

# NOVEDADES TÉCNICAS

## AZÚCAR Y DERIVADOS





# NOVEDADES TÉCNICAS AZÚCAR Y DERIVADOS No. 123



## NOTA AL LECTOR

*Estimado lector:*

*Nos complace poner en sus manos el Boletín Novedades Técnicas. Azúcar y Derivados no. 123 correspondiente a al mes de enero del año 2022, elaborado mediante informaciones obtenidas de Internet y gracias a la contribución de Doctores, especialistas e investigadores de nuestro instituto y de otras entidades afines, con el propósito de divulgar las novedades científico-técnicas del sector del azúcar y sus derivados. Incluye, además, la energía en todas sus alternativas.*

*Su frecuencia de salida es mensual. Puede contactarnos a través de los teléfonos: 7698 6501 ó 02, extensión 211 y por el correo:*

*hermys.rojas@icidca.azcuba.cu*

## TABLA DE CONTENIDO

I. La vital industria azucarera de Belice reanuda sus operaciones tras bloqueo. (3)

II. Tailandia. (4)

III. La Organización Mundial de Comercio califica de "ilegales" la ayuda interna y las subvenciones a la exportación de azúcar en la India. (4)

IV. Gas verde, energía como subproducto de la caña de azúcar en Brasil. (5)

V. Aumenta déficit mundial de suministro de azúcar por la caída de la producción china. (9)

VI. Validación de la metodología ICUMSA "Draft Method N° 3" para determinar la concentración de almidón en jugos de caña de azúcar. (10)

## Propuesta del mes

El potencial de la industria del etanol en México. Parte I (17).

Colaboración del Dr. Oscar Almazán del Olmo.  
Fuente: Sugar Journal, vol 83, no. 10-11, marzo-abril, 2021.

## Próximamente!

**Pondremos a su disposición el artículo titulado: "Bolivia entra en la producción industrial de etanol".**

Autor: Mauro Nogarín

Colaboración del Dr. Oscar Almazán del Olmo.

**F**uente: Sugar Journal, vol. 83, no. 12, mayo-junio de 2021.





# La vital industria azucarera de Belice reanuda sus operaciones tras bloqueo

San Juan, (EFE).- La vital industria azucarera de Belice reanudará sus operaciones esta semana luego de que las partes en conflicto llegaran a un acuerdo para poner fin a la crisis y al bloqueo al sector impuesto por los agricultores durante varios días.

Después de semanas de acaloradas negociaciones, la Industria de Azúcar de Belice (BSI, en inglés) y la Asociación de Productores de Caña de Azúcar (BSCFA) firmaron un acuerdo interino, con la ayuda del primer ministro, John Briceño.

Este consenso para renovar un acuerdo comercial que expira el 19 de enero próximo acabó con las protestas de los agricultores de la BSCFA y su bloqueo de todas las entradas y salidas a la importante fábrica de Tower Hill, usada para moler la caña.

Los camiones de los agricultores que bloqueaban el paso al lugar fueron retirados después de que se llegó al acuerdo y se obtuvieron ciertas garantías del Gobierno.

El ministro de Agricultura, José Abelardo Mai, dijo a los periodistas que el primer ministro tomó la iniciativa en este asunto para mediar y calmar a los productores de caña.

"Son gente muy trabajadora pero sus niveles de frustración eran altos. Creo que al final el diálogo dio sus frutos", subrayó el titular de Agricultura.

Briceño incluso ha prometido a los agricultores intervenir para que la BSI no interponga una demanda contra la BSCFA por la paralización durante casi una semana de la industria por su bloqueo a Tower Hill.

"Se espera que las operaciones del ingenio se reanuden en uno o dos días una vez que las calderas vuelvan a funcionar y se puedan reanudar las entregas de caña", agregó Abelardo Mai.

Las protestas se saldaron sin incidentes ni heridos ya que no hubo una intervención policial para dispersar a los agricultores, como si ocurrió en el pasado.

La producción estimada de caña de azúcar en Belice para el 2021-2022 es de 1.355.324 toneladas métricas, un aumento de 157.324 toneladas métricas con respecto a la producción del año pasado, según los datos oficiales.

[https://www.swissinfo.ch/spa/belice-az%C3%BAcar\\_la-vital-industria-azucarera-de-belice-reanuda-sus-operaciones-tras-bloqueo/47235692](https://www.swissinfo.ch/spa/belice-az%C3%BAcar_la-vital-industria-azucarera-de-belice-reanuda-sus-operaciones-tras-bloqueo/47235692)

## Tailandia



La cosecha tailandesa va bien, al 3 de enero, la cantidad total de caña cosechada alcanzó los 17,7 millones de toneladas, más de un 65% de los 10,7 millones de toneladas en el mismo período de la temporada pasada. La producción total de azúcar ha alcanzado 1,7 millones de toneladas, casi un 60% más año tras año. Sin embargo, hay que recordar que la producción total de azúcar de la temporada pasada de alrededor de 7,5 millones de toneladas fue la más baja en más de una década debido a la sequía. Aunque ahora parece que la producción total debería superar los 10 millones de toneladas.

