INTRODUCCIÓN

Uno de los renglones más importantes para la economía del país ha sido siempre la producción y comercialización de bebidas. La calidad de nuestras bebidas es guía a nivel mundial y se identifica incluso entre los mejores fabricantes. Así se pueden mencionar, por ejemplo, excelentes marcas como Havana Club, Ron Mulata, Ron Vigía, entre otros. El ron es una bebida alcohólica, un destilado de la caña de azúcar por fermentación, destilación y que posteriormente puede o no estar sometido a procesos de añejamiento, generalmente en barricas de roble. Su producción presenta una serie de etapas, condicionadas por factores que pueden influir decisivamente en la calidad del mismo [1].Uno de los factores que cabe destacar es el sistema de añejamiento o envejecimiento, que condicionará la calidad final del producto. Este factor ha sido

VIGÍA PREMIUM, UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE SU COMERCIALIZACIÓN

VIGÍA PREMIUM, A TECHNOLOGICAL INNOVATION.CONSIDERATIONS FOR AN STRATEGY DEVELOPMENT FOR ITS COMMERCIALIZATION

Autores: Irma Ramos Pousa, Zuyaima Cañete y Ana Lidia González Ramos
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
irma.ramos@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El presente trabajo ofrece una visión para el desarrollo de la estrategia de comercialización de los Rones Premium "**Vigía Gran Añejo" y Vigía Gran Reserva 18 Años"**, resultante de un proceso de innovación tecnológica, con una concepción de I+D+i a ciclo completo, que incluye desde se producción hasta la comercialización del producto, tanto en el mercado de fronteras como en el mercado internacional.
Los rones Premium **"Vigía Gran Añejo" y "Vigía Gran Reserva 18 Años"**, son productos obtenidos como resultado de un serio y creativo proceso de innovación en la línea de producción de los Rones Vigía del ICIDCA, de reconocida excelencia, poseedores de una imagen propia de cubanidad y tradición. En el proceso de innovación se alinearon una rica experiencia de más de 40 años, junto a un especial know-how en el desarrollo de propiedades organolépticas, dentro de un entorno de investigación de alta especialización, lo que ha permitido que se alcancen nuevos y selectos rones, para satisfacer clientes de muy exclusivas exigencias.
Se reporta un análisis que identifican factores internos y externos que limitan o pudieran favorecer a la comercialización, mediante consultas a expertos y el análisis del perfil de los mercados, para el diseño de una estrategia de comercialización.
Palabras clave: Innovación tecnológica, proceso de estrategia de comercialización y rones Premium Vigía.

ABSTRACT

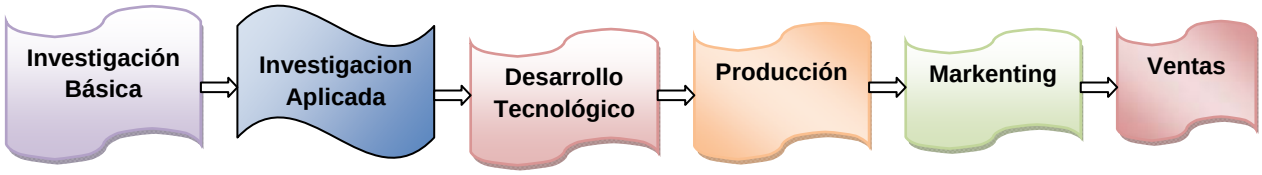
This paper gives a view of the development of an strategy for the commercialization of the Rums Premium **"Vigía Gran Añejo"** and "**Vigía Gran Reserva 18 Años"**, as the results of an technological innovation process, with a conception of a R+D+I close cycle, including the commercialization of the products within the borders and at the international market.
The Premium "**Vigía Gran Añejo"** and **"Vigía Gran Reserva 18 años"** rums are the products of serious and creative process of innovation in the Vigía Rums Line of ICIDCA, of renowned excellence, having its own image of cubancy and tradition. For the innovation process there were aligned 40 years of rich and successful experience, together to a special know-how in the development of tastes and bouquets, within an environment of high specialized research, that allows to develop new and selected rums, able to satisfy clients of very exclusive demands.
A careful identification of internal and external factors which limit or could favor the commercialization was done, by means of consults to expert and the analysis of the profile of the markets, all to design an real viable strategy for the commercialization.
Key words: Technological innovation, process of commercial strategy and Premium Vigía Rum.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ofrece una visión para el desarrollo de la estrategia de comercialización de los Rones Premium "**Vigía Gran Añejo" y Vigía Gran Reserva 18 Años"**, resultante de un proceso de innovación tecnológica, con una concepción de I+D+i a ciclo completo, que incluye desde se producción hasta la comercialización del producto, tanto en el mercado de fronteras como en el mercado internacional.

Teniendo en cuenta, la experiencia desarrollada durante el proceso de gestión de dicha tecnología, se realizaron adecuaciones en la elaboración de un modelo lineal para un producto, en correspondencia con el caso objeto de estudio, el cual aparece en la Figura No.1.

Fig. No.1 Modelo lineal de innovación para un producto se define como sigue:



Fuente: Adaptado atendiendo al Caso de Estudio del modelo presentado por Ritter dos Santos, Marli Elizabeth, 2015. Conferencia sobre Cadena de valor global, la transferencia de tecnología y la propiedad industrial.

Para lograr el desarrollo de estos productos, se crea CERALBE como Centro de Referencia, el cual fue creado mediante la resolución 71/2002 del 15 de mayo del 2002, con la misión de contribuir al desarrollo de una Industria Productora de Bebidas con imagen propia, eficiente y competitiva en los mercados nacionales e internacionales .Constituido por un laboratorio acreditado por la NC-ISO/IEC 17025:2006 y el área de producción de rones certificado con un sistema integrado por las normas NC/ISO 9001:2008 y NC/ISO 22000:2005

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comercialización de rones premium:

La comercialización de los Rones Premium Vigía tiene un sistema de distribución para el mercado nacional y en el mercado internacional, sólo se comercializa, el Gran Reserva 18 años debido a que este producto está envasado en botellas de 700 ml que es el volumen permitido en este tipo de mercado.

Se han realizado exportaciones de **Ron Premium Vigía Gran Reserva 18 años** a Italia, España, Japón, China y Bélgica, donde los precios han fluctuado, según el mercado.

En el análisis realizado sobre la comercialización del producto se concluye:

Debilidades:

- Existe poca promoción del producto para elevar las ventas.
- Solamente está autorizada una Entidad para comercializar estos productos.
- Imagen sostenida durante muchos años, lo cual hace que el habilitado, no cumpla en ocasiones con las normas vigentes y las nuevas exigencias del mercado.
- Identificar proveedores competitivos para mantener la calidad del habilitado de los productos.
- Limitada capacidad de producción, ya que es una producción artesanal.
- Necesidad de continuar mejorando las condiciones del almacenamiento del habilitado.

Fortalezas:

- El producto en general tiene buena imagen comercial.
- El área de elaboración Bodegas Vigía se encuentra certificada por un sistema integrado de calidad e inocuidad por las normas NC/ISO 9001:2008 y NC/ISO 22000:2005. Siendo la primera en certificarse del Grupo Azucarero (AZCUBA).
- El área de elaboración de los productos se encuentra certificada por las NC y se produce bajo sistemas de Gestión integrado: Calidad e Inocuidad, lo cual hasta el momento, no está certificada ninguna otra fábrica del Grupo Azucarero, AZCUBA.
- Productos certificados por la Marca Cubana de Conformidad, siendo los primeros en certificarse del Grupo Azucarero (AZCUBA).
- Originalidad en la imagen de los productos que los diferencia de la competencia.
- Laboratorio acreditado por la NC-ISO/IEC 17025:2006, con un alcance de 16 métodos de ensayo y con técnicas analíticas acreditadas.
- Alta calificación del personal técnico vinculado a la producción y a la certificación de calidad de las materias primas y productos terminados.

Amenazas:

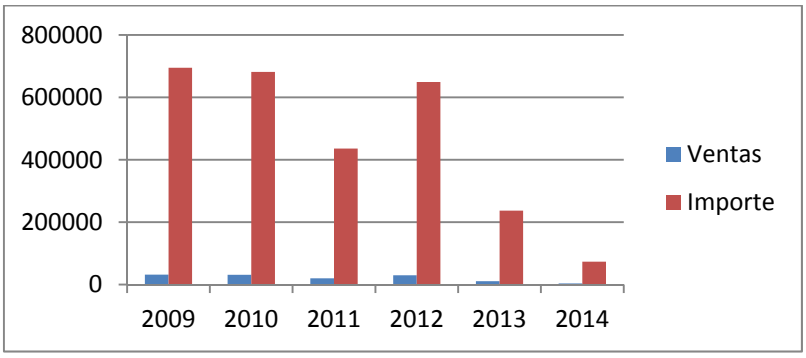
- Existen en el mercado otros productos de marcas reconocidas y a más bajos precios.
- Nuevas regulaciones internacionales para el control de contaminantes en bebidas, ejemplo de ello el carbamato de etilo.
- Altos precios de venta con relación a la competencia.
- Los elementos utilizados que conforman el habilitado de los productos todos son importados.

Oportunidades:

- Interés de varios clientes extranjeros en los rones cubanos.
- Ron genuino cubano.
- En el mercado se comercializa con gran aceptación los Rones Premium de alta calidad.
- En caso de un crecimiento imprevisto de la demanda, podría evaluarse la posibilidad de trasladar la producción a alguna ronera de AZCUBA.

Del análisis de su comercialización nacional en los últimos años (2009-2014) se evidencia una inestabilidad en los niveles de ventas del producto y una disminución en los dos últimos años.

Grafico No.1 Ventas e Ingresos del Ron Vigía Gran Reserva 18 años del 2009-2014 en el mercado nacional



Fuente: Informaciones suministradas por la Empresa Comercializadora

Como se puede apreciar en el gráfico anterior existe una inestable comercialización del producto y en los dos últimos años, hay una disminución de las ventas en el mercado nacional.

Algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para elaborar la estrategia para la comercialización del Ron "Vigía Gran Añejo"y "Vigía Gran Reserva 18 años".

- Evaluar agregarle a los productos nuevos atributos e imagen que puedan tener una incidencia ante la competencia y penetrar en nuevos nichos de mercado.
- Realizar estudios de mercados en las áreas donde se pretenda comercializar.
- Revisar el diseño y la presentación, entre otros aspectos, en función de las exigencias del Cliente y el mercado al que se pretende comercializar.
- Valorar una nueva línea de productos, donde se podría lanzar una misma línea de ron pero de menor edad y precio, manteniendo la marca Vigía, con precios más accesibles a un mercado menos exigente.
- Hacer un estudio de los precios de la competencia, teniendo en cuenta que son rones Premium.
- Elaborar una estrategia para la protección de la marca Vigía en el Exterior.
- Conjuntamente con la Empresa Comercializadora, elaborar estrategias promocionales y de mercado que permitan elevar las ventas de los rones Premium.
- Diseñar paquetes turísticos que incentiven la historia del Ron Vigía que incluyan visitas a la finca de Ernest Miller Hemingway y al Centro de Referencia CERALBE.
- Continuar trabajando en el cumplimiento de las exigencias de calidad para optar premios en Ferias Comerciales Nacionales y en el Exterior.

CONCLUSIONES:

1. La innovación debe ser parte integrante de la "formulación de la estrategia" de la empresa y debe ser la base de los programas de desarrollo para las funciones que coexisten en la misma, por lo que constituye una importante tarea de la "Dirección Empresarial" estimular y apoyar toda propuesta de innovación que se produzca evaluando su impacto económico, social y ambiental para el país.
2. Los rones Premium "**Vigía Gran Añejo"** y **"Vigía Gran Reserva 18 años**¨ son productos desarrollados por el ICIDCA, donde se tuvo en cuenta el ciclo completo de innovación tecnológica hasta su producción comercial**,** contribuyendo al desarrollo científico- técnico y económico del sector y del país, dotado de imagen propia, eficiencia y posibilidades de competir en el mercado nacional e internacional
3. Del análisis de su comercialización nacional en los últimos años (2009-2014) se evidencia una inestabilidad en los niveles de ventas del producto y una disminución en los dos últimos años**.**
4. Existe poca gestión comercializadora de los rones Premium ¨**Vigía Gran Añejo"** y **"Vigía Gran Reserva 18 años"**, tanto en el mercado nacional como externo.
5. Es necesario evaluar a partir del Estudio de Mercado que se realice, el nicho de mercado en que se debe comercializar estos rones Premium, ya que teniendo en cuenta estos factores, incidirán en la estrategia de marketing y de promoción de los mismos.

RECOMENDACIONES:

1. Analizar el proceso tecnológico para identificar factores que pueden incidir en su calidad y en su costo de producción.
2. Realizar un Estudio de Mercado de los rones Premium **"Vigía Gran Añejo"** y **"Vigía Gran Reserva 18 años",** tanto para el mercado nacional como para el exterior.
3. Implementar cursos de capacitación al personal que labora en las áreas de Marketing y Comercialización.
4. Estudiar los precios de la competencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Cañete, Zuyaima; Arbolaez Duany, Dorisleydi, 2014. Diplomado de Comercio Exterior, Estrategia para el marketing y la promoción del Ron Gran Añejo Vigía.
2. Diplomado de Dirección y Gestión Empresarial VI Edición, 2013 CNCA- Conferencias impartidas en el Módulo de Innovación Tecnológica.
3. Fernández Font, Mario.1997, Innovación Tecnológica y competividad.
4. dos Santos, Ritter; Marli, Elizabeth, 2015 Conferencia sobre Cadena de valor global, la transferencia de tecnología y la propiedad industrial. Experiencia práctica, impartida en el Seminario Internacional La Propiedad Industrial y la Transferencia de Tecnología celebrado en Cuba.
5. Informaciones suministradas por la Empresa Comercializadora.

durante mucho tiempo uno de los fenómenos más misteriosos del mundo de la tecnología de bebidas destiladas. En el envejecimiento de las bebidas alcohólicas, los toneles de madera de roble tienen un efecto beneficioso para las mismas. Al conjunto o disposición de los toneles que se emplean desde la antigüedad para añejar, conservar, y trasladar las bebidas, se les denomina solera y es donde la bebida sufre a lo largo del tiempo una evolución dentro del tonel tras encontrarse en unas condiciones ambientales dadas, y que repercute fundamentalmente en una mejora en sus propiedades organolépticas, con la aparición de aromas y sabores característicos.[2]

En una fábrica de producción de rones una de las áreas más importantes es la solera, por lo que se debe tener un control estricto sobre cada uno de los toneles o barriles que contienen las bases o caldos que están almacenados en los mismos. El CERALBE cuenta con una solera en el área experimental de producción Bodegas Vigía. La misma llevaba el control de su solera de forma manual al contar con una pequeña producción, pues sólo disponía de 60 toneles. Al incrementarse los niveles productivos y con ello aumentar la cantidad de toneles, se hizo necesario contar con una herramienta automatizada que llevara el control de la misma [3].

Para solucionar esta situación se implementó el sistema Solera 2.0, que es el predecesor de la versión actual. Fue instalado en el CERALBE y otras roneras del país, pero se identificaron algunas limitaciones que dificultan el trabajo diario de los especialistas entre las que se encuentran: la gestión de la información se dificulta en grandes roneras, no está implementado un seguimiento económico de la ronera en el proceso de añejamiento de bebidas, se utiliza un factor constante para la conversión de las mediciones en centímetros a litros, no incluye ninguna herramienta para el control de las pérdidas, no dispone de ningún reporte gráfico que permita visualizar de forma consolidada la información. Es una aplicación de escritorio que puede instalarse de forma distribuida con una base de datos centralizada; sin embargo hay que instalar el software en cada máquina de forma independiente lo que dificulta el mantenimiento post-venta. Es compatible con la plataforma Microsoft Windows, la base de datos está diseñada en SQL Server 2000 y el software programado en el entorno de desarrollo Borland C++ Builder 6[4]. Ninguna de estas tecnologías es libre de costo y no se dispone de licencias legales en sus versiones actuales, por lo que está en riesgo el soporte técnico del software.Se propuso entonces el desarrollo de una nueva versión.

Con la implementación del sistema Solera 3.0 se cuenta con una solución nacional especializada en el control de todo el proceso de añejamiento de bebidas. No existe actualmente en Cuba ningún otro sistema publicado con estas características, excepto el Solera 2.0, con las limitaciones que anteriormente se explicaron.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte del proceso de actualización del sistema se realizaron entrevistas y encuentros con los especialistas del CERALBE, para obtener los nuevos requerimientos a actualizar e implementar. En este sentido se discutieron métodos para la medición efectiva del volumen de los toneles estudiándose dos métodos en particular, uno mediante la creación de tablas de aforo para obtener modelos ajustados que permitieran estimar el volumen almacenado, y otro mediante métodos numéricos de integración para calcular el volumen del líquido almacenado a partir de la geometría interna del tonel. La aplicación del método numérico de integración pudo aplicarse solamente desde el punto de vista teórico al no poderse conocer en la práctica la geometría interna exacta del tonel sin romperlo, pues es imposible conocer el ancho de las duelas o tapas al ser cada tonel constuido manualmente. Se decidió entonces emplear las tablas de aforo. Se seleccionaron toneles en buen estado pertenecientes a diferentes clasificaciones. Se registraron los datos y se estudiaron estadísticamente para conocer el porciento de variabilidad entre las mediciones de varios toneles del mismo tipo y solo seleccionar aquellos que realmente constituían un buen patrón. Por la forma de los

toneles, se construyeron polinomios cúbicos como el ejemplo que se presenta a continuación para toneles de 200 litros.

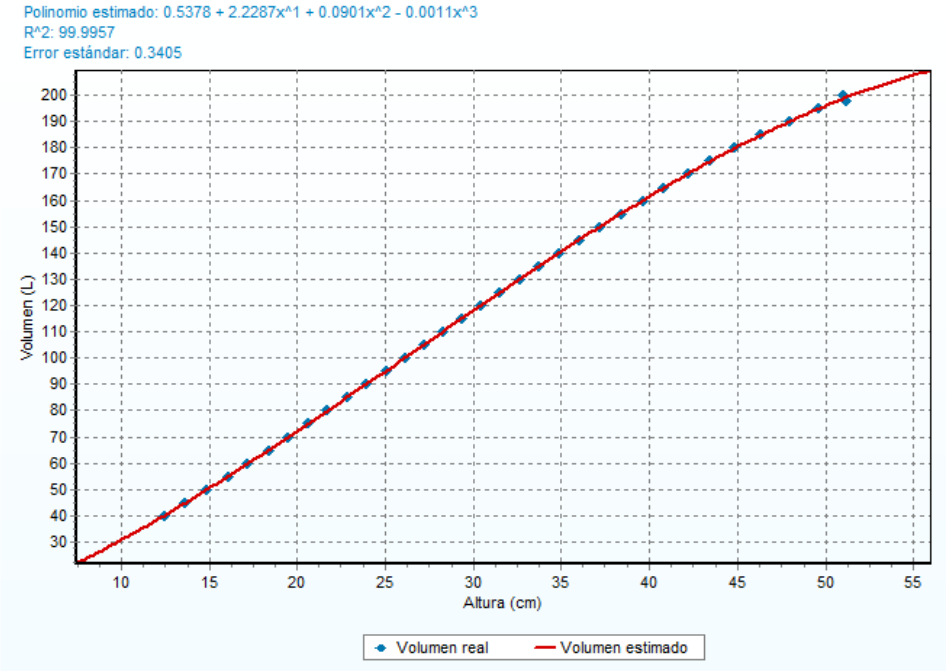


Figura 1: Polinomio ajustado para toneles de 200 litros.

Otro aspecto discutido fue el de la verificación o chequeo del 10% de los toneles, actividad realizada en las soleras como parte de un inventario sistemático que permite la comprobación del volumen actual de cada tonel y registrar un tipo de pérdida de ser necesario en cada uno, como por ejemplo, la evaporación inherente en todo proceso de añejamiento de bebidas.

Otro aspecto importante lo constituye la seguridad del sistema. En este sentido se acordaron varios tipos de usuarios clasificados de acuerdo a su nivel de acceso a cada módulo de la aplicación. Los tipos de usuarios definidos fueron el administrador, con acceso a poder configurar la solera tanto organizativa como estructuralmente; el responsable de bodega, para gestionar todas las operaciones de las bodegas asignadas y así lograr un control más distribuido; el especialista de calidad, encargado de la evaluación de parámetros de calidad de las producciones y las materias primas; y el comercial, encargado del control económico de la solera por concepto de ingresos y gastos. Se definió adicionalmente el rol de directivo, para permitir que el personal administrativo pueda consultar informes del estado de la ronera.

Para la implementación del sistema se seleccionaron herramientas de código abierto, multiplataforma y gratuitas para garantizar el mantenimiento futuro y extensibilidad de la aplicación sin tener gastos adicionales al desarrollo del sistema por pagos de licencias de software, constituyendo de este modo una solución viable para las roneras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El principal resultado es la creación de una aplicación web que elimina las limitaciones de la versión anterior. Por sus características, se adapta a las tecnologías de software existentes en la ronera y tiene un alto grado de escalabilidad, lo que permite que el sistema llegue a cada área de la ronera, aún cuando está

instalado solo en un servidor central, lo cual facilita su mantenimiento y potencia la seguridad del código. Su arquitectura distribuida está dividida en los paquetes de Seguridad, Administración, Bodega, Comercial, Calidad y Reportes que se fusionan para formar el sistema Solera 3.0 como se muestra a continuación.

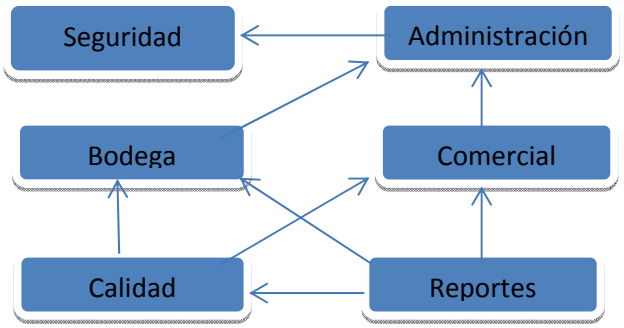


Figura 2: Paquetes del Solera 3.0 y sus interacciones

Entre las principales herramientas se encuentran: Gestionar tipos de usuario, consultar trazas del sistema, gestionar bodegas, tipos de depósitos, depósitos, productos, bases de añejamiento, tipos de extracciones, insumos, proveedores, clientes, tipos de pérdidas, clasificación de toneles, toneles, trasladar toneles, ejecutar operaciones de agregación, extracción y verificación sobre los toneles, deshacer operaciones, ejecutar altas y bajas a toneles, registrar producciones, ventas, entradas de insumos, evaluar lotes de producción y de insumos registrados, consultar informes configurables entre los que se destacan: obtener información de costo-beneficio, listar indicadores de cumplimiento de normas y mostrar consolidado de producción. Además de estas herramientas se ejecutan otros procesos de forma transparente para el usuario como el cálculo automático del añejamiento de cada tonel, la actualización de su altura y cantidad de litros después de cada operación de llenado, vaciado o verificación, ahorrando tiempo y eliminando errores inherentes a los cálculos manuales y manteniendo la consistencia de la información.

CONCLUSIONES

Solera 3.0 supera las limitaciones tecnológicas y de requisitos funcionales que existían en la versión anterior. Garantiza los aspectos de seguridad exigidos por las inspecciones realizadas a las roneras. Proporciona a los especialistas una herramienta totalmente cubana y dinámicamente configurable para cada ronera de acuerdo a sus características. Aumenta la eficiencia en el trabajo diario de los especialistas, ahorrando tiempo en la gestión y análisis de la información. El entrenamiento de los especialistas y el mantenimiento post venta del software es garantizado por el ICIDCA, logrando por este concepto un ahorro económico considerable para las roneras y la generación de nuevos ingresos para la institución.

REFERENCIAS

1. Sitio web de ECURED [en línea] <Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Ron> [20 junio de 2015].

2. Sitio web de Havana Club [en línea] <Disponible en: http://havana-club.com/es/havana-patrimonio/proceso-de-elaboracion-del-ron> [20 junio de 2015].

3. Capote M., (2008). “Manual de utilización del sistema computacional Solera”. Versión 2.00, ICIDCA, pp. 1-18.

4. Diaz Arnaldo, Blanco Idania y Capote Mayra (2012).”ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar”, vol. 46, no. 2, pp.6

DETERMINACIÓN DIRECTA DE CARBAMATO DE ETILO EN ALCOHOLES HIDRATADOS DE DESTILERÍAS CUBANAS Y SU CUANTIFICACIÓN POR CG/EM

DIRECT DETERMINACIÓN OF ETHYL CARBAMATE IN HYDRATED ALCOHOLES FROM CUBAN DISTILLERIES AND ITS QUANTIFICATION BY GC / MS

Yanay Martínez Pérez[1], Laura A. Lamí Izquierdo[1], Gustavo Saura[1], Manuel Díaz de los Ríos[1], Mayrelys Mesa Jardín[1] y Jorge Pino Alea[2].

[1]Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Vía Blanca 808 y Carretera Central, La Habana, Cuba.
yanay.martinez@icidca.azcuba.cu
[2]Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia (IIIA), Carretera del Guatao, La Habana.

Resumen
Entre los diversos análisis químicos realizados sobre las bebidas alcohólicas para expresar sus características y calidad, se encuentra la determinación del CE como una de las más solicitadas en la actualidad. Este compuesto tiene una acción cancerígena que ha sido demostrada mediante experimentaciones con animales; de forma explícita a través de ratas de laboratorio a manera de anestesia, apareciendo tumores posteriores a su utilización. En este trabajo, la presencia del CE en los alcoholes se demostró, a través de muestras de tres destilerías cubanas; Amancio Rodríguez, Melanio Hernández y Destileria Habana. Su determinación se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC / MS), con el seguimiento del ion selectivo m/z 62. La técnica empleada fue la oficialmente recomendada 993.04 de la AOAC a este fin, bajo ciertos ajustes acuerdes con las condiciones de trabajo del ICIDCA de laboratorio. La concentración de la CE en los alcoholes analizadas fueron: 11 mg / L de Amancio Rodríguez; 7 g / L para Destilería Habana y finalmente 22 mg / L para Melanio Hernández.
Palabras claves: Carbamato de Etilo, Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM), etanol.

Abstract
Among the various chemical analyzes on alcoholic drinks to express their characteristics and quality, is the determination of the EC as one of the most sought after today. This compound has a carcinogenicity has been demonstrated by experiments with animals; explicitly through laboratory rats by way of anesthesia, appearing tumors after use. In this work, the presence of the EC in alcohols was demonstrated through three Cuban distilleries samples; Amancio Rodriguez, Destileria Melanio Hernandez and Havana. His determination was performed by gas chromatography-mass spectrometry (GC / MS) with selective ion monitoring of m / z 62. The technique used was the officially recommended AOAC 993.04 for this purpose, subject to certain adjustments according to ICIDCA´s working laboratory conditions. EC concentration in alcohols analyzed: were; 11 mg / L for Amancio Rodríguez; 7 g / L for Destileria Havana and finally 22 mg / L for Melanio Hernandez.
Keywords: Ethyl Carbamate, gas chromatograph/mass spectrometer (GC/MS), ethanol.

INTRODUCCIÓN

El carbamato de etilo (uretano) es una sustancia soluble en agua, etanol y en otros disolventes orgánicos. Tiene un índice de dosis letal media ($DL_{50)}$ de 2 g/kg en conejos. Es utilizado desde hace tiempo como anestésico en veterinaria, en ratas y ratones se ha demostrado su capacidad de inducir la aparición de tumores

pulmonares. De la experiencia con animales de laboratorio se ha estimado la dosis diaria "sin efectos" para el hombre en 0,3 ppb/kg de peso corporal[1].
La concentración de carbamato de etilo en bebidas es muy variable, pues su formación puede ser intensificada o inhibida en función de las prácticas de producción de estos productos y depende de las materias primas, condiciones de fermentación, destilación utilizada y, por último, de su almacenamiento. El mecanismo de formación de esta sustancia en bebidas no está completamente definido. La variedad de los materiales utilizados en su producción propicia diferentes vías para su formación y estas generalmente se desarrollan por la reacción entre el etanol y precursores nitrogenados como la urea, el fosfato de carbamilo y los cianatos[2 y 3].
Los efectos para la salud humana que se originan por una sustancia como el carbamato de etilo pueden aparecer a largo plazo, dependiendo estos de factores como la ingesta, la susceptibilidad del individuo y su toxicidad intrínseca. Es importante reconocer que la aparición de efectos tóxicos debidos a esta sustancia, no dependen exclusivamente de su toxicidad, sino directamente de su ingesta. Así, una determinada sustancia con una toxicidad intrínseca definida es tanto más tóxica cuanto mayor sea la dosis ingerida. En general las sustancias carcinogénicas están encuadradas en el grupo de las que originan toxicidad crónica, y el carbamato de etilo es una de ellas. Aunque se conoce su potencial carcinogénico[4] en animales de experimentación, la información sobre su efecto en humanos todavía puede considerarse insuficiente, lo que incrementa y justifica el interés de su investigación[5].
El presente trabajo tiene como objetivo de estudio realizar la identificación y cuantificación del carbamato de etilo para muestras de alcohol de diferentes destilerías por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados son de grado analítico Fluka. El patrón de carbamato de etilo es de la firma Sigma-Aldrich.

Método para la cuantificación del C.E.

Se utilizó un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 17A acoplado a un detector selectivo de masas Shimadzu modelo QP-5050A operado por el modo de impacto electrónico 70 eV con monitoreo del ión selectivo m/z 62. Se utilizó una columna cromatográfica DB-Wax (30m x 0,25mm x 0,25µm) de fase estacionaria polietilenglicol.

Se trabajó según el método 993.04 de la AOAC[6] con ligeras modificaciones ajustadas a las condiciones de trabajo del laboratorio. El programa de temperatura utilizado en el horno fue de 60°C (1min), elevándose en intervalos de 7°C/min hasta alcanzar 150°C (0min); posteriormente se eleva en intervalos de 25°C/min hasta 200°C (15min). Las temperaturas del inyector y de la interface del detector fueron de 200°C cada uno. El volumen de inyección fue de 1µL en el modo de splitless y el gas portador helio a razón de 1mL/min.

Para la cuantificación se utilizó el método de la curva de calibración utilizando un patrón de carbamato en solución etanólica de diferentes concentraciones (20, 50, 100, 200 y 350 µg/L) a partir de una solución madre de C.E. de 1000 µg/L en etanol y para la identificación cualitativa se utilizó el monitoreo del ión m/z 62 y el tiempo de retención. La validación fue realizada por adiciones sucesivas de solución patrón, observándose el área y simetría del pico.