<http://www.cubazucar.cu/noticias-destacadas/tailandia/>

\*\*\*\*\*



11 de enero de 2022

## La Organización Mundial de Comercio califica de "ilegales" la ayuda interna y las subvenciones a la exportación de azúcar en la India

El pasado mes de diciembre de 2021, la Organización Mundial de Comercio, OMC, publicó una circular con los informes de su panel sobre reclamaciones de disputas contra subvenciones al azúcar. La disputa se refiere al apoyo interno de la India a los productores y exportadores de caña de azúcar y fue presentada en 2019 de Brasil, Australia y Guatemala.



Los informes del panel a la OMC no podrían ser más claros, según expone la Confederación Europea de Cultivadores de Remolacha, CIBE: encuentran que India está violando las normas de la OMC en su acuerdo de agricultura. A la luz de estos hallazgos, la OMC solicita que India retire las subvenciones concedidas dentro de los 120 días siguientes a la adopción de estos informes.



CIBE no está sorprendido por estas conclusiones y las acoge con beneplácito, aunque CIBE lamenta que se hayan tardado casi 3 años en llegar a estas.

Entre 2017/18 y 2020/21 la producción y las exportaciones subvencionadas de India pesaron mucho en los precios: durante tres años el mercado mundial y también el mercado europeo estuvieron extremadamente deprimidos y la pérdida de valor para el sector europeo del azúcar de remolacha fue innegable.

Sin embargo, India habría anunciado en la prensa que apelará las conclusiones de la OMC ante el Órgano de Solución de Diferencias y que estas conclusiones no cambiarán su política azucarera.

Dada la lentitud de este Órgano de Solución de Diferencias, es probable, aseguran desde la CIBE en un comunicado de prensa, que la India no cambie su política a corto plazo y que la presión de la sobreproducción india continuará pesando en el mercado mundial y europeo del azúcar.

Ante tal situación, sería lógico que la Comisión Europea tomara las medidas adecuadas y, al menos, proceda a suspender ahora todas las importaciones de azúcar de la India. Esto es lo que demanda ahora la CIBE asegurando que la asociación ha defendido durante mucho tiempo las reglas del comercio justo y la igualdad de condiciones y se opone a la entrada del azúcar en el mercado de la UE que no cumple estas normas. Lamentablemente, observan que es extremadamente difícil combatir esto, por lo que la Unión Europea debe dotarse de herramientas más eficaces para proteger a sus agricultores y sus industrias.

Del mismo modo, CIBE aboga por reglas de producción para el azúcar importado que obedezcan el estándar de producción de la UE y se opone a la entrada en el mercado europeo de azúcar producido en condiciones diferentes a las comunitarias.

<https://www.agronewscastillayleon.com/la-organizacion-mundial-de-comercio-califica-de-ilegales-la-ayuda-interna-y-las-subsidios>

\*\*\*\*\*



17 de diciembre de 2021

## Gas verde, energía como subproducto de la caña de azúcar en Brasil

Agencia IPS



El biometano o biogás llegará inicialmente a tres ciudades cercanas entre sí: Narendiba, Pirapozinho y Presidente Prudente, que suman unos 264.000 habitantes. Primero fue el azúcar. Durante cuatro siglos, ese fue el principal producto de la caña en Brasil. Pero desde los años 70 crece y diversifica su vocación energética, como fuente del etanol, de la electricidad y del biogás.



“La caña es el petróleo verde”, definió André Alves da Silva, director comercial y de Nuevos Productos de la Cocal, como es más conocida la empresa Comercio Industria Canaã y Alcohol Limitada, que comenzó la producción en gran escala del biometano, es decir el biogás refinado, equivalente renovable y limpio del gas natural.

“Tenemos acá una biofábrica”, dijo a IPS en una entrevista dentro de la unidad de la Cocal en Narandiba, un municipio situado en el oeste del sureño estado de São Paulo.

Quedó obsoleto en esta región llamar caña de azúcar a esa planta herbácea cuyo nombre científico es *Saccharum officinarum*.

Al azúcar y el etanol se suman la electricidad generada a partir del bagazo de caña y del biogás y otros subproductos, como biofertilizantes, el gas carbónico y la levadura seca, sobras de la fermentación alcoholera que, procesadas, sirven de alimento animal rico en proteínas.

### **Biometano en vez de gas**

La gran novedad es el biometano, producido desde junio, como punto de partida de un proyecto que llevará el gas a tres ciudades cercanas entre sí: Narandiba, Pirapozinho y Presidente Prudente, que suman unos 264.000 habitantes.

GasBrasiliano, una empresa del Sistema Petrobras, el conglomerado petrolífero estatal, se encargará de la distribución y para eso construye un gasoducto de 65 kilómetros, que está previsto que se inaugure en junio de 2022.

“Es nuestro primer proyecto en biometano, el primero entre muchos”, según dijo a IPS Alex Gasparetto, director-presidente de la distribuidora que tiene la concesión para el gas canalizado en el oeste y norte del estado de São Paulo, que engloban 375 municipios y 9,2 millones de habitantes.

São Paulo, el estado más rico y poblado de Brasil, con 46 de los 214 millones de habitantes de este país de dimensiones continentales, concentra más de la mitad de la producción cañera nacional, en más de 150 unidades agroindustriales, de plantas productivas de azúcar o etanol al lado de plantaciones de caña, la mayor parte en el área de concesión de GasBrasiliano.

“El potencial es gigantesco, el biometano de caña puede sustituir todo el diésel y el gas licuado de petróleo (de cocinar) consumidos en el estado, una situación privilegiada”, sostuvo Alessandro Gardemann, presidente de la Asociación Brasileña de Biogás (ABiogás).

“Cocal es un proyecto de demostración, que va del cultivo de caña al consumidor final con el suministro de biometano el año entero”, resumió para IPS por teléfono desde Londrina, una ciudad del también sureño estado de Paraná donde tiene la sede su empresa de servicios tecnológicos, Geo Biogas & Tech, que impulsó el biogás en el sector sucroenergético.

### **Solución para estacionalidad agrícola**

Un aporte en tecnología de Geo fue decisivo para el despegue del proyecto de biometano de la Cocal. Se conoce hace tiempo cómo hacer biogás de la vinaza, pero solo se puede



aprovechar ese residuo líquido de la destilería del etanol (o alcohol) en el periodo de cosecha, en general de abril a noviembre.

Es voluminoso y maloliente, imposible de almacenar por muchos días en las lagunas, los estanques construidos para recoger la vinaza antes de ponerla en los biodigestores horizontales donde se descompone el material orgánico, en un proceso anaeróbico que produce el biogás.

Para asegurar el suministro todo el año, la Geo adaptó una tecnología alemana, para incorporar a la biodigestión otro residuo, la cachaza, en Brasil más conocida como torta de filtro, un lodo oscuro que resulta del procesamiento del jugo de la caña para hacer azúcar.

Cachaza, para los brasileños, es el nombre del aguardiente de caña.

Un tratamiento que le quita impurezas y parte de la humedad convierte ese residuo, antes desechado, en materia prima del biogás. Tiene "10 veces más materia orgánica que la vinaza", por eso es más productivo, destacó para IPS Eduardo Baptista, supervisor de Producción Industrial de la planta de Biogás de la Cocal.

Esa innovación permitió superar la estacionalidad, al ser almacenado en cuatro depósitos a cielo abierto al lado de los dos biodigestores verticales, específicos para la cachaza. "Durante la cosecha aprovechamos la vinaza y entre las cosechas, la cachaza", evitando interrupciones en la producción del biometano, explicó Alves, el director comercial de la empresa.

Un segundo factor favorable al proyecto, acotó, fue comprobar que hay una demanda local por el gas, que no se podría atender a partir del gasoducto de GasBrasiliano, cuyo punto más cercano queda a más de 100 kilómetros de Presidente Prudente, el municipio más importante de la región, con 230.000 habitantes.

Extender la red existente hasta ese mercado limitado no sería viable económicamente, pero sí lo es un gasoducto de 65 kilómetros desde la Cocal, justificó Gasparetto, el director-presidente de la GasBrasiliano.

El tercer factor es ambiental. Con el biometano la Cocal busca reducir los gases del efecto invernadero emitidos en su producción de etanol. La sustitución del diésel por el gas verde descarboniza la actividad en 95 %. Reducciones adicionales podrán obtenerse con el nuevo combustible en los camiones y equipos agrícolas, una alternativa que está en fase de pruebas actualmente.

Además, los residuos de los que se extrae el biogás se convierten en biofertilizantes limpios, que emiten 75% menos carbono que los fertilizantes químicos, acotó el director comercial de Cocal.

Por último, la decisión se basó también en la doble destinación del biogás: electricidad o biometano.

"Dos opciones reducen los riesgos", se puede alterar el balance, según las demandas y los precios, aclaró Alves. Actualmente 53% del biogás se refina para convertirse en biometano y 47 % se destina a la generación eléctrica.



Cocal también genera energía por la quema del bagazo, desde 2002. Hoy puede abastecer de electricidad a una ciudad de 730 000 habitantes, informa la empresa.

## **Aportes sociales**

Para toda esa producción energética, la Cocal cuenta con dos unidades industriales, cada una con sus siembras de caña alrededor. La primera, se instaló en 1980 en Paraguaçu Paulista, a 135 kilómetros de Narandiba.

Emplea en total 5.500 trabajadores de 22 municipios y tiene 125.000 hectáreas sembradas de caña, en su mayor parte de tierras arrendadas por contratos de 20 años, según Alves. La cosecha alcanzó 8,7 millones de toneladas de caña el año pasado.

Narandiba tiene actualmente cerca de 6.500 habitantes, tras sumar 2.000, que llegaron atraídos por la operación local de la Cocal, inaugurada en 2008, reconoció su alcalde, Itamar dos Santos Silva, quien estimó en 600 los empleados directos e indirectos de la central azucarera y alcoholera un año atrás, casi 10% de la población.