Muestras analizadas

Las muestras de alcohol provenientes de las destilerías cubanas: Amancio Rodríguez, Melanio Hernández y Destilería Habana fueron analizadas por triplicado y sin tratamiento previo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se realizó el montaje de la curva de calibración, los coeficientes de correlación de las curvas analíticas variaron entre 0,9788 y 0,9900. Se ~~le~~ determinó el contenido de carbamato de etilo a las muestras de las destilerías, siguiendo la metodología antes descrita. El pico del carbamato se identificó al tiempo de retención de 10.5 ± 0.2 min. Esto se aprecia en las figuras 1, 2 y 3, que aparecen a continuación.

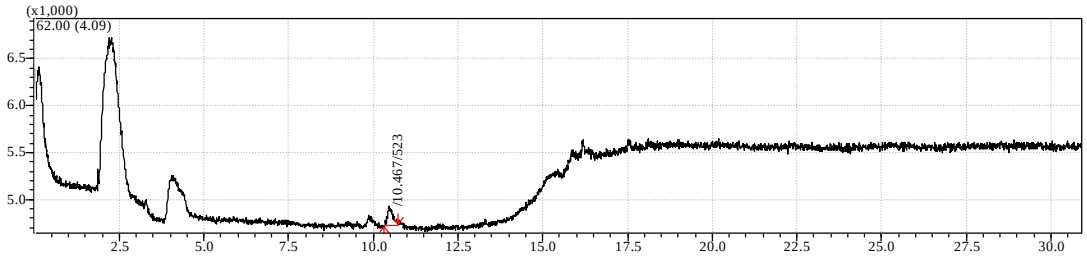


Figura 1: Cromatograma de gases de la destilería Melanio Hernández.

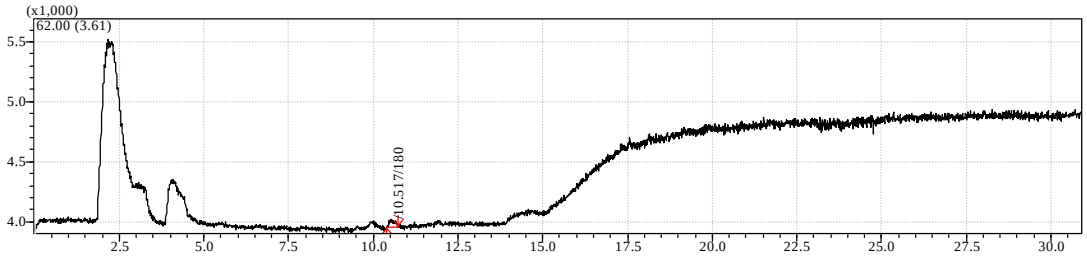


Figura 2: Cromatograma de gases de la Destilería Habana.

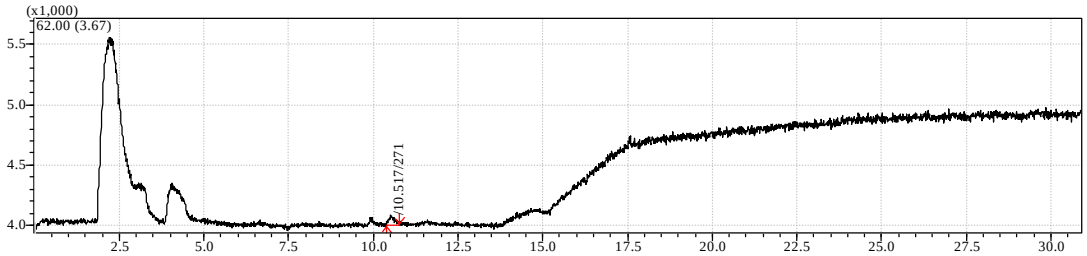


Figura 3: Cromatograma de gases de la destilería Amancio Rodríguez.

Los resultados que aparecen en la tabla I muestran que las concentraciones de carbamato de etilo, presente en estas muestras, están dentro de los límites establecidos que no deben ser superiores a 125 µg/L [7].

Tabla I: Concentraciones de C.E. en las muestras de los diferentes alcoholes.

Muestra	**Área**	**Concentración de CE (µg/L)**
Alcohol destilería Melanio Hernández	523	22
Alcohol destilería Habana	180	7
Alcohol destilería Amancio	271	11

La diferencia entre las concentraciones de C.E. en las diferentes destilerías, puede estar dada por diferentes causas ya que su formación puede ser intensificada o inhibida en función de las prácticas de producción de estos productos, las cuales dependen de las materias primas, condiciones de fermentación, destilación y por último de su almacenamiento. La variedad de los materiales utilizados en su producción propicia diferentes

vías para su formación y éstas generalmente se desarrollan por la reacción entre el etanol y precursores nitrogenados, como la urea, el fosfato de carbamilo y los cianatos[2 y 3].

CONCLUSIONES

Se determinaron las concentraciones de carbamato de etilo en tres muestras de alcoholes mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas las cuales no sobrepasaron los límites establecidos por las normas internacionales.
Las concentraciones fueron de 22, 7 y 11 µg/L para las destilerías cubanas Melanio Hernández, Habana y Amancio Rodríguez, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Schlatter, J. (1986). The toxicity of urethane (ethylcarbamate). Proceedings Eurotox, Zurigo, pg 249-254.
2. Blanco, I., Lorenzo, M., Ataide da Silva, A., Estudio preliminar del carbamato de etilo en aguardientes y bebidas alcohólicas destiladas, Memorias del X Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados, Diversificación 2008, pp. 204-209. ISBN 978-959-7165-16-3.
3. Lorenzo et al. / Centro Azúcar Vol 41, No. 3, Julio-Septiembre 2014 (pp. 55-63).
4. Sotomayor, R.E. y Collins, T.F.X. (1990). Mutagenicity, metabolism, and DNA interactions of urethane. Toxicol. Ind. Health, Jan., 1(6), pg 71-108.
5. Schlatter, J. y Lutz, W.K. (1990). The carcinogenic potential of ethyl carbamate (urethane): risk assessment at human dietary exposure levels. Food Chem. Toxicol., 28, pg 205-211.
6. AOAC (Official Methods of Analysis), Ethyl carbamate (Urethane) in distilled spirits, Official method 993.04, 2002.
7. US Food and Drug Administration, Urethane in Alcoholic Beverages Under Investigation. US Consumer, available at: http://vm.cfsan.fda.gov/~frf/fc0293ur.html, 1993.

REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL (RAI) EN EL DEPARTAMENTO CERALBE. ACCIONES PARA MITIGAR EL IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE

INITIAL ENVIRONMENTAL REVIEW (IER) IN THE DEPARTMENT CERALBE. ACTIONS TO MITIGATE THE ENVIRONMENT IMPACT

Autora: Maricela Vega Batista

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba
E-mail: maricela.vega@icidca.azcuba.cu

Resumen

Las preocupaciones sobre el medio ambiente irrumpen cada día más en la vida cotidiana, escuchamos con alarma como en el mundo continúan destruyéndose los bosques, contaminándose los ríos y mares y desapareciendo especies, poniendo en peligro incluso la propia existencia humana.

El Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), desde hace algún tiempo, viene trabajando en darle solución a los problemas medio ambientales que presentan y para ello, siguiendo la metodología de la NC/ISO 14001:2004 ha sido necesario realizar levantamientos en las diferentes áreas para de esta forma conocer las deficiencias sobre las que se debe incidir. En este trabajo se resume la situación actual del Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas (CERALBE), obtenida a partir de una Revisión Ambiental Inicial realizada, en aras de gestionar la implementación de regulaciones medio ambientales que puedan ser certificadas y garanticen la producción y comercialización de los rones a nivel nacional e internacional, así como la prestación de servicios técnicos.
Para la obtención de información se realizó una revisión documental de los procedimientos existentes en el área. Se evaluó la disposición de los residuos teniendo en cuenta su clasificación y tipo de tratamiento empleado en cada caso. Se comprobó que no se presentan residuos gaseosos, pero si residuos sólidos como cartón y cristales y también residuos líquidos.

Palabras clave: medio ambiente, revisión ambiental inicial, residuos.

Summary

Concerns about the environment every day burst in everyday life, listened with alarm as the world continue destroying forests, polluting the rivers and seas and disappearing species, endangering even human existence itself.

The Cuban Institute of investigations of Derived of the Cane of Sugar (ICIDCA), for some time, been working to give solution to the environmental problems presented and for this, following the methodology of the NC/14001: 2004 has been necessary to carry out surveys in different areas for this way to know the deficiencies on that it should be impacted. In this work it is summarized the current situation of the Center of Reference of Alcohols and Beverage (CERALBE), obtained from a Initial Environmental Review carried out, in order to manage the implementation of environmental regulations that can be certified and ensure the production and commercialization from the rums to national and international level, as well as the benefit of technical services.
To obtaining information was carried out a documental review of the existent procedures in the area. The disposition of the residuals was evaluated keeping in mind its classification and the treatment type used in

each case. It was proven that gassy residuals are not presented, but if solid waste like cardboard and glasses and also liquid waste.

Key words: environment, initial environmental review, waste.

Introducción

Las preocupaciones sobre el medio ambiente irrumpen cada día más en la vida cotidiana, escuchamos con alarma como en el mundo continúan destruyéndose los bosques, contaminándose los ríos y mares y desapareciendo especies que ni siquiera llegamos a conocer, poniéndose en peligro incluso la propia existencia humana (Faillaci, 2014).

El Instituto Cubano de investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), desde hace algún tiempo, viene trabajando en darle solución a los problemas medio ambientales que se presentan. Para lograr esta aspiración se ha hecho necesario conseguir que todos los trabajadores sean conscientes y estén preocupados por el Medio Ambiente y los problemas inherentes al mismo, que posean los conocimientos, capacidades, mentalidad, motivaciones y el sentido de la responsabilidad que les permitan trabajar individual y colectivamente para resolver los problemas actuales e impedir que surjan otros nuevos (Eng, 2015).
En este trabajo se resume la situación actual del Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas (CERALBE), obtenida a partir de una Revisión Ambiental Inicial NC/ISO 14001 (2004) realizada, en aras de gestionar la implementación de regulaciones medio ambientales que puedan ser certificadas y garanticen la producción y comercialización de los rones a nivel nacional e internacional, así como la prestación de servicios técnicos.
El CERALBE, pertenece a la Dirección de Derivados, está constituido por tres áreas: Un laboratorio (LABEB), acreditado en la NC-ISO/IEC-17025: 2006, un área de panel sensorial y un área de producción de rones (Bodegas Vigía), que cuenta con un sistema integrado de gestión certificado en las normas NC/ISO 9001:2008 y NC/ISO 22000:2005.

Materiales y métodos

Para la obtención de información se realizó una revisión documental de los procedimientos existentes en el área, así como de la NC/ISO 14001:2004 “Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso”
Se evaluó la disposición de los residuos teniendo en cuenta su clasificación y el tipo de tratamiento empleado en cada caso.
Se revisaron los tipos de residuos de todas las áreas, teniendo en cuenta la presencia de residuos gaseosos, residuos sólidos como cartón y cristales y también residuos líquidos.

Resultados y discusión

Como resultados de la revisión se pudo determinar que en el laboratorio existen condiciones de trabajo adecuadas y se mantiene un control sobre los residuos que se generan del mismo, aunque el volumen de estos es pequeño en relación con el sector industrial. En el área de panel sensorial las actividades que se realizan tienen poco impacto sobre el medio ambiente, teniendo en cuenta que no se producen desechos, no se utilizan reactivos químicos y solo hay que considerar el fregado de las copas que se utilizan para la degustación de los rones, aguardientes y alcoholes, procedentes de destilerías y roneras de los diferentes productores del país. Dichas copas se friegan con agua y detergente grado alimentario. Tanto para el fregado de la cristalería en el laboratorio como en el panel sensorial se consume un aproximado de 30 litros de agua diariamente.

Según necesidades de la producción de rones se reciben las materias primas procedentes del almacén (botellas, tapas, etiquetas, cajas de cartón y estuches). Las botellas son fregadas con ácido fosfórico o clorhídrico a bajas concentraciones y posteriormente con detergente. Para esta operación de fregado se consumen alrededor de 200 litros de agua potable diariamente. Las producciones son limitadas por tratarse de un ron Premium, por lo que se procesan alrededor de 120 botellas diarias hasta conformar un lote de 600 mensual y en algunos casos se producen 2 lotes mensuales.

Los residuos sólidos generados por todas estas áreas (cajas de cartón y botellas) son enviados a la empresa de recuperación de materias primas, previa coordinación con los responsables en el departamento de logística.

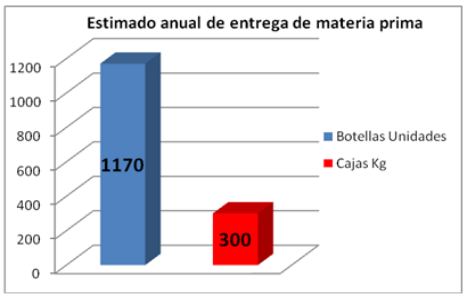


Fig. 1. Estimado anual de entrega de materia prima

En la figura 1 se muestra un estimado de la cantidad anual de estos residuos que son entregados a dicha empresa. Este proceso en ocasiones no fluye con suficiente rapidez, lo que ocasiona **hacinamiento** en las áreas, que impide la ejecución de otras actividades como es el caso del envasado y transporte del ron hacia el almacén de producto terminado (fig.2)

Fig. 2. Hacinamiento en el área y pasillo lateral de producción

Los estuches y etiquetas defectuosas o rotas, provenientes del proceso de producción, son devueltas al almacén mediante un vale devolución y posteriormente son destruidas (**quemadas**) en una chimenea que posee el instituto en el área de las naves, esta actividad impacta sobre los trabajadores en forma de gases indeseables y cenizas. En ocasiones, el deterioro de las etiquetas y estuches es debido a las **malas condiciones de almacenamiento en los almacenes centrales del ICIDCA**, donde prevalece la humedad y el polvo que atentan contra la calidad de las materias primas almacenadas en ellos.

Por las características del producto que se encuentra almacenado en los toneles de la solera de Bodegas Vigía, considerado altamente explosivo por tratarse de alcohol y aguardiente, se hace necesario contar con un sistema contra incendio efectivo. **Los extintores** que se encuentran ubicados en esta área **no están habilitados en su totalidad,** lo que ha sido reportado al área de Recursos Humanos y se están realizando gestiones para solucionarlos**.**

Por otra parte, se hace necesario destacar la **fluctuación en el servicio de agua** que dificulta la realización de actividades como el fregado de la cristalería en el laboratorio y la destilación de rones para realizar los ensayos analíticos. Situación esta que puede devenir en un accidente laboral con daños humanos y materiales.

El área de producción cuenta con un equipo de ósmosis inversa para obtener un agua de mejor calidad que sea utilizada en el proceso de producción, esta agua debe tener como característica especial la cero dureza. **No se ha realizado un estudio para determinar la cantidad de agua que procesa el equipo para obtener 1 litro de agua buena, ni tampoco se le ha dado un destino de reutilización al agua que se desecha.**

A partir de lo anteriormente expuesto se identificaron las siguientes acciones a tomar:

- Realizar un estudio de la concentración de ácido y sales en los efluentes líquidos.
- Definir un lugar para el depósito de los residuos sólidos, en especial cristales y cartón para evitar el hacinamiento dentro de las áreas.
- Lograr que la alta dirección priorice el llenado de los extintores.
- Realizar la evaluación del consumo de agua del equipo de ósmosis inversa y estudiar la posible reutilización del agua de desecho teniendo en cuenta la concentración de cloruro de sodio.

Conclusiones

La aplicación de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales negativos, no es tarea de un solo departamento. Para ello, es necesario trabajar en coordinación con todas las áreas involucradas y es necesaria la asignación de recursos por parte de la alta dirección del instituto, siendo esta la única manera de lograr los objetivos propuestos y la certificación de un sistema de gestión del medio ambiente que no será solo para beneficio del centro, también lo será para el municipio, nuestra ciudad y nuestro país.

Recomendaciones

1. Mejorar las condiciones de almacenamiento en los almacenes centrales del ICIDCA.
2. Terminar la instalación del nuevo tanque y tuberías que garanticen la existencia de agua durante el horario laboral en el área de las naves.
3. Crear un lugar para la destrucción de desechos sólidos y de no existir, será necesaria su transportación en camiones a lugares alejados para que no afecte la salud de los trabajadores.

Referencias

1. Faillaci, Silvina M. Curso de capacitación internacional “La Dimensión Ambiental, Introducción al Sistema de Gestión Ambiental, elementos y aplicaciones en la industria del ron”, 2014.
2. Eng F., Gastón C., Santo Tomás J. Conferencias impartidas en el curso sobre Sistema de Gestión Ambiental en el ICIDCA, 2015.
3. NC/ISO 14001:2004 “Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso”
4. POE-12 “Control de la producción, trazabilidad y retiro de producto”. 2015

PRECISIONES ACERCA DE LAS NO CONFORMIDADES PARA SER APLICADAS EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

DETAILS ABOUT NONCONFORMITY TO BE IMPLEMENTED IN A GUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Autores: Idania Blanco Carvajal, Maricela Vega Batista.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Vía Blanca No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana. Cuba
idania.blanco@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Cualquier sistema de gestión de la calidad que se implante requiere del análisis de las no conformidades como parte del mejoramiento continuo de los procesos, productos o servicios. Identificar las no conformidades no necesariamente implica que sea un sistema de gestión deficiente, sino más bien refleja la madurez que tiene la organización para diagnosticar este tipo de situaciones y, que se tiene el compromiso para afrontarlas; por lo tanto si una organización no presenta evidencia de no conformidades, entonces si se puede estar en dudas sobre la eficacia del sistema de gestión. Por tal motivo, el ICIDCA en su sistema de gestión, tiene que establecer, métodos o mecanismos para la identificación de las no conformidades, realizar el análisis de causas con profundidad; esto con la finalidad de centrarse en lo que realmente requiera un conjunto de esfuerzos que conlleven a una mejora y a la optimización de los recursos del instituto.

Palabras clave: No conformidad, análisis de causa, acciones correctivas

ABSTRACT

In any system of quality management is implemented, requires the analysis of non conformities as part of continuous improvement of processes, products or services. Identifying non conformities, does not necessarily mean that it is a system of mismanagement, but rather reflects the maturity that has the organization to identify such situations and the most important thing is that it is committed to address. Therefore if an organization fails to submit evidence of non conformities, if there can be doubt about the effectiveness of the management system. Therefore the ICIDCA must first establish methods or mechanisms for the identification of non conformities, that the purpose of focusing on what we really need a set of efforts leading to improvements and optimization of organizational resources.

Key words: Non conformities, analysis of causes, corrective action.

INTRODUCCIÓN

La implantación de sistemas de la calidad en las empresas e industria es un asunto de gran importancia en la actualidad. Atendiendo a la presente situación del mercado en general, resulta evidente la necesidad de dicha implantación sobre todo si se tiene en cuenta que los clientes son cada día más exigentes y selectivos y van a la búsqueda de productos con características que satisfagan sus expectativas y que ofrezcan confianza y seguridad, por lo tanto se va convirtiendo en una especie de requisito indispensable para cerrar contratos. (Blanco, 2001)

El ICIDCA (con alcance a Bodegas Vigía) es uno de las más de 350 entidades de nuestro país, con Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) certificado por la NC ISO 9001:2008. Estos sistemas requieren que los diversos resultados de evaluar una evidencia contra un criterio, sea cual sea su origen, sean detectados y tratados para evitar que ocurran nuevamente. Esto incluye el análisis de causa, tratamiento de las No-conformidades, y elaboración de un plan de acción, sin embargo existen dudas por parte de las entidades y nuestro instituto no esta exento, acerca de cómo enfocar los conceptos de no conformidad, corrección, acción correctiva y acción preventiva.

El éxito de cualquier sistema de gestión de calidad depende del compromiso de la alta dirección y el reto principal para asegurar un mayor impacto en las mejoras es involucrar a todo el personal de la organización sin importar su nivel dentro del mismo. Por lo tanto, los responsables tienen que estar convencidos y promover la participación personal sobre la importancia de involucrarse en estas actividades para el mejoramiento del desempeño de los procesos de la organización.

Con este trabajo se pretende esclarecer algunos conceptos y herramientas que faciliten dar una respuesta adecuada a las no conformidades de manera tal que contribuyan al desarrollo y madurez de los Sistemas de Gestión de la Calidad implantados. Conocer el correcto tratamiento de las no conformidades en relación al Sistema de Calidad, cómo cerrar las acciones, utilización correcta de la Revisión por la Dirección, articular la documentación de manera que el Sistema de Calidad tenga la credibilidad que merece ante la Dirección, Organización y los clientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para una mayor comprensión de este trabajo se darán a conocer algunos conceptos y términos relacionados a la conformidad del producto o servicio, según la norma ISO 9000:2005- Fundamentos y vocabulario para los sistemas de Gestión de la Calidad, que se han utilizado para el trabajo. (NC ISO 9000: 2005)

- **No conformidad:** se refiere al incumplimiento de un requisito especificado (normativo, procedimientos, leyes, regulaciones o requerimientos de nuestros clientes), entendiéndose como requisito a todos aquellos elementos que la organización se ve obligada y/o voluntariamente opta por cumplir.
- **Corrección:** acción tomada para eliminar una no conformidad detectada
- **Acción correctiva:** Una Acción tomada para eliminar la (s) causa (s) raíz de una no conformidad detectada u otra situación indeseable. Ataca la causa y su propósito es evitar que vuelva a suceder.
- **Causa Raíz de un Problema:** Es aquella causa más relevante que causó el incumplimiento de un requerimiento o problema. No siempre es evidente o fácilmente identificable.
- **Análisis de la causa raíz:** Método para identificar los factores básicos o posiblemente involucrados que originan la variación del desempeño de los procesos, incluyendo la ocurrencia de un evento centinela.
- **Evidencia objetiva:** Toda No Conformidad debe sustentarse en una evidencia objetiva: Información cuya veracidad puede demostrarse basándose en hechos y Registros, obtenidos por observación, medición, monitoreo.
- **Acción preventiva:** Acción para eliminar la causa de una no conformidad potencial o una situación indeseable

DISCUSIÓN

No conformidad, correcciones y acciones correctivas son tres conceptos directamente relacionados con la mejora continua y desarrollados plenamente por la norma ISO. La no conformidad y las medidas que se

ponen en práctica para evitar y actuar sobre la no conformidad es uno de los capítulos básicos del sistema de Gestión de Calidad. Errores siempre los hay, lo importante es detectarlos, arreglarlos y poner en práctica medidas para que no se vuelvan a producir y esto es lo que se pretende con el tratamiento de la no conformidad y con las acciones correctivas.

Toda no conformidad –evidenciada por un accidente, error, reclamo, etc.- debe ser objeto de atención: la organización debe contar con un procedimiento documentado donde se establezca detalladamente el proceso a seguir y donde estén claramente definidos los niveles de autoridad y responsabilidad.

Un sistema de gestión de no conformidades es un proceso organizado para detectar, analizar, documentar e informar las no conformidades, con el objeto de identificar sus causas y tomar las acciones correctivas necesarias.

Existe una relación entre las auditorías y la detección de no conformidades, ya que en las auditorías se realiza un examen sistemático y planificado para verificar la efectiva implementación y mantención de un sistema de gestión de calidad en la organización. Durante la misma la información que el auditor obtiene puede clasificarse en: Buenas prácticas, mejoras, cumplimientos de requisitos (Requisitos clientes y legales); problemas que generalmente son el motor principal en la generación de no Conformidades.

Las fuentes de no conformidades más frecuentes son: los registros incompletos o mal llenados, fallas en el control de documentos que van desde la distribución incorrecta a la sustitución oportuna de aquellos obsoletos, incompatibilidad entre lo establecido en procedimientos y la actividad desempeñada (no se ejecuta lo que está descrito), falta de calibración y ajuste de equipos de medición, falta de verificación de los productos o materias primas adquiridas, entre otras.

La respuesta adecuada de la organización ante una no conformidad debe comprender cuatro partes:

- Análisis de la causa
- Corrección
- Acción correctiva
- Acción preventiva

En función del tipo de producto o situación de la no conformidad, es posible efectuar en primer lugar una corrección y posteriormente analizar la causa. Sin embargo, las tres partes para resolver una no conformidad son las mismas en cada caso.

Se debe esperar tanto la corrección como la acción correctiva cuando se detecta una no conformidad. La "corrección" es una acción inmediata que se adopta para eliminar una no conformidad detectada, por ejemplo, el reemplazo del producto no conforme con un producto conforme o reemplazar un procedimiento obsoleto con la versión vigente, etc.

En cambio, la "acción correctiva" no puede ser tomada antes de hacer una determinación de la causa de la no conformidad. Para desarrollar este análisis, existen muchos métodos y herramientas disponibles, desde una simple tormenta de ideas hasta técnicas más complejas de resolución sistemática de problemas como análisis de causas raíz, diagramas Ishikawa o de espina de pescado, los cinco porqué, etc. (Tenorio, 2009)

La extensión y eficacia de la acción correctiva depende de la identificación de la verdadera causa raíz. En algunos casos esto ayudará a una organización a identificar y minimizar no conformidades similares en otras áreas.

Se debe destacar que la acción preventiva por la naturaleza de su definición no es aplicable a no conformidad ya detectada. Sin embargo un análisis de las causas de las no conformidades detectadas pudiera identificar no conformidad potencial en una escala más amplia en otras áreas de la organización y proporcionar una entrada para una acción preventiva.

Una manera de establecer un tratamiento de no conformidades adecuado, consiste en verificar que el mismo contenga los siguientes elementos, entre otros:

- Acciones a tomar bien definidas.
- Descripciones de acciones completas y con referencias a documentos, si es apropiado
- Fecha de terminación de las acciones correctivas
- Evidencia acerca de la realización y eficacia de la acción correctiva

Si las no conformidades generan una respuesta adecuada por parte de la organización, conforman un proceso de aprendizaje de gran riqueza y utilidad, que puede favorecer la realización de importantes mejoras. En este caso, para la mejora de los procesos del sistema de gestión implantado, incluyendo el de Planeación Estratégica y Medición, Análisis y Mejora, la organización debe utilizar una metodología basada en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) o de mejoramiento continuo, donde tiene un rol fundamental el tratamiento dado a las no conformidades**.**

El número de no conformidades detectadas en una organización no es el aspecto más importante a tener en cuenta en la implantación y/o certificación de un Sistema de gestión, sino la actitud que adopta la misma frente a ellas. Bienvenidas sean las no conformidades si sirven para que la organización aproveche toda la información que le brindan éstas en su afán por mejorar**.** Las no conformidades de las auditorias, tienen un tratamiento común a las generales, pero un seguimiento especial. Podríamos decir que las no conformidades que detecta un auditor son no conformidades con un tratamiento especial.

CONCLUSIONES

1. Este trabajo le permite a las organizaciones tener claridad de la definición de los conceptos: no conformidad, corrección y acción correctiva.
2. Un sistema de gestión de no conformidades es un proceso organizado para detectar, analizar, documentar e informar las no conformidades, con el objeto de identificar sus causas y tomar las acciones correctivas necesarias en los procesos.
3. El tratamiento de las No Conformidades debería tomarse como un proceso de aprendizaje de los errores cometidos, a fin de no repetirlos.

REFERENCIAS

- NC ISO 9000: 2005. Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario.
- Blanco I. y otros (2001). Desarrollo de un sistema de la calidad en un laboratorio de análisis de bebidas alcohólicas. Revista ICIDCA. Vol. XXXV-No .1
- Tenorio H. (2009). Herramientas de calidad para la resolución de no conformidades. Revista Mexicana Med. Tran, Vol.2, Supl.1, pp 53-56.

LOS ENSAYOS DE APTITUD POR COMPARACIONES INTERLABORATORIO EN UN LABORATORIO DE ENSAYOS DE PAPEL
INTER-LABORATORY PROFICIENCY TESTS IN A PAPER TESTING LABORATORY

Fernando González Ley y Kira Labañino Constantín

Laboratorio de la Poligrafía, Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Ligera (CIDIL)
fernando@poligranma.cu

RESUMEN

En este trabajo se realizó una evaluación de los resultados de los ensayos de aptitud interlaboratorio entre el laboratorio de la Poligrafía del Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Ligera (CIDIL) y el Laboratorio acreditado por la ENAC de Control de Calidad del Instituto Geográfico Nacional de España, éste último como proveedor del ejercicio que permitió la comparación de 12 ensayos físico-mecánicos, ópticos y de superficie de un tipo de papel estucado una cara. Participaron en su primera ronda de comparaciones siete laboratorios diferentes, bajo condiciones similaresde ensayo que permitieron evaluar la competencia técnica de los mismos.

Participar en ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorioes una forma eficaz de demostrar competencia técnica en la ejecución de los ensayos como herramienta para dar a nuestros clientes resultados precisos y exactos y confiables como parte de la mejora continua de los sistemas de gestión de calidad según la norma NC ISO 17025:2006.

Palabras claves:ensayos de aptitud, interlaboratorio, competencia técnica

SUMMARY

This project analyzes the results of inter-laboratory proficiency tests between the Graphic Design Laboratory of the Light Industry Research and Development Center (CIDIL) and ENAC accredited Quality Control Laboratory of the National Geographic Institute of Spain. The initiative, organized by the latter institution, consisted of comparing the results of 12 physical-mechanical, optical and surface tests on paper coated on one side. Six different laboratories participated in the first round of trials; all conducted under similar conditions, which enabled the proficiency of each center to be evaluated. This document also presents the results of intra-laboratory proficiency tests which can be compared with those of analysts, in order to apply corrective and preventative measures to laboratory work. Both types of comparisons constitute a useful tool, proving our clients with precise and accurate results, and form part of the ongoing improvement policy as outlined in regulation NC ISO 17025:2006.

Key words: proficiency tests, inter-laboratory, intra-laboratory, competence,

INTRODUCCIÓN

Más de tres décadas dedicados a la evaluación de materiales celulósicos, fundamentalmente papeles para libros, folletos, revistas, etiquetas, entre otros,analizados en el Laboratorio de la Poligrafía del Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Ligera, generan una sólida base de conocimientos puestos al servicio de las empresas gráficas cubanas en permanente comunicación con los proveedores extranjeros en la evaluación de los suministros. La disponibilidad de personal especializado en elLaboratorio de la Poligrafía del CIDIL, hacen de este laboratorio un lugar de excelencia en el ámbito de la industria gráfica, imparcial en sus recomendaciones y exacto y preciso en sus resultados.

El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad acreditado acorde a la NC ISO 17025/2006que se considera que cumple la norma ISO 9001.La norma NC ISO 17025/2006contiene los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos, existiendo referencias cruzadas entre estas normas. En su acápite 4.10 relacionado con la mejora se plantea que un laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de su sistema de gestión, mediante el uso de la política de la calidad. Los ensayos de aptitudinterlaboratorio son una evidencia de mejora continúa que utilizan frecuentemente los laboratorios, en particular los que están acreditados o están en proceso de acreditación.