El municipio, estancado cuando la ganadería dominaba su economía, en las últimas décadas del siglo pasado, volvió a prosperar. “La caña modificó totalmente la realidad social y económica de la región”, reconoció el alcalde en un encuentro con IPS en su despacho. Además de ofrecer más empleos, la Cocal paga al más modesto empleado el doble de lo que ganaba un vaquero, comparó. Con el incremento del poder adquisitivo, “cada día se construye una nueva casa en Narandiba” y se amplió el comercio y la demanda por escuelas, servicios de salud y esparcimiento, acotó la autoridad municipal.

El ingreso fiscal también aumentó, pero lo hizo más tarde que las demandas inmediatas creadas por la afluencia de nuevos pobladores, se lamentó Dos Santos, cuyos planes comprenden atraer industrias e intensificar la capacitación de los jóvenes ante la nueva oferta de empleos técnicos por la agroindustria cañera.

La sostenibilidad ambiental fue el principal motivo de la empresa Liane, una industria de productos alimenticios como bizcochos y pastas, para firmar el primer contrato para la compra del biometano distribuido por GasBrasiliiano en Presidente Prudente.

Es un insumo sin la contaminación de los combustibles fósiles y probablemente con costos menores que “el gas natural que nos llega en camión desde lejos”, destacó a IPS por teléfono desde la sede de la empresa, Mauricio Calvo, director Industrial de Liane.

Inicialmente el biometano llegará a las empresas, estaciones de combustibles, los centros comerciales, hoteles y grandes restaurantes, es decir los grandes consumidores.

El suministro del gas canalizado a las residencias queda como una meta a largo plazo, aclaró Gasparetto a IPS por teléfono desde la sede de GasBrasiliiano en Araraquara, una localidad a 280 kilómetros de São Paulo.

[https://eldeber.com.bo/mundo/gas-verde-energia-como-subproducto-de-la-cana-de-azucar-en-brasil\\_260284](https://eldeber.com.bo/mundo/gas-verde-energia-como-subproducto-de-la-cana-de-azucar-en-brasil_260284)





# Aumenta déficit mundial de suministro de azúcar por la caída de la producción china

La situación daría lugar a fuertes importaciones por parte de China en 2022, estimadas entre 4,5 millones y 5,5 millones de toneladas.

Se espera que el balance del mercado mundial de azúcar se deteriore en la temporada 2021/22 que comenzó en octubre debido a la menor producción de China, uno de los mayores importadores del mundo, dijo el miércoles el corredor StoneX.

La temporada verá que la demanda supera la producción por tercer año consecutivo, dijo StoneX, que proyectó un déficit de oferta de 1,9 millones de toneladas, mayor que los 1,8 millones de toneladas que había previsto en noviembre.

"Las heladas en Guangxi, una importante región productora de azúcar en China, y el cambio de los agricultores a otros cultivos considerados más rentables redujeron las perspectivas de producción de azúcar en el país", dijo StoneX en un informe.

La correduría dijo que redujo su estimación para la producción de azúcar de China en 300.000 toneladas a 10 millones de toneladas en 2021/22 (octubre a septiembre), 6,3% menos que la temporada anterior.

La situación, dijo, dará lugar a fuertes importaciones por parte de China durante el año, estimadas entre 4,5 millones y 5,5 millones de toneladas.

La correduría mantuvo sin cambios su opinión sobre la nueva cosecha de caña de azúcar del centro-sur de Brasil en 565 millones de toneladas, con una producción de azúcar de 34,5 millones de toneladas.





# Validación de la metodología ICUMSA "Draft Method N° 3" para determinar la concentración de almidón en jugos de caña de azúcar\*

**B. Silvia Zossi\*\*, Natalia Sorol\*\*, Marcos Sastre\*\* y R. Marcelo Ruiz\*\***

\* Trabajo presentado (con modificaciones) en el V Congreso Virtual Iberoamericano Gestión de Calidad en Laboratorios (junio de 2009, Barcelona, España).

\*\* Sección Química de Productos Agroindustriales, EEAOC. silviazossi@eeaac.org.ar

## Resumen

En la caña de azúcar, el almidón cumple una función de reserva energética, dependiendo su concentración de la variedad y estado de madurez. Este microcomponente ingresa junto con la caña al proceso de fabricación de azúcar, originando problemas durante las distintas etapas de elaboración y en el producto final, cuando se emplea el azúcar como materia prima para la elaboración de otros alimentos. Debido a esto, su cuantificación durante las distintas etapas de fabricación es común en la industria de procesos, a fin de disminuir sus efectos negativos mediante el empleo de la enzima  $\alpha$ -amilasa, cuando su contenido excede los valores normales. En la Sección Química de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, trabajando bajo un sistema de gestión de la calidad de los laboratorios, se busca continuamente actualizar y reemplazar las metodologías vigentes por aquellas que permitan obtener mejores resultados. Por este motivo se validó la aplicación del "Draft Method N° 3" de la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA) para la determinación de almidón en jugos de caña de azúcar, debido a su sencillez, rapidez y bajo costo, comparado con los métodos usados anteriormente en el laboratorio. Se determinaron parámetros para establecer su repetibilidad, reproducibilidad e incertidumbre. Los resultados obtenidos demostraron que esta técnica es aceptable para determinar almidón en jugo de caña de azúcar en concentraciones comprendidas entre 43,75 mg/l y 500 mg/l, con una incertidumbre de  $\pm 6,22\%$ , utilizando un factor de cobertura (K) igual a 2.

Palabras clave: Técnica analítica; Incertidumbre; Almidón; Jugo de caña de azúcar.

## Abstract

Validation of ICUMSA Draft Method No. 3 to determine starch concentration in sugar cane juice

In sugar cane, starch plays a role as energy reservoir and its concentration depends on cane variety and maturity level. This microcomponent interferes with sugar cane manufacturing process, producing problems at different production stages and influencing final products, whenever sugar is used as feedstock for food production. Starch quantification at different



production stages is common in process industry, where  $\alpha$ -amylase enzyme is used to diminish the negative effects arising from an excess in starch contents. The laboratory of Sección Química of Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, working under a certified quality management system, always strives to update and replace methodologies with those which produce better results. Thus the application of ICUMSA Draft Method No. 3 was validated for determining starch in sugar cane juice, on account of its simplicity, quick results and the low costs incurred in its use, as compared with other methods previously used in the lab. Parameters were determined to establish its repeatability, reproducibility and uncertainty degrees. Results showed that this technique is appropriate for determining starch in sugar cane juice at concentrations between 43.75 and 500 mg/l, with an uncertainty of  $\pm 6.22\%$  when a security factor of 2 was used.

Key words: Analytical method; Uncertainty; Starch; Sugar cane juice.

## Introducción

En la caña de azúcar, el almidón está localizado en los nudos del tallo y no en las áreas internodales, por lo que cualquier factor de crecimiento que incremente el número de nudos por tallo aumentará el nivel de almidón en el jugo. Existe también en altas concentraciones en las hojas y ápice de la caña (Clarke, 1996).

La concentración de almidón en caña depende de la variedad y su estado de madurez. Tiene la función de reserva energética, la cual comparte, en forma alternada, con la sacarosa. El almidón pasa al jugo durante el proceso de molienda, presentándose en forma de gránulos esféricos de diámetro comprendido entre 1 y 5  $\mu\text{m}$ , insolubles y fácilmente removibles por filtración, centrifugación y decantación. A pesar de esto, durante la molienda, estos gránulos se dispersan rápidamente en el jugo y son luego gelatinizados por el calor y la cal durante la clarificación (Godshall et al., 1990), razón por la cual su presencia en el jugo de caña de azúcar es indeseable desde el punto de vista del control de calidad.

Dependiendo de la variedad de caña, el contenido de almidón en los jugos puede variar normalmente desde 200 mg/l % Brix hasta 1200 mg/l % Brix (Godshall et al., 2004). En la Tabla 1 se presentan concentraciones de almidón de las variedades comerciales más difundidas de Tucumán (Zossi et al., 2010).

A su vez, como reporta la bibliografía, el almidón junto con las gomas y otros polisacáridos, contribuye a la formación de flóculos en bebidas carbonatadas (van der Poel et al., 1998) y genera problemas operativos en la etapa de filtración del jarabe de azúcar, dándole un aspecto de turbidez u opalescencia que incide negativamente en la calidad y aspecto de las bebidas.

Tabla 1. Valores promedio de almidón en las variedades comerciales de caña de azúcar más difundidas en Tucumán.

Variedad	Concentración de almidón (mg/kg % Bx)
TUC 77-42	2640
LCP 85-384	2128
RA 87-3	2274
CP 65-357	2735



Por estas razones, es importante poder determinar de manera rápida y confiable el contenido de almidón en las diferentes etapas de un proceso, ya que cuando se encuentra en concentraciones mayores a las normales es necesario eliminarlo, empleando la enzima específica para su hidrólisis ( $\alpha$ -amilasa), disminuyendo así los efectos negativos que este polisacárido puede tener.

Recientemente, la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA, 2007) estableció un método "draft" para determinar almidón en productos azucarados, el cual aún no fue estadísticamente validado por lo que no tiene el carácter de "Método ICUMSA", pero está disponible para que los usuarios de estas metodologías realicen estudios más profundos.

Esta técnica se basa en la capacidad del almidón de formar en medio ácido un complejo almidón - yoduro de color azul violeta, en presencia de yodo - yodato, que puede medirse a 570 nm empleando un espectrofotómetro. Debido a su sencillez, rapidez y bajo costo, el Laboratorio de la Sección Química de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) decidió validarla para implementarla en sus determinaciones de almidón en jugos de caña de azúcar.

El objetivo del presente artículo es validar la metodología para cuantificar almidón en jugo de caña de azúcar presentada por ICUMSA y denominada "Draft Method N° 3", calculando parámetros que determinen su repetibilidad, reproducibilidad e incertidumbre para las condiciones del Laboratorio de Investigaciones Azucareras de la Sección Química de la EEAOC.

## **Materiales y métodos**

Para la preparación de las soluciones patrón se usó almidón soluble pro análisis marca Carlo Erba. Luego de determinar su contenido de humedad, se preparó una solución patrón de 1000 mg/l y a partir de ella, por diluciones, las soluciones empleadas en la validación. El agua destilada empleada en la preparación de estas tenía una conductividad menor que 5  $\mu$ S.