El laboratorio de la Poligrafía se acreditó con 11 ensayos en el año 2007, con el registro 102 del Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC), condición que perdió después de producirse un cambio de inmuebley de estructura. Actualmente su personal se encuentra en condiciones de solicitar la auditoría del ONARC para obtener nuevamente la condición de Laboratorio acreditado.

A partir del año 2014 se estableció con elLaboratorio de Control de Calidad del Instituto Geográfico Nacional de España como proveedor de ensayos de aptitud,la primera ronda de ensayos tuvo en cuenta los ensayos: gramaje, calibre, resistencia al rasgado, porosidad Bendtsen, rugosidad Bendtsen, grado de blancura, opacidad, resistencia a la tracción, encolado Cobb, estabilidad dimensional y resistencia al arrancado IGT.

MATERIALES Y METODOS

Condiciones para el ensayo de aptitud interlaboratorio
Después del envío de muestras, se recibió un correo electrónico con hoja de valoración a los participantes para confirmar la entrega.

Se acordó que el acondicionamiento de muestras se realizara 24 horas, a temperatura de 23ºC +/-1 y una humedad relativa de 50% +/-2, mediante la norma UNE EN 20187/94, equivalente a la NC ISO 187/2000.
El número de repeticiones por ensayo y la cara indicada se adjuntaron en el correo de envío de muestras, destacando la cara “A” como la cara estucada.

Se utiliza el método de ensayo según la norma correspondiente y las unidades y forma de expresión de resultados según la misma norma correspondiente para cada ensayo, reportándose el valor de las medidas, media y desviación típica.

Denominación de la muestra utilizada para la comparación: Algrofin 2000, formato: 29 cm x 38 cm, dirección fibra: 38 cm.

Se acordó que para la realización de los cálculos se eliminan los valores extremos máximo y mínimo, usando la media recortada.

Para la intercorparación se utilizó el programa StatGraphics Plus, específicamente el Z-score, utilizado para evaluar el desempeño y como valor asignado se toma la Mediana de los valores obtenidos por los laboratorios estadístico útil y adecuado para evaluar valores extremos.
La precisión se compara con los valores detallados en la Norma si estos existen (desviación típica,coeficiente de variación en %, reproducibilidad y repetibilidad).
Fecha límite de envío de resultados 31 de octubre de 2014

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los ensayos de aptitud interlaboratorio en el que le correspondió al laboratorio de la Poligrafía la clave L5, conocida solamente por los proveedores de los ensayos de aptitud.

Para las intercomparaciones fue utilizado el estadígrafo el Z Score o puntuación Z, internacionalmente aceptada como una medida de la desviación de los resultados informados por cada laboratorio respecto al valor de consenso, expresado en unidades de desviación estándar.

En este caso se define una puntuación Z para cada resultado analítico como el cociente entre la desviación con respecto al valor asignado **(Xi – XM)** dividido por la desviación estándar **Sz:**

Z = **(Xi – XM) / Sz),** y donde

$|z| \leq 2$ "Satisfactorio"
$2 < |z| < 3$ "Cuestionable"
$|z| \geq 3$ "No satisfactorio

El Laboratorio L5 ha obtenido un **Z-score satisfactorio** en todos los ensayos en los que ha participado excepto en el arrancado IGT que es **Z-score insatisfactorio,** este ensayo se ha comparado con un número diferente de medidas entre los laboratorios, de ello se deduce que el resultado está condicionado a este detalle.

En la Fig.1 se muestran los resultados del ensayo de aptitud intralaboratorio del ensayo de gramaje de Julio de 2015.

Tabla I: Resultados obtenidos por el laboratorio L5 en los ensayos de aptitud inrterlaboratorio.

ENSAYO L5	MEDIA	DESVIACIÓN TIPICA	MEDIANA	CV%	Z-score
GRAMAJE	77,690	0,734	77,92	0,950	-1,28
ESPESOR	78,350	0,810	81	1,040	-0,64
dp "L"	271,850	53,930	416,75	19,840	-0,45
dp "T"	98,550	24,390	178,65	24,750	-0,49
log dp "L"	2,427	0,080	2,618	3,400	-0,63
log dp "T"	1,983	0,100	2,25	4,870	-0,72
RES.DESGARRO"L"	468,00	18,810	499,35	4,020	-0,55
IND.DESGARRO "L"	6,020	0,240	6,41	—	-0,55
POR.BENDTSEN	24,00	2,050	12,05	8,550	1,10
RUG.BENDTSEN "A"	11,00	3,480	17,5	31,630	-0,88
RUG. BENDTSEN "B"	187,00	19,760	180	10,570	0,60
GR.BLANCURA	90,300	0,270	86,075	0,300	0,50
OPACIDAD	88,300	0,230	87,645	0,260	0,88
FUER.MAX.TRACC."L"	74,565	3,560	80,29	4,780	-1,32
FUER.MAX.TRACC "T"	32,895	2,550	35	7,750	-0,90
RES.TRACC."L"	4,971	0,240	5,188	4,780	-0,75
RES.TRACC."T"	2,193	0,170	2,33	4,750	-0,90
INDIC.TRACCIO "L"	63,985	3,060	66,677	—	-0,63
INDICE TRACC. "T"	28,228	2,190	30,03	—	-0,96
ENC. COBB "A"	21,420	0,540	21,26	2,540	1,83
VARI.DIMEN "T"	2,700	0,380	2,9	7,110	-1,04
ARRAN. IGT "A" y "T"	100,0	0,155	96,46	11,960	3,75

Se realizaron además ensayos intralaboratorio para comparar el desempeño de los analistas por reproducibilidad interna, los resultados para el ensayo de gramaje se muestran en la Fig.1

Fig. 1 Resultados de la comparación de tres analistas del laboratorio de la Poligrafía en el ensayo de gramaje.

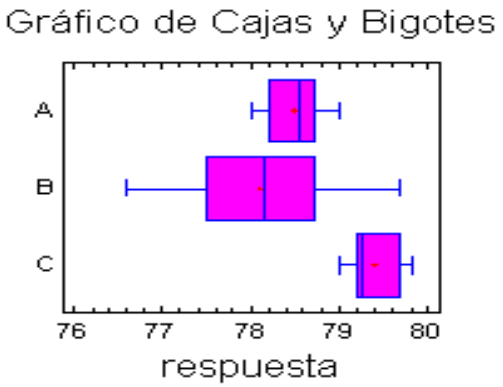


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrado	F-Ratio
Entre	8,78867	2	4,39433	13,30
Dentro	8,918	27	0,330296	
Total	17,7067	29		

P-Valor = 0,0001

Contraste de Varianza
Contraste C de Cochran: 0,810608
P-valor = 0,0002

Puesto que los p-valores del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias y las desviaciones típicas de las 3 variables a un nivel de confianza del 95,0%.

El Comité de Calidad del laboratorio determinó que el estado actual de los espejos de la balanza analítica, provoca que las lecturas del peso de las probetas tenga errores y se acordó como medida preventiva, la adquisición urgente de una nueva balanza analítica.

CONCLUSIONES

1. Los ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorio con 7 laboratorios de España corroboraron que a pesar de contar con equipamiento de más de 30 años de explotación, con su calibración sistemática, el cumplimiento de las normas de ensayo y un personal de vasta experiencia permite darle al cliente resultados confiables.

2. Los ensayos de comparación facilitan la condición de laboratorio acreditado en el año 2016, teniendo en cuenta que son parte muy importante de la mejora continua.

REFERENCIAS

NC ISO/IEC17025: 2006. Requisitos generales para la competencia de loa laboratorios de ensayos y calibración

NC-ISO/IEC 17043:2010 Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los ensayos de aptitud.

NC ISO 9001: 2008 Sistema de Gestión de Calidad. Requisitos.

EVALUACIÓN INDUSTRIAL DE FLOCULANTES EN FABRICAS DE AZÚCAR CRUDO EN LA ZAFRA 2015.

INDUSTRIAL EVALUATION OF FLOCCULANTS IN MANUFACTURE PLANT OF RAW SUGAR IN THE HARVEST 2015

Mabel Viñals Verde, Marlen Ramil Mesa, Ruben Monduí, Marlen Alfonso, Juana Chanfón

Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
mabel.vinals@icidca.azcuba.cu

Resumen
La selección del floculante es esencial para el proceso de clarificación del jugo en el proceso de fabricación del azúcar crudo. El porcentaje de turbidez del jugo clarificado, es un parámetro de calidad clave en el proceso de clarificación. El mismo demuestra cuán efectivo es el floculante empleado a la dosis aplicada, ya que dicho parámetro está estrechamente relacionado con el contenido de impurezas presente en el jugo alcalizado; de ahí que mientras más bajos sean los valores obtenidos, mayor será la capacidad del floculante de remover las impurezas.
El presente trabajo evalúa tres floculantes en cuatro UEB de fabricación de azúcar en Cuba mediante análisis de varianza (ANOVA) para determinar las posibles diferencias significativas en cuanto a su efectividad y determina con la prueba de hipótesis (DUNCAN) las diferencias entre las medias.
Palabras clave: floculantes, turbidez, fabricación de azúcar, clarificación.

Summary
The flocculant selection is essential for the sugarcane juice clarification process in the production of the raw sugar. The turbidity percentage of clarified juice is a quality key parameter in the clarification process. This result demonstrates how effective is the flocculant in the applied dose, since this parameter is closely related with the content of impurities present in the alkalized juice; with the result that while lower are the obtained values of turbidity, the capacity of the flocculant to remove the impurities will be greater.
The present work evaluates three flocculant in four plants of sugar production in Cuba by means of variance analysis (ANOVA) to determine the possible significant differences as for its effectiveness and determines with the hypothesis test (DUNCAN) the differences among the media.
Key words: flocculant, turbidity, manufacture of sugar, clarification.

Introducción

La eliminación de las impurezas es parte esencial en el proceso de fabricación del azúcar crudo debido a que la clarificación afecta el rendimiento en azúcar así como la calidad del producto final (Gorjian, 2000; Abdel *et al.*, 2010).
El área de purificación o clarificación del jugo, tiene como función principal, eliminar las impurezas presentes en el mismo, al menor costo posible y con el mínimo de pérdidas de azúcar. En esta área, el jugo de caña crudo o mezclado es sometido a procesos de alcalización y calentamiento, para desechar del jugo las sustancias indeseables tales como: bagacillo, tierra y un conjunto de no-azúcares en forma de cachaza, y así poder entregar al área de evaporación el jugo clarificado (Rein, 2007).
El avance en la tecnología hacia los clarificadores de bajo tiempo de retención, ha dado lugar al uso sistemático de los floculantes. Estos son sustancias poliméricas de elevado peso molecular, solubles en agua, que se clasifican por su naturaleza (mineral u orgánica), su origen (natural o sintético) o según su carga iónica (no iónico, catiónico, aniónico) y se encuentran en presentaciones líquidas o sólidas.

Se considera que la utilización de floculantes en el área de clarificación trae consigo que se alcancen velocidades de sedimentación superiores, esto implica mayor remoción de impurezas en un menor tiempo y manejo de mayores volúmenes de flujo y sobre todo obtener un jugo claro y brillante con la calidad requerida (Thai *et al*., 2012).

Hasta el momento, investigaciones realizadas han comprobado que no existe un polímero que se desempeñe igual en todas las industrias azucareras. Esto indica que cada fábrica deberá realizar la selección del producto que aplicarán a su proceso, según sean sus condiciones de operación, (Thai *et al*., 2012).

Teniendo en cuenta estas investigaciones precedentes, en la zafra, 2014-2015, se importaron por AZCUBA, tres floculantes para emplear indistintamente en varias UEB.

El objetivo del trabajo es realizar una evaluación de los floculantes importados por AZCUBA y posibles a utilizar en la industria azucarera cubana para determinar mediante pruebas industriales, el floculante con mejores resultados en cuanto a la clarificación de los jugos de caña de azúcar en cuatro UEB seleccionadas.

Materiales y Métodos

Para definir la efectividad de tres floculantes (Q, K y Z) en cuatro UEB (30 de noviembre, Jesús Rabí, Perucho Figueredo y Boris Luis) se realizaron pruebas industriales programadas en el período de la zafra 2015.

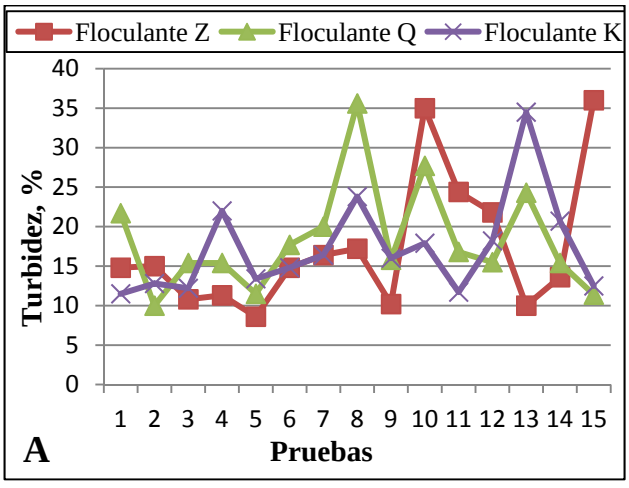
Para determinar el floculante apropiado para los jugos que se procesan en cada central se utilizó como parámetro de calidad el porcentaje de turbidez del jugo clarificado que es clave en el proceso de clarificación por estar estrechamente relacionado con el contenido de impurezas presente en el jugo alcalizado, de ahí que mientras más bajo sean los valores obtenidos, mayor será la cantidad de impurezas que es capaz de remover el floculante.

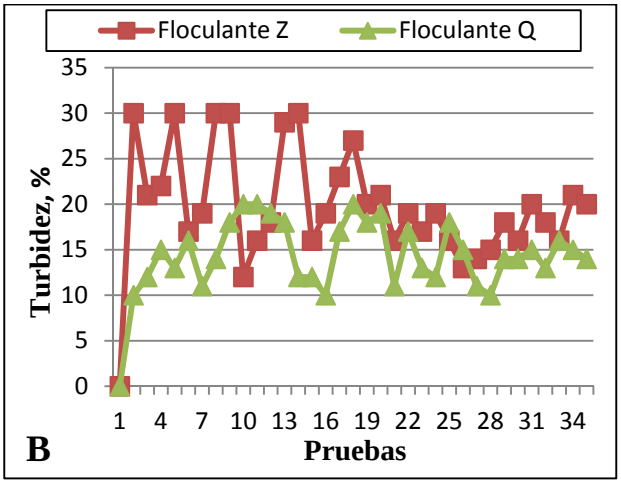
Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa STATGRAPHICS Centurion XV, con el objetivo de identificar las posibles diferencias significativas de la variable de respuesta con respecto a los tipos de floculantes probados.

Resultados y discusión

Las pruebas industriales de los floculantes Z, Q y K fueron realizados en las UEB 30 de noviembre, Jesús Rabí, Perucho Figueredo y Boris Luis en la Zafra azucarera 2015 como se observa en la Figura 1.

El floculante Z fue probado en las UEB 30 de noviembre, Jesús Rabí y Boris Luis, el floculante Q, en las cuatro UEB y el floculante K en las UEB 30 de noviembre y Boris Luis.