Se trabajó con material de vidrio (matraces, pipetas) clase A. Se empleó un espectrofotómetro UV - Visible Hewlett Packard con arreglo de diodos, modelo 8452A, verificado con referencias trazables al National Institute of Standards and Technology (NIST).

En el estudio se consideró de importancia validar los siguientes parámetros (Zossi et al., 2008):

- Linealidad e intervalo operativo. Para determinar la linealidad y el intervalo operativo de este método se prepararon soluciones patrón, por triplicado, de concentraciones comprendidas entre 0 mg/l y 1000 mg/l de almidón, y se graficó luego la absorbancia en función de la concentración. Empleando regresión lineal se obtuvo la ecuación de correlación, y su significancia en el intervalo mencionado fue comprobada mediante el análisis de la varianza y el gráfico de residuos.
- Límite de detección (LD), límite de cuantificación (LQ), precisión en condiciones de repetibilidad y precisión intermedia. En el rango de 0 mg/l a 500 mg/l, empleando soluciones patrón, se determinó precisión en condiciones de repetibilidad, los límites de



detección y cuantificación, error porcentual y límite de confianza. Esto fue realizado por dos analistas, trabajando bajo las mismas condiciones (equipos, soluciones, etc.) durante siete días. Para establecer los límites de detección y cuantificación, en el Laboratorio de la Sección Química se adoptó el criterio de establecer, para el primero, la mínima concentración obtenida en condiciones de repetibilidad, donde el coeficiente de variación porcentual (CV%) fuera menor o igual a 10%, sin tener en cuenta el error porcentual (E%). Para el segundo, se adoptó el criterio de establecer, como límite de cuantificación, la menor concentración obtenida en condiciones de repetibilidad, cuando el CV% y el error porcentual fueran menores o iguales a 10%.

Para evaluar la precisión del método en condiciones de repetibilidad, dos analistas determinaron la concentración de almidón en ocho muestras de jugo de caña, mientras que para la evaluación en condiciones de precisión intermedia, se empleó una muestra de jugo de caña de azúcar fortificado con 50 mg/l, 250 mg/l y 400 mg/l de almidón. Estas muestras fueron analizadas, durante siete días por duplicado, por dos analistas. Se calcularon las recuperaciones promedio obtenidas por ambos analistas referidas al valor teórico, la desviación estándar (DE), CV % y el límite de confianza (LC) al 95%.

- Sesgo evaluado como error porcentual y recuperación. El sesgo del método se determinó en términos del error relativo y de la recuperación del analito (Sánchez Martínez, 2005). El primero se obtuvo en condiciones de repetibilidad para cada solución patrón utilizada en el rango seleccionado, mientras que la recuperación se calculó en base a la evaluación de muestras fortificadas en niveles bajo, medio y alto.
- Incertidumbre relativa expandida. Se empleó una evaluación de tipo A1:

$$U = K * (\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2)^{1/2} \text{ Ecuación 1}$$

Siendo U la incertidumbre expandida; K, un factor de cobertura, considerado en este caso igual a 2;  $\mu_1$  y  $\mu_2$ , la incertidumbre estándar en condiciones de repetibilidad y de precisión intermedia, respectivamente y  $\mu_3$ , la incertidumbre estándar del sesgo en condiciones de repetibilidad, evaluada como el promedio del error porcentual en dicha condición. Estos coeficientes se calcularon como:

$$\mu_1 = (\sum CVI^2/n)^{1/2} \text{ en condiciones de repetibilidad;}$$

$$\mu_2 = (\sum CVI^2/n)^{1/2} \text{ en condiciones de reproducibilidad;}$$

$$\mu_3 = \sum |E\%|/n \text{ en condiciones de repetibilidad.}$$

Donde n es el número de muestras analizadas para cada caso.

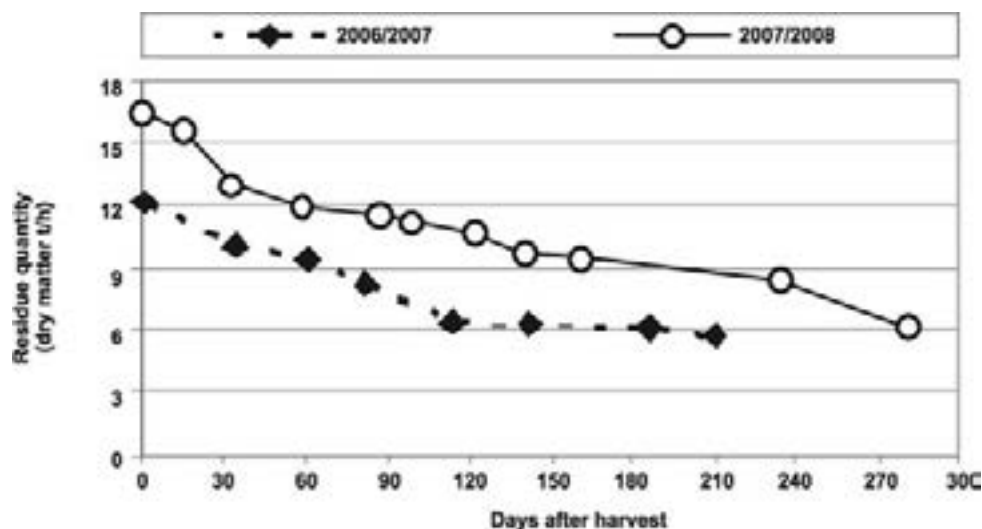
Las herramientas estadísticas utilizadas fueron:

- prueba t de Student para calcular los límites de confianza;
- prueba de Grubbs para la eliminación de datos anómalos;
- ANOVA y prueba F para comprobar la significancia de la regresión.