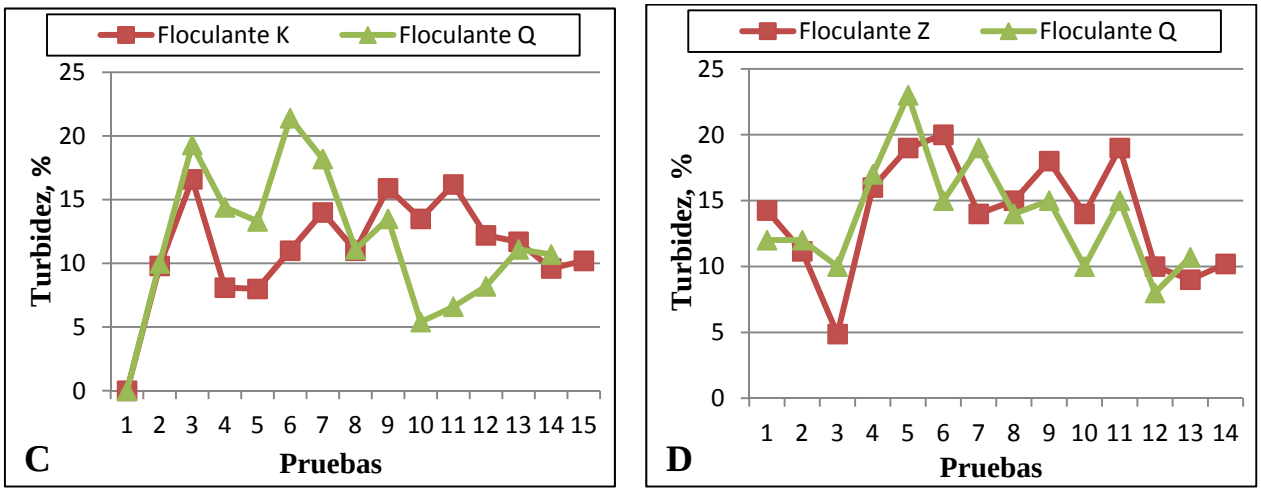


Figura 1. Pruebas industriales de los floculantes en las UEB seleccionadas: (A) Floculantes Z, K y Q en 30 de noviembre; (B) Floculantes Z y Q en Jesús Rabí; (C) Floculantes K y Q en Perucho Figueredo y (D) Floculantes Z y Q en Boris Luis.

Con el objetivo de identificar las posibles diferencias significativas de la variable de respuesta con respecto a la efectividad del uso de los tipos de floculantes en cada UEB se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de turbidez del jugo clarificado.

El análisis de varianza de los resultados del porcentaje de la turbidez del jugo clarificado detectó que no existen diferencias significativas (P≤0,05) en cuanto a la efectividad los tipos de floculantes usados en las UEB 30 de noviembre (Tabla I), Perucho Figueredo (Tabla II) y Boris Luis (Tabla III).

Tabla I. Análisis de varianza de la turbidez del jugo clarificado obtenida por el uso de los floculantes (Z, K y Q) en la UEB 30 de noviembre.

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	33,9213	2	16,9607	0,19	0,8259
Intra grupos	3708,11	42	88,2883		
Total (Corr.)	3742,03	44			

Tabla II. Análisis de varianza de la turbidez del jugo clarificado obtenida por el uso de los floculantes K y Q en la UEB Perucho Figueredo.

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	1,20615	1	1,20615	0,08	0,7861
Intra grupos	384,275	24	16,0115		
Total (Corr.)	385,482	25			

Tabla III. Análisis de varianza de la turbidez del jugo clarificado obtenida por el uso de los floculantes Z y Q en la UEB Boris Luis.

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	0,492938	1	0,492938	0,03	0,8717
Intra grupos	443,72	24	18,4883		
Total (Corr.)	444,212	25			

El análisis de varianza del porcentaje de turbidez en la UEB Jesús Rabí detectó diferencias significativas (P≤0,05) en el uso de los floculantes Z y Q (Tabla IV). Para identificar las diferencias entre las medias de estos factores se realizó la prueba de hipótesis DUNCAN que demostró que el floculante Q presenta un valor promedio de turbidez significativamente menor (P≤0,05) al del floculante Z.

Tabla IV. Análisis de varianza de la turbidez del jugo clarificado obtenida por el uso de los floculantes Z y Q en la UEB Jesús Rabí.

Fuente	***Suma de Cuadrados***	***Gl***	***Cuadrado Medio***	***Razón-F***	***Valor-P***
Entre grupos	508,765	1	508,765	26,35	0,0000
Intra grupos	1274,24	66	19,3066		
Total (Corr.)	1783,0	67			

Tabla V. Pruebas de Múltiple Rangos para el porcentaje de turbidez del jugo clarificado en el Central Jesús Rabí usando los floculantes Z y Q.

Método: 95,0 porcentaje Duncan

Floculantes	***Casos***	***Media***	***Grupos Homogéneos***
Floculante Q	34	14,7647	**X**
Floculante Z	34	20,2353	**X**

Contraste	***Sig.***	***Diferencia***
Floculante Q - Z	*	-5,47059

* indica una diferencia significativa.

Conclusiones

- En la UEB Jesús Rabí se detectaron diferencias significativas con un 95 % de confianza, en cuanto a la efectividad en el uso de los floculante Z y Q. Siendo el floculante Q el más efectivo en el proceso de floculación.
- En la UEB 30 de Noviembre no se detectaron diferencias significativas con un 95 % de confianza, en cuanto a la efectividad en el uso de los floculante Z, K y Q.
- En la UEB Perucho Figueredo no se detectaron diferencias significativas con un 95 % de confianza, en cuanto a la efectividad en el uso de los floculante K y Q.
- En la UEB Boris Luis no se detectaron diferencias significativas con un 95 % de confianza, en cuanto a la efectividad en el uso de los floculante Z y Q.
- En las UEB 30 de Noviembre, Perucho Figueredo y Boris Luis como los floculantes probados tienen la misma efectividad se recomienda tener en cuenta para su uso, principalmente el precio de adquisición en el mercado.
- Se recomienda realizar estudios de efectividad de floculantes en todos los ingenios y en más de un periodo de zafra para comprobar si los resultados obtenidos son reproducibles.

Referencias

1. Gorjian, S. Are cationic polymers effective for cane sugar juice processing. Proc. Aust. Soc. Sugar Cana Technol; p 405-409. 2000.
2. Abdel, G.; Mohamed, I.; Babiker, E.;Yagoub, A. Effect of addition of separan at different concentrations as a flocculants on quality of sugar cane juice. Int. J. Biol. and Life Sci. 6: 88-91. 2010.
3. Rein, P. Cane Sugar Engineering. Berlin: Editorial Bartens. Chapter 10: Clarification. 2007.
4. Thai, C.; Doherthy, W. Characterisation of sugarcane juice particles that influence the clarification process. In Bruce, Robin (Ed). Proceeding of the Australian Society of Sugar Cana Tech. 2012.

LA DISMINUCIÓN DEL COLOR EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR CRUDO
THE DECREASE OF COLOUR IN PROCESS RAW SUGAR PRODUCTION

Monduí González Rubén, (ruben.mondui@icinazby.azcuba.cu) Ramil Marlen, Alfonso Lorenzo Marlen, Chanfón Curbelo Juana María, (ICIDCA)

Resumen

Se reporta la disminución del color en los jugos de productos azucareros al adicionar decolorantes en el proceso de producción. Se incluye también el efecto de la decoloración en el doble lavado en la centrifugación del azúcar crudo y el efecto del aumento del color en los flujos azucareros por la inclusión del cogollo de la caña en el proceso.
Palabras clave: decoloración, doble lavado en centrífuga, cogollo

Abstract

The decrease of juices colour is reported when adding discolouring agents in the production process. It is also included the effect of the fading in twice laundry in fugal of the raw sugar and the effect of the increase of the colour in the sugar flows for the inclusion of the heart of the cane in the process.
Words key: discolouring agents, fugal double laundry, heart

Introducción

La calidad del azúcar comercializado en el mundo se incrementa cada vez más de acuerdo al grado de competitividad. Unido a esto existe un reclamo creciente por parte de los consumidores en cuanto a evitar el empleo de algunos tratamientos drásticos para lograr esta calidad, que además de impactar sobre el medio ambiente, existe la impresión de que pudieran afectar la salud humana a largo plazo, como en el caso de la sulfitación para la obtención de blanco directo, se he recomendado el empleo de decolorantes en sustitución de este proceso con la adición de sulfitos en el jugo en el proceso de producción de azúcar. Esto ha provocado que haya aparecido una tecnología de producción de crudos de bajo color a partir del empleo de decolorantes y otras tecnologías. Adicionalmente se ha reportado la disminución importante de la dextrana en el azúcar producido a partir del uso de algunos decolorantes.

La producción de azúcar de bajo color debe tratarse como un sistema con diferentes acciones que incluyen el perfeccionamiento de las labores del ingenio, la calidad de la materia prima, el respeto por una molida estable y un cumplimiento elevado de la norma potencial y la adición de productos químicos que garanticen una mayor remoción de color en el proceso y la calidad adecuada del producto final incluyendo su envase y embalaje.

Se ha reportado el uso de productos decolorantes en el proceso de fabricación de crudos de bajo color con adiciones en base a polímeros de dimetilamina-epiclrohidrina y de poliacrilamidas capaces de aumentar la brillantez en el azúcar y disminuir el color con dosis entre 20 y 100 ppm, limitadas para productos alimenticios (1).

Se recomienda mantener el nivel de fosfatos en el jugo por encima de 350 ppm con la adición de ácido fosfórico en el jugo mezclado si fuera necesario, garantizar la aplicación eficiente de floculantes y no descartar la posibilidad de empleo de otros productos (dextranasa, peróxido de hidrógeno, agentes tensioactivos, etc.).

Materiales y Métodos

Se emplearon dos decolorantes: *Green Sulf y Zuker* (*Zukertreat CLC-100)*. El tratamiento se realizó con la adición de 100 ppm de los productos en las soluciones de azúcar crudo y de jugo mezclado en dos ingenios

azucareros, con agitación mecánica y la espera de una hora de la adición a 50 C. A la determinación del color a 420 nm, después de filtradas las soluciones según las recomendaciones (2), se realizó también la determinación espectrofotométrica del índice de color en las soluciones azucareras y se determinó el % de decoloración en las muestras, en las que fue necesario la determinación el color a las soluciones sin adición de decolorantes. En algunos casos también se midió a una absorbancia de 660 nm para la determinación del color. En jugos mezclados en dos ingenios azucareros en varios momentos diferentes en cada caso también se determinó el efecto sobre el color de los jugos con y sin adición de los decolorantes
A las soluciones no se aplicó ningún tratamiento posterior a la adición de los decolorantes (ni cal, ni purificación, etc.).
Para evaluar la influencia del cogollo en el color del azúcar se estudiaron dos variedades de caña utilizadas en el ingenio Boris Santacoloma: CO 997 y Cuba 8612 de las que se obtuvieron los cogollos de las cañas procesadas en el ingenio para los experimentos.

Resultados

Aplicación de decolorantes
La adición de dos decolorantes se muestra en la Tabla I en soluciones de agua con azúcar crudo a 20 Bx.

Tabla I. Efecto de la aplicación de decolorantes a 100 ppm en agua con azúcar crudo a 20 Bx con tres azúcares

	% decoloración		
Decolorantes	**Azúcar A**	**Azúcar B**	**Azúcar C**
Green Sulf	11,23	7,66	0,76
Zuker	31,14	25,19	13,51
Green Sulf	17,27	12,84	5,17
Zuker	30,36	27,70	26,94
Green Sulf	15,71	11,49	29,97
Zuker	20,29	21,26	34,73
Green Sulf	9,46	16,80	17,69
Zuker	14,83	22,87	20,22
Green Sulf	21,25	14,24	
Zuker	36,22	22,63	
Promedios			
Green Sulf	14,99	12,61	13,40
Zuker	26,57	23,93	23,85

Para las tres muestras de azúcar se obtienen decoloraciones similares en las muestras y la decoloración es el doble con el producto *Zuker* con respecto a *Green Sulf* en las condiciones ensayadas.
Los resultados con la aplicación de los decolorantes en jugos mezclados fabriles en dos ingenios en diferentes momentos se muestran en la Tabla II

Tabla II. Por cientos de decoloración a 420 nm de jugos industriales en dos ingenios en dos momentos en cada caso de los decolorantes a 100 ppm

	Green Sulf	***Zuker***
	25,3	30,4
	27,6	37,3
	32,5	54,7
	34,4	30,0
Promedios	**30,0**	**38,1**

Los valores de decoloración en ambos decolorantes son similares.

Doble lavado y su separación en la centrífuga.

Para que esta tecnología sea efectiva, el volumen de agua en el doble lavado debe ser intenso y la temperatura del agua estar por encima de 65 C por lo que se pone de manifiesto un efecto importante en el color del producto final. Sin embargo, al aplicarse puntualmente un tiempo prolongado de lavado (de 10 segundos en cada uno) aunque a baja temperatura, el efecto se hace notable según puede observarse en la Fig. 8

Con doble lavado Sin doble lavado

Fig 1. Efecto del doble lavado sobre el color del azúcar

La determinación de los colores de ambas muestras en grados Horne y grados ICUMSA (según MACU 96 y NC 82 del 2000) se reportan en la tabla III.

Tabla III. Color de muestras de azúcar lavada (doble lavado) y sin lavar en la centrífuga.

Muestra	**Color Horne**	**Color ICUMSA**
Lavada	5	557
Sin lavar	15	1160

Influencia del cogollo

Está generalizado el criterio acerca de la influencia de la presencia de cogollo de la caña en el color de los jugos y por lo tanto en el producto final en la presencia de almidón y otras sustancias indeseables. Teniendo en cuenta este criterio y la falta de información documentada al respecto se realizaron dos experiencias a nivel de laboratorio extrayendo el jugo de la caña y de su cogollo por separado en las prensas del laboratorio. Se mezcló el jugo de la caña limpia con diferentes cantidades de jugo de cogollo, se alcalizó en frío hasta pH = 8,0, se calentó hasta ebullición durante 2 minutos y se sedimentó en probetas de 1 litro con adición de 7 ppm de floculante en el proceso de purificación. A las muestras del jugo claro se les determinó el color mediante la técnica descrita previamente. Los resultados se muestran en la Fig. 2

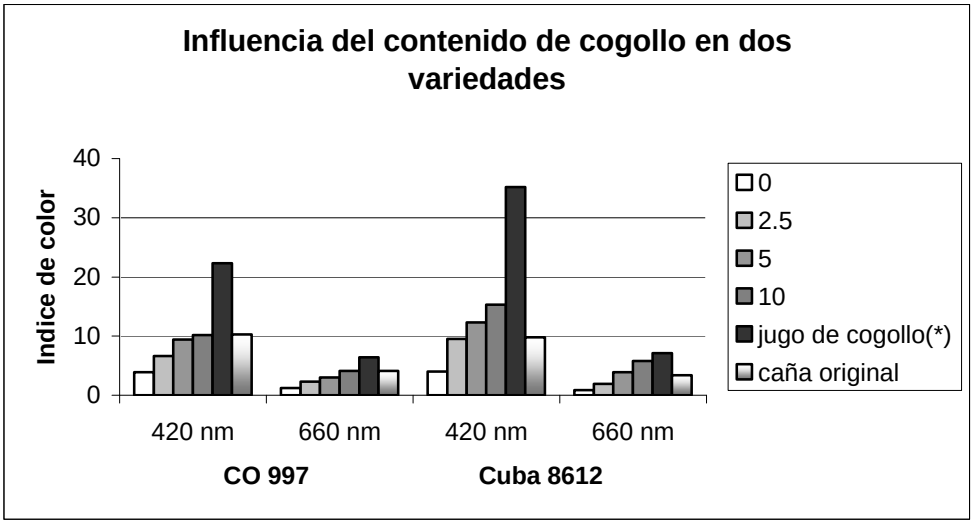


Fig. 2 Influencia del por ciento de cogollo en el color del jugo clarificado a nivel de laboratorio (* al jugo original del cogollo fue necesario diluirlo a 2 ^{o}Bx para leer la absorbancia) de dos variedades de caña.

El incremento de la cantidad de cogollo en el jugo evidentemente aumenta el color en los jugos clarificados. La presencia del jugo del cogollo también incrementa el índice de turbidez Estos resultados además de confirmar los criterios generalizados acerca del incremento del color debido a la presencia de cogollo, conducen a la necesidad de escoger las variedades con las cuales obtener crudo de bajo color a partir de resultados de investigaciones que estudien con mayor profundidad el efecto de la variedad en el color del jugo extraído.

Conclusiones

1. El empleo de los decolorantes disminuye el color del jugo mezclado y del azúcar crudo en cerca del 30%
2. La presencia del cogollo incrementa notablemente el color de las soluciones azucareras
3. El doble lavado del azúcar en las centrífugas disminuye el color del azúcar crudo que se produce.

Referencias

(1) Monduí R. et al. Informe Final. ICINAZ, 2008. ¨Producción de crudo de bajo color en la Empresa Azucarera Boris Luis Santa Coloma¨.
(2) Sánchez A., et al. LEYCAL, ICINAZ. 2008. “Determinación espectrofotométrica del índice de turbidez y del índice de color en corrientes del proceso azucarero. (Tentativo)”

REVISIÓN DEL MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DE FIBRA EN CAÑA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA

A REVIEW OF CANE FIBER MEASUREMENT METHOD APPLIED IN CUBAN SUGAR INDUSTRY

Ing. Ravelo Susana, Dr. Ramón Consuegra del Rey, Msc Alfonso Lorenzo Marlen C.,
Dr. Ramos Eduardo, Tec Chanfon Juana.
ICIDCA. Dirección de Tecnología Azucarera.
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana. Cuba.
susana.ravelo @ icidcamy.azcuba.cu

RESUMEN
Se comparó el método para determinar fibra en caña contenido en el MACU (Métodos Analíticos para Azúcar Crudo) con la referencia basada en la medición de la variable por el método de desintegración húmeda (DH). Las diferencias se consideran de poca magnitud atendiendo a los valores del error medio cuadrático, sin embargo, se presenta el inconveniente de que en todos los casos evaluados la fibra mediante DH es algo superior. Lo anterior se resolvió ajustando un modelo matemático que relacionó la fibra según DH con el peso de la torta derivado del prensado.
Palabras clave: Fibra en caña, método de prensa, desintegración húmeda.

ABSTRACT:
Methods of fiber measurement according to MACU (Analytical Methods for Raw Sugar) and wet disintegration (DH) were compared. Low differences were determined according to Root Medium Square Error, however, systematic higher values with DH are considered as not convenient in some extent. A mathematical model according to DH Fiber – Press cake relationship was obtained for inconvenient solution.
Keywords: Cane fiber, press method, wet disintegration.

INTRODUCCIÓN

La caña se divide entre el jugo y la fibra, esta última oscila su contenido entre un 10 y 18 % en una caña buena, con la calidad requerida y limpia. Conocer el contenido de los mismos es muy interesante en la caña. La fibra es componente fundamental de la caña por su valor de uso y su relación con la eficiencia industrial. También forma parte de las ecuaciones mediante las que se calcula el azúcar aprovechable de la caña, RPC en el caso cubano.

En Cuba la determinación de fibra se sustenta en el método de la prensa según los procedimientos y tablas contenidos en el MACU (Métodos Analíticos para Azúcar Crudo)(1).Las ecuaciones que dan lugar a las tablas contenidas en MACU para el cálculo de la fibra, datan de los años 80 del Siglo 20 (2), y aun cuando eventualmente han sido comprobadas, lo mismo no ha respondido al análisis minucioso exigido por una actualidad caracterizada por distinta composición varietal y tipo de cosecha, por citar elementos de reconocida incidencia.

El presente trabajo expone los resultados de un proceso de validación de lo anterior atendiendo a condiciones actuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue desarrollado con cañas contenidas en las áreas agrícolas de los centrales “Manuel Fajardo” y “Jesús Rabí” de las provincias de Mayabeque- Artemisa y Matanzas respectivamente. Las pruebas se sustentaron esencialmente en la comparación de los resultados obtenidos en la determinación de fibra según el procedimiento MACU (prensado a 200 Kg./cm^2) con aquellos derivados del método de desintegración húmeda (DH en lo adelante)según metodología establecida por ICUMSA (3). Fueron evaluadas **6** variedades

de caña que constituyen cerca del **30 %** de la caña del país en la actualidad. En el caso particular de las cañas valoradas en el central "Jesús Rabí" se incorporó además caña post cosecha, tal como ingresa en el primer molino de la fábrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla I aporta el cuadro comparativo entre la fibra determinada por DH y según el método MACU para los diversos escenarios evaluados,

Tabla I. Comparación entre fibra por MACU y por DH

Escenario	Fibra DH	Fibra MACU	Fibra DH- MACU	EMC	% DREF
C8612. 15meses	14,23	14,00	0,23	± 0,27	1,90
Corbature 997. 12 meses	17,00	16,75	0,25	± 0,44	2,59
C323-68 17meses	14,76	14,64	0,12	± 0,26	1,76
C8656. 17 meses	14,55	14,24	0,31	± 0,35	2,41
Pruebas Rabí	14,96	14,76	0,20	± 0,28	1,87
C92-325. 12meses	15,35	15,18	0,17	± 0,24	1,56
C1051-73. 12meses	15,50	15,29	0,21	± 0,23	1,48
Contenido disperso	13,77	13,59	0,18	± 0,24	1,74
Total	14,97	14,76	0,21	± 0,28	1,87

EMC: Error medio cuadrático. Se calcula según RAIZ CUAD (SUM (FIBRA DH - FIBRA MACU)^2/(N-1)).
N: 120 numero de muestras analizadas.
% DREF: EMC/Valor medio de la referencia
Valor medio de la referencia = Fibra promedio según DH

Destacan los siguientes aspectos entre otros:

- En el peor de los casos el EMC llegó a alcanzar un valor de ± 0,44 que significó una desviación respecto a la media referencial de 2,59 %, cifra que se considera aceptable. El total arrojó ±0,28 como EMC y un buen 1,67 % de DREF.
- En todos los casos evaluados los valores de fibra con DH superan los calculados según MACU. Aun cuando las diferencias no son de marcado peso, esto no deja de ser inconveniente, sobre todo ante dilemas de tipo comercial relacionados con el pago de caña por RPC y con la comercialización de la propia fibra en otro contexto.

Atendiendo a lo anterior, se relacionó Fibra por DH con el peso de la torta derivada del prensado para obtener modelo matemático según mínimos cuadrados que obvia el sesgo de signo constante. El modelo matemático resultante responde a:

FIBRA= 0,0895 PT+1,5385 (r =0,98)

Los resultados del procesamiento de datos con el modelo se resumen en la tabla II.

Tabla II. Comparación de nuevo modelo con la fibra por DH

Escenario	Fibra DH	Fibra modelo nuevo	EMC	% DREF
C86-12. 15meses	14,23	14,22	0,15	1,05
Corbature 997. 12 meses	17,00	16,96	0,36	2,11
C323-68 17meses	14,76	14,85	0,28	1,91
C86-56. 17meses	14,55	14,44	0,13	0,89
Pruebas Rabí	14,96	14,96	0,19	1,27
C92-325. 12meses	15,35	15,38	0,16	1,04
C1051-73. 12meses	15,50	15,49	0,10	0,64
Contenido disperso	13,77	13,79	0,13	0,94
Total	14,97	14,97	0,19	1,27

En este caso se reducen los errores respecto a la referencia y se resuelve el asunto del sesgo con signo constante. Aun así, se considera que las diferencias respecto a la tabla actual del MACU no son de magnitud.

CONCLUSIONES

Los resultados de la comparación de las tablas del MACU con el método de desintegración húmeda indicaron:

- Los valores del error medio cuadrático respecto a la referencia (DH) son de poca magnitud, por lo que reportan actualmente los centrales es adecuado. Se presenta el inconveniente de que en la totalidad de los casos evaluados los valores mediante MACU son algo inferiores a los de DH.
- Se concretó un modelo matemático sobre la base de relacionar la fibra mediante DH con el peso de torta resultante del prensado. El modelo resuelve el inconveniente antes expresado acerca de las diferencias no aleatorias y da lugar a un menor error medio cuadrático.

REFERENCIAS

1. Pérez F: Fernández F. Métodos Analíticos para Azúcar Crudo. La Habana. Cuba, Publicaciones Azucareras 2006. 209 páginas 37.
2. Ravelo, S, Perdomo, A y Aguilar, X.Evaluacion de dos Métodos de Determinación del tanto por ciento de Fibra en Caña, Revista ATAC, 1989, 6, Pagina 7-11.
3. Libro ICUMSA. Método GS-5/7-1. Determinación de la Pol (polarización), Brix y fibra en caña y bagazo por el método de desintegración húmeda con acetato de plomo (oficial). 2011 y 2013.

EXPERIENCIA EN EL TRABAJO DEL ÚLTIMO MOLINO SIN CORONA EN LA MAZA BAGACERA

EXPERIENCE IN THE WORK OF THE LATTER UNCROWNED MILL IN THE MACE BAGACERA

Autores: Aristoni Rodríguez Bonachea.; **Coautor:** JoséAngelVázquezLLanes

Dirección del centro de trabajo: Sede Territorial ICIDCA del Centro. Calle: Sindico #6 esquina Villuendas, Santa Clara, Villa Clara. Cuba
Dirección Particular: Callejón del Salado Edificio #11 Apartamento # 18 e/c Silverio y Oquendo Santa Clara Villa Clara.Cuba

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es poder mostrar los resultados obtenidos cuando en el último molino se sustituye la corona en la maza bagacera para que ella se mueva por la fricción del bagazo entre la maza superior y la cuchilla. Con esta variante fundamentalmente se obtiene una baja sensible alrededor 0.5 en la Pol de bagazo y de 1% a 2% en la humedad. El consumo de potencia se ve reducido al moverse la maza bagacera si la utilización de la Corona[1]. También se puede aumentar el % de agua de imbibición por encima del 200º% hasta que el sistema de evaporación y el Brix del mezclado lo permitan. Es un trabajo fácil de preparar y más fácil aun reponer en el caso que el central tenga una parada prolongada .Su aplicación en el Central Siboney logró buenos resultados en cuanto a Humedad y Pol del bagazo. El colchón de bagazo a la salida fue uniforme y bien comprimido y uniformemente seco aun con razones de alimentación variables. Se encontró que el bagazo quemo más fácilmente en la caldera. Se eliminó la reabsorción y los chorros de jugo expelidos,(escupir) aun en el último molino. Además esta fábrica sobre cumple sus planes de entrega de energía eléctrica a la red Nacional lo que le produce un pago adicional a los trabajadores por ese concepto. y ayuda al país en ahorro de combustible para la producción de energía con fuel-oíl.
Palabras Claves: Bagazo, Corona, Molino, Reabsorción. Humedad

ABSTRACT

The objective of this work is to be able to evidence the obtained results when in the latter mill the Delivery roller in order that she move for the friction of the waste pulp among the superior mace and the blade substitutes the crown in the mace itself. With this variant fundamentally a sensitive fall obtains to 2 % in the humidity around 0,5 in the Pol of waste pulp and of 1 %. The consumption of potency looks reduced the Delivery roller churns it when he moves if the utilization of the crown. Also the % of water of absorption on top of the 200 % can grow even than the system of evaporation and the Brix of the mixed permit it. It is a easy job to prepare and easy even replacing in the in the event that the central have a prolonged stop .Su application in the Factory Siboney achieved good guys proven to be in as much as to Humidity and Pol of the waste pulp. The mattress of waste pulp on the way out was uniform and very compressed and uniformly dry even with variable reasons of nutrition. It was found that I burn the waste pulp more easily in the boiler. The reabsorption and the jets of juice expelled were eliminated, (spitting) even in the latter mill. Besides this factory be more than enough what produces an additional payment to the workpeople for that concept and helps to the country in saving of fuel for the production of energy with fuel oil obeys his plans of delivery of electric power to the National net.
Key words: Waste pulp, Crown, Mill, Reabsorption, Humidity

INTRODUCCIÓN

En un central azucarero existe un tándem de molinos compuesta por varias unidades cuya función fundamental es extraer el jugo que viene en la caña con la mayor extracción de Pol y la menor humedad

posible del bagazo. El tándem puede estar formado por varios molinos, los cuales están compuestos por 3 mazas que se mueven una a las otras por coronas de igual perfil. El objetivo de este trabajo es poder mostrar los resultados obtenidos cuando en el último molino se sustituye la corona en la maza bagacera para que ella se mueva por la fricción del bagazo entre la maza superior y la cuchilla. Esta es una experiencia que se realizó hace varios años en diversos centrales del País y por diversas razones no se generalizo. Es un trabajo fácil de preparar y más fácil aun reponer en el caso que el central tenga una parada prolongada. Hemos consultado a compañeros con gran experiencia en trabajos de molinos entre ellos Pepe Barreiros y nos han planteado que este trabajo es de gran utilidad para el funcionamiento del molino[2], Consultamos también al Ing. Félix Pérez, nos informó que en una visita a la Isla Reunión, esta modificación es una práctica normal en los centrales de ese país. A continuación les señalamos algunas observaciones tomadas de la experiencia en este trabajo en ese país.

1- La simple idea de quitar la corona de la maza Bagacera, permitiéndole que rotara por la fuerza de fricción fue el desarrollo natural de este proceso
2- Esta idea primero fue probada en las islas Reunión a principios del año1983 y desde entonces ha sido adoptada en varias fábricas de esas Islas
3- Debido a que el movimiento de la maza Bagacera depende de la fricción del bagazo contra la cuchilla central, la velocidad de rotación la misma varía de acuerdo a la alimentación del molino.
4- Como esta carga de fricción varia, la velocidad de la maza bagacera también varía en una relación que esta entre el 60 y 90% de la maza superior, siendo mayor esta cifra cuanto la alimentación es más fuerte.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el central Siboney en Camagüey, se llevó a cabo la modificación en el último molino consistente en la eliminación de la corona de la masa bagacera del mismo. Este trabajo se realizo preparando una corona deslizante para desmontarla fácilmente después de ajustado el raspador, que limpia la maza bagacera, este trabajo fue comprobado por el grupo técnico del central basado en los resultados obtenidos por el laboratorio del central en la primera zafra los datos se muestran en tablas desde que se efectuó esta modificación y se comparan con los resultados obtenidos en zafras anteriores
Como otro elemento adicional para comprobar los efectos positivos de esta modificación se estudió en el Central Panchito Gómez Toro de la provincia de Villa Clara el comportamiento del consumo de potencia de cada maza montando motores hidráulicos y variando la velocidad de las mazas en función de la potencia consumida, comprobando que al disminuir la velocidad de la maza bagacera también disminuyo el consumo de potencia para mover la misma dando como resultado que el consumo de potencia del molino también disminuya

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la tabla I presentamos los resultados obtenidos en el central Siboney, donde se trabajó con la modificación señaladas en la maza bagacera del último molino. El trabajo se comenzó en el año 2010 al 2011, como se plantea en la tabla

Tabla I

Año	% Humedad	% Pol bagazo	% Fibra en Caña	Bag % Caña
2011	47.93	1.88	15.45	31.32
2012	48.87	1.99	15.09	31.34
2013	47.93	1.97	15.25	32
2014	45.34	1.90	13.53	28
2015	45.40	1.90	14.04	30

Si comparamos los resultados de la Tabla II podemos ver los resultados de las zafras anteriores a esta modificación y evaluar los resultados

Tabla II

Año	% Humedad	% Pol bagazo
2007	49.83	2.26
2008	49.09	2.03
2009	49.77	2.03
2010	48.74	1.97

En la tabla III se muestra el consumo de potencia en los motores que mueven los molinos que tiene sustitución de la corona en la maza bagacera que son el 3er molino y 4to molino del propio central Siboney

Tabla III

Motor Elect	Consumo de potencia		Diferencia
	Zafra 2009	Zafra 2010-11	
Molino 1y 2 400 KW y 600 rpm	398 Kw	378 Kw	- 20
Molino 3y 4 320 KW y 600rpm	265 KW	165 KW	- 100

Como se puede ver el consumo de potencia disminuye apreciablemente en la zafra 2010 al 2011 donde se hizo la modificación respecto a la zara 2009.