1Gor, S y M. Ruiz (2006). Curso Validación de técnicas analíticas de ensayos, Universidad Nacional de Tucumán.

## Resultados

En la Figura 1 se muestra la curva de calibración obtenida para el intervalo 0 mg/l - 1000 mg/l y sus límites de confianza.



**Figura 1. Curva de calibración y límites de confianza.**

El coeficiente de correlación obtenido (R<sup>2</sup>) fue igual a 0,9995, pero a pesar de que se había comprobado la linealidad del método mediante el análisis de la varianza y gráfico de residuos hasta una concentración de almidón de 1000 mg/l, solamente se validó el intervalo de concentración de 0 mg/l a 500 mg/l, rango establecido por la bibliografía (ICUMSA, 2007). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2. Puede observarse que las soluciones estándar que cumplen con las condiciones establecidas para los límites de detección y cuantificación corresponden a concentraciones de almidón de 6,25 mg/l y 43,75 mg/l, respectivamente. De esta manera, el límite de detección quedó establecido en 6,25 mg/l y el intervalo de trabajo quedó comprendido entre 43,75 mg/l y 500 mg/l de almidón.

Tabla 2. Valores promedio, desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV%) y límites de confianza (LC) para soluciones patrones de almidón en condición de repetibilidad.

Valor teórico (mg/l)	6,25	12,50	25	37,50	43,75	50	100	250	400	500
Promedio	3,03	8,86	20,46	32,29	41,83	49,70	99,33	250,47	402,10	492,86
DE	0,21	0,12	0,24	0,57	1,16	0,88	1,32	1,48	0,65	3,20
CV%	7,05	1,33	1,18	1,77	2,77	1,77	1,33	0,59	0,16	0,65
E%	51,59	29,14	18,17	13,89	4,38	0,60	0,67	0,19	0,62	1,43
LC	0,12	0,07	0,14	0,33	0,67	0,51	0,76	0,86	0,38	1,85

Nota: no se eliminó ningún valor mediante la prueba de Grubbs.

Los resultados encontrados para los jugos analizados en condiciones de repetibilidad se presentan en la Tabla 3. Se observa que la metodología empleada para la determinación de almidón en jugos de caña presenta condiciones aceptables de precisión en términos de repetibilidad, con coeficientes de variación porcentual comprendidos entre 0,46% y 4,16%, mayor para el jugo de menor concentración.



Tabla 3. Valores promedio, desviación estándar (DE), coeficiente de variación porcentual (CV%) y límites de confianza (LC) de las determinaciones en jugos de caña realizadas en condiciones de repetibilidad.

Jugo N°	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Promedio(mg/l)</b>	89	99	52	73	294	451	147	338
<b>DE</b>	0,78	2,47	2,17	0,66	2,21	16,21	0,84	1,56
<b>CV%</b>	0,88	2,48	4,16	0,90	0,75	3,59	0,57	0,46
<b>LC al 95%</b>	0,72	2,29	2,01	0,61	2,04	15,01	0,78	1,45

Los resultados obtenidos en condiciones de precisión intermedia se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores promedio de porcentaje de almidón recuperado en una muestra de jugo de caña con tres niveles de fortificación, en condiciones de precisión intermedia.

		Jugo + 50 mg/l	Jugo + 250 mg/l	Jugo + 400 mg/l
<b>Analista 1</b>	Día 1	100,0	95,0	99,0
	Día 2	101,0	95,0	99,0
	Día 3	100,0	95,0	98,0
	Día 4	101,0	95,0	100,0
	Día 5	99,0	95,0	98,0
	Día 6	99,0	95,0	99,0
	Día 7	100,0	95,0	99,0
<b>Analista 2</b>	Día 1	95,0	97,0	100,0
	Día 2	94,0	96,0	99,0
	Día 3	95,0	96,0	100,0
	Día 4	97,0	96,0	97,0
	Día 5	95,0	97,0	100,0
	Día 6	97,0	98,0	97,0
	Día 7	96,0	96,0	96,0
<b>Promedio</b>		98,0	96,0	98,0
<b>DE</b>		2,5	0,9	1,3
<b>CV %</b>		2,6	1,0	1,3
<b>LC al 95%</b>		1,5	0,5	0,7

Valores promedio seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey, P= 0,05).

La recuperación promedio obtenida para niveles de fortificación bajos y altos está dentro del rango de aceptación establecido por la Food and Agriculture Organization/ Organización Mundial de la Salud (FAO/ OMS, 2003), que determina que para concentraciones mayores a 1 mg/kg, la recuperación debe estar comprendida entre 70% y 110%.