En el central Panchito Gómez Toro se instalaron motores hidráulicos independientes en cada maza y se hizo una prueba por el Ing. Eléctrico José Ramón Escobar Pineda variando la velocidad de la mazas para determinar el consumo de potencia de cada una cuando la maza bagacera obtuvo una velocidad inferior a 7 pies/min con relación a la Velocidad periférica de la maza Superior el consumo de potencia de esa maza bagacera tendía cero,(0), por lo que la potencia a consumir del molino en general era menor, al ser arrastrada esta maza por la fricción del bagazo entre la cuchilla y la maza superior la cual se moverá cuando el molino se cargue y flote lo que tiene establecido. Esto se puede lograr también con la diferencia de dientes, entre la maza Bagacera y la Maza superior. Por lo que se ve como la posibilidad más real de aplicar la sustitución de la corona en la maza bagacera

Somos partidarios de hacer este trabajo en los centrales que tienen problemas con la humedad de bagazo y cuentan con pocas unidades de molidas y bajo porciento de preparación de la caña, cuestión esta que ayudaría a que el bagazo salga con la humedad requerida para que la quema del mismo sea con eficiencia. Nuestro interés será recordar algo que se ha utilizado con buenos resultados y aplicarlos en los lugares que haga falta para mejorar la eficiencia que es en definitiva a lo que nos ha llamado la dirección de nuestro grupo empresarial.

Con los resultados obtenidos en el Central Siboney actualmente y los obtenidos por centrales en otros países que tienen como practica generalizado podemos inferir que se obtienen sustanciales ahorro de bagazo al tener menos % de humedad pudiéndose utilizar para otros fines que pueden ser.

1-Utilización del bagazo excedente e la molida, en otros centrales que lo requieren para refinar, fabricación de papel, tablero, generar energía en periodo inactivo

2-En la misma fábrica en liquidaciones por paradas prolongadas por diferentes causas, incluyendo liquidaciones parciales ya que tienen suficiente bagazo, cosa esta que pudimos constatar en visitas efectuadas al ingenio Siboney en varias ocasiones.

3- Mantienen razones de molidas estables, los molinos operaran sin atoros. Se le puede aplicar un mayor % de agua de imbibición por encima del 200% de la fibra y una temperatura en la misma mayor a lo establecido de 65º a 70º sin que ocurrieran atoros

5-El colchón de bagazo a la salida fue uniforme y bien comprimido y uniformemente seco aun con razones de alimentación variables. Se encontró que el bagazo quemo mas fácilmente en la caldera, la Pol de bagazo estuvo en valores por debajo 0.5% obtenidos anteriormente y la humedad desciende de 1% a 2% el valor obtenido anteriormente

6-Se eliminó la reabsorción, en el último molino dado que el bagazo se comprime altamente con la cuchilla central y la maza superior y no mueve la maza bagacera hasta que el molino no flote

Esta fábrica sobre cumple sus planes de entrega de energía eléctrica a la red Nacional lo que le produce un pago adicional a los trabajadores por ese concepto. Y ayuda al país en ahorro de combustible para la producción de energía con fuel-oíl.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1- Este trabajo no es recomendable en las primeras unidades dado que el volumen de bagazo en transferencia es mucho mayor que en las últimas unidades, se aplica para el penúltimo y ultimo molino
2- Se recomienda preparar la corona y la cuña deslizante para que sea rápido ponerla y quitarla.
3- En caso de parada prolongada antes de arrancar a moler montar la corona y mover el molino para liquidar el bagazo entre la cuchilla central y la maza superior del molino retirarla y continuar la molida.
4- Para ajustar el raspador bagacero montarla y cuando este ajustado retira la misma
5- Llevar un expediente de los parámetros de eficiencia y consumo de potencia del Tándem, para comparar arlos con los años anteriores y así poder evaluar el comportamiento de este trabajo de moler sin corona en la maza bagacera

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HUGOT, E. Hand Book of Cane Sugar Engineering. Cuba 1986. pp. 212 a 215.
2. Barreiro, José. Manual de Operaciones Planta Moledora Revisión del Manual de operaciones de 1996
3. febrero – 3- 2011 Articulo Estabilidad de Molida Pág. 501.

EL LÍMITE OPERACIONAL: UNA MEDIDA DE LA EFICIENCIA INDUSTRIAL EN EL INGENIO AZUCARERO

THE OPERATIONAL LIMIT: A MEASURE OF INDUSTRIAL EFFICIENCY IN THE SUGAR FACTORY

Autor: Ing. José Alberto Pérez Hernández.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Vía Blanca 804 y Carretera Central
La Habana 11 000. Cuba
E-mail: jose.alberto@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Generalmente se consideran, para evaluar el comportamiento industrial y productivo de una industria, los indicadores generales establecidos a nivel de país. Sin embargo, cada industria tiene su peculiaridad, con la diversidad de equipamiento de distintas eficiencias de operación en cada una de las áreas del proceso productivo (preparación de la caña, molinos, calentadores, clarificación, filtración, evaporación, tachos, caldera, generación eléctrica, etc.). El equipamiento de que se dispone influye en que no sea adecuado disponer de un índice general para valorar la eficiencia industrial de todos los centrales del país por igual. Se considera que cada industria debe tener sus índices de evaluación de comportamiento en función de su "límite de operación"; de esta forma podemos comparar y conocer mejor la eficiencia a que está operando la industria pues se comparará con su máxima posible real . En este trabajo se aborda este tema proponiendo un modo de determinar estos "límites operacionales".

Palabras clave: límite operacional, eficiencia industrial, normas de eficiencia.

ABSTRACT

Generally, general indicators established at country level are considered to evaluate the industrial and productive performance of a sugar factory. However, every factory has its uniqueness, diversity of equipment with different operating efficiencies in each of the areas of the production process (cane preparation, mills, heaters, clarification, filtration, pans, boiler, power generation, etc.). The available equipment implies that is not totally appropriate to have a unique general index to assess industrial efficiency of all plants in the country. It is considered that each factory should have their performance assessment indexes based on their "operation limit"; in this way we can compare and better understand the efficiency that the industry is achieving as it will be compared with their actual maximum possible. In this paper this issue is presented by proposing a way of determining these "operational limits".

Keywords: operational limit, industrial efficiency, efficiency norms.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de equipamiento existente en la industria hace que muchos de los índices evaluados en algunas de las áreas industriales no deben concebirse similares para todas los centrales del país, pues la eficiencia puede ser variable por esta razón. Además, la industria presenta un deterioro motivado por múltiples factores y el comportamiento no es uniforme por lo que esto también provoca una diferenciación que debe considerarse.

Problema a resolver

De lo antes expuesto se propone un método alternativo de selección de los principales parámetros productivos óptimos en una industria azucarera que garanticen una evaluación OBJETIVA de la eficiencia productiva de cada ingenio y del conjunto de los mismos. Esto permitirá hacer una evaluación más justa de la situación de cada ingenio y tomar decisiones correctas para la política de producción y desarrollo de la industria azucarera. La producción de caña también puede ser evaluada aplicando esta metodología, con sus adaptaciones correspondientes, pues no es justo evaluar por ejemplo una empresa productora de caña sin regadío a otras con regadío, pues sus indicadores y volúmenes de caña no son iguales.

Este análisis es importante y se debe complementar con los aspectos económicos y ambientales relacionados con la industria o la agricultura ya sea el caso.

Se aspira con este trabajo que poco a poco cada industria tenga sus propios parámetros de LIMITES OPERACIONALES, para cada área, y así poder comparar la industria y su eficiencia operacional real contra su límite operacional y así poder conocer a la eficiencia a la que está trabajando la industria.

Parámetros de eficiencia operacional real de cada central <= LÍMITE OPERACIONAL máximo de ese central

Con lo anterior pretendemos que no se evalúen los centrales por un índice general establecido por el grupo empresarial AZCUBA y que aparecen en la tabla 1 (1), sino compararlo con su límite operacional máximo que puede alcanzar en función de las capacidades y características de esa industria. Es decir, un central con dificultades tecnológicas e índices más bajos estar trabajando con mejores resultados desde el punto de vista de aprovechamiento de sus potencialidades reales.

Cada central debe tener sus propios indicadores y parámetros que son determinados por los especialistas en cada una de las áreas, que representen los valores OPTIMOS y sobre estos debemos comparar con los valores reales alcanzados y exigirles por estos índices productivos. Cuando se define una norma nacional a todos los ingenios se les exige lo mismo, independientemente de sus posibilidades tecnológicas reales y del nivel de mantenimiento e inversión que hayan tenido.

Otro de los factores que no aparecen en la tabla; pero que es primordial es la eficiencia a la que trabaja la industria. Este es un indicador técnico –económico que permite tanto a la dirección del grupo empresarial como a los directivos de las empresas obtener información valiosa que genera conocimiento que ayuda a tomar decisiones racionales de forma global en la industria y que vincula entre otros muchos factores al mantenimiento, la reparación y el desarrollo de la producción.

Se recomienda que se analice esta alternativa para su posible aplicación en algún ingenio del país, pues con esto podemos conocer las posibilidades reales de productividad y eficiencia de la industria.

Tabla 1. Parámetros de norma utilizados para todos los ingenios del grupo empresarial AZCUBA

Parámetro	Norma*
Rendimiento	**>11**
Recobrado	**> 85**
% Aprov RPC	**> 85**
% Materias Extrañas	**< 8%**
Fibra % Caña	**13-15**

Brix JC	**10-20**
Brix JM	**15**
Brix JP	**> 20**
Brix MCC	**96-98**
Brix Meladura	**60-65**
Pérdidas Bagazo	**< 5**
Pérdidas Cachaza	**< 2**
Pérdidas Indeterminadas	**<1**
Pérdidas MF	**< 6**
Pol Bagazo	**2-4**
Pol Cachaza	**1.5-2**
Pza MF	**< 38**
Pza Jugo Desmen	**> 85**
Pza Jugo Mezclado	**> 84**
Caída de Pza JP y JM	**< 1.5**
Norma Potencial	**>75**

Por ejemplo, no debemos comparar la capacidad extractiva de dos centrales de tecnologías y equipamientos diferentes, pues en ellos pueden variar múltiples factores que tienen influencia en estos parámetros. No se debe comparar en igualdad de condiciones al central Harlem con el 30 de noviembre, pues puede que el central Harlem con índice de extracción menor, pudiera tener mejores resultados que el 30 de noviembre pues el límite operacional es más elevado para el 30 de noviembre que para el Harlem.

Un ejemplo real: en el compendio de los indicadores de zafra 2012-2013 se observa que para la pol en bagazo de los centrales 30 de noviembre y Harlem, los dos tenían indicadores por debajo de lo que exige la norma. En el central Harlem su pol en bagazo fue de 1.91 y en el 30 de noviembre fue 1.96, cuando en realidad con las condiciones típicas de la industria con una mejor preparación de la caña, un central con más molinos y de los nuevos en el país como el 30 de noviembre, debía tener índice de pol más bajo. ¿Cual está trabajando con mayor eficiencia?. Este aspecto se puede determinar cuándo se determine el límite de operación en esta área para cada ingenio.

¿Cómo calcular el valor del Límite Operacional de un área de un central?

Este límite propio de cada fábrica debe ser calculado por los especialistas o expertos en cada una de las áreas para poder definir este valor en el que ya no se logra ser más eficiente en las condiciones existentes. Este valor es el llamado Limite Operacional.

Por ejemplo, a continuación se muestra el cálculo práctico del límite operacional en la generación eléctrica en un central azucarero.

Un central conocido tiene un consumo de vapor a proceso de 120 T/h de vapor saturado a 250 lb/pulg2. El 95% del vapor pasa por las turbinas para generar electricidad, el otro 5% pasa por reductora. El tiempo perdido industrial es del 15%. Calcula el Limite Operacional de generación eléctrica del ingenio en 24 horas. El índice de generación eléctrica para estos niveles de presión es de 33 lb vapor/kW generado(2).

$$LO = \text{Producción de vapor} * (1 - \text{tiempo perdido }\%) * \%\text{ de vapor que pasa por turbina} * \text{índice de generación a 250 lb} \left(\frac{2200}{33}\right) * 24 \quad [kWh/día]$$

$$LO = 120 \frac{T}{h} * (1 - 0.15) * 0.95 * 24 \text{ horas} * 2200/33 \quad [\text{kWh/día}]$$

$$LO = 155\,040 \ [\text{kWh/día}] \ (155,\ 040 \text{ MW})$$

Analizando las condiciones técnicas de cada central podemos determinar y conocer la capacidad de generación máxima posible (Límite Operacional) y así poder comparar con la generación real obtenida diariamente por la industria. Cuanto más alejado esté este valor real del máximo real a alcanzar (límite operacional), menor será la eficiencia con que operó la planta, referido a la generación eléctrica.

Parámetros industriales que pueden definirse para compararse y así poder definir la eficiencia de operación.

Todos los parámetros medibles y contabilizados en la sala de control pueden ser objeto de análisis. Compararlos con los parámetros nacionales significa poner toda la industria en igualdad tecnológica y de equipamientos, cuando en realidad no es así. Recomendamos que se compare con el Limite Operacional para poder definir la eficiencia real a la que está trabajando la industria. Algunos de estos parámetros que pudieran ser determinados para su evaluación son:

1. Capacidad de molida diaria
2. Generación eléctrica (kWh/día)
3. Consumo de electricidad consumido por tonelada de caña procesada (kWh/Tcaña)
4. Electricidad vendida al sistema electro-energético nacional (kWh/día)
5. Recobrado (%)
6. Perdida de azúcar en bagazo (%).
7. Perdida de azúcar en cachaza (%).
8. Humedad del bagazo (%)
9. Producción de miel (Tmiel/ Tcaña)
10. Pureza de las mieles finales (%).
11. Consumo de vapor por tonelada de caña.

CONCLUSIONES

Con este análisis del “límite operacional” se puede disponer de una herramienta para comparar cada fábrica con relación a sus parámetros óptimos posibles de alcanzar con las condiciones existentes y poder determinar cuán eficiente es cada centro productivo. Es decir, este procedimiento permite hacer una evaluación más justa de la situación de cada ingenio y no compararlos todos por igual contra un mismo índice meta. De la forma actual con que se miden los resultados de los centrales por una norma nacional no tiene en cuenta las particularidades de cada industria.

Se propone que cada central tenga sus propios indicadores y se les pida por las reservas de potencialidades que posee. No existen dos industrias iguales, cada una tiene sus particularidades y por lo tanto sus resultados e indicadores deben ser diferentes. Se continúa trabajando en la definición de las metódicas de cálculo del límite operacional para cada área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ICIDCA 2013, Compendio de indicadores nacionales de zafra.
2. Almazán, Oscar. (septiembre 2011) Apuntes para una estrategia en el desarrollo de la energética azucarera. Boletín informativo renovable.cu, pp, 9-14.