Puede observarse en la Tabla 2 que para el intervalo de trabajo comprendido entre 43,75 mg/l y 500 mg/l de almidón, el error porcentual (E %) es siempre menor a 10%, lo que indica que el método es confiable en dicho intervalo y presenta un sesgo despreciable en la cuantificación de las diferentes concentraciones.



Para el cálculo de incertidumbre, de las Tablas 3 y 4 se obtuvieron  $\mu_1 = 2,21$  y  $\mu_2 = 1,76$ , y de la Tabla 2,  $\mu_3 = 1,30$ . De esta manera, la incertidumbre expandida del método calculada mediante la Ecuación 1 resultó igual a  $\pm 6,22\%$  para el intervalo de trabajo comprendido entre 43,75 y 500 mg almidón/l jugo.

## Conclusiones

Las cualidades a destacar del método desarrollado por Vasantdada Sugar Institute y difundido por ICUMSA en 2007 como "Draft Method N° 3", son su simpleza analítica, reducido tiempo de ejecución y bajos requerimientos de reactivos químicos. El no precipitar el almidón con alcohol ni emplear cloruro de calcio, tal como lo requieren las técnicas empleadas hasta ahora en el Laboratorio de la Sección Química de la EEAOC (COPERSUCAR, 2004; Godshall et al., 2004), representa claramente una ventaja económica.

Su incertidumbre relativa expandida fue igual a  $\pm 6,22\%$  (utilizando un factor de cobertura  $K=2$ ) para un intervalo de trabajo comprendido entre 43,75 mg/l y 500 mg/l de almidón en jugos de caña de azúcar.

En base a los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros determinados, se puede afirmar que estos cumplen con las condiciones establecidas por el Laboratorio de la Sección Química de la EEAOC para la validación de un método analítico.

\*\*\*\*\*

# Propuesta del mes

## El Potencial de la Industria del Etanol en México

(Parte I)

Autor: Mauro Nogarin

Fuente: Sugar Journal, vol 83, no. 10-11, marzo-abril de 2021.

Colaboración: Dr., profesor Oscar Almazán del Olmo.





# El Potencial de la Industria del Etanol en México

BY MAURO NOGARIN

*La mezcla 10% de etanol con gasolina resolvería varios problemas en la industria de hidrocarburos en México, principalmente compensaría la continua disminución de la producción de petróleo, una reducción del 11% en el precio de la gasolina para el consumidor final, creando nuevas fuentes de empleo en las zonas rurales. Sin embargo, los ingenios azucareros para invertir en su infraestructura necesitan la aprobación de la nueva ley de biocombustibles promovida por el presidente Andrés Manuel López Obrador.*

Según el último informe técnico de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) sobre la producción nacional de caña de azúcar en la cosecha 2019/2020, la superficie cosechada de caña para azúcar a nivel nacional fue de 783,486 hectáreas, de las cuales 49,274,468 toneladas de caña cruda se industrializaron, obteniendo 5,278,230 toneladas de azúcar (Cuadro 1). Si estos datos se comparan con la cosecha del año anterior, la producción de azúcar

cayó un 18%, sin embargo, esta reducción se compensó gracias al incremento del precio.

Aunque esta reducción se debe parcialmente a factores climáticos, el informe de sostenibilidad indica que el 48% de los 54 ingenios azucareros que operaron en la cosecha 2019-2020 tuvieron baja rentabilidad, donde los recursos naturales y físicos disponibles no fueron gestionados y administrados eficientemente. Pues, el 42% de los molinos presentan sostenibilidad media y sólo el 10% tiene una infraestructura adecuada para producir etanol.

La proyección de producción de caña de azúcar para 2030, según la nueva estimación calculada por SAGARPA, muestra que México tendría la capacidad de aumentar de 56.8 a 83.5 millones de toneladas, logrando así un crecimiento del 46.8%. Suponiendo que el jugo de caña de azúcar sea el insumo dominante, alcanzando una mezcla de etanol en todo México del 10%, el número actual de empleos

en la industria se duplicaría y se crearían alrededor de 400 mil nuevos puestos de trabajo, mientras que el área de cultivo de caña de azúcar requeriría alrededor de 800 mil hectáreas adicionales, más del doble de la superficie actual.

Desde el punto de vista jurídico, en los últimos años en México se han creado leyes y programas gubernamentales para promover el desarrollo de biocombustibles, sin embargo, las condiciones para aplicarlos no siempre fueron lo suficientemente claras para promover un plan de inversión en la industria del etanol en todo el país. Recientemente, la Asociación Mexicana para la Movilidad Sostenible (AMMS) ha revelado que alrededor del 85% de la flota de vehículos es compatible con el uso del 10% de etanol como oxigenador en gasolina y prácticamente el 100% de los automóviles que circulan por el país pueden utilizar este componente al 5.8%, como lo permite actualmente la norma.

Cuadro 1. Superficie Total y Producción de Caña y Azúcar en México Durante el Periodo 2017 a 2020.

Año	Producción de Cana (t)	Superficie (ha)	Producción de Azúcar (t)
2017/2018	53,335,717	784,661	6,009,520
2018/2019	57,036,700	804,060	6,425,919
2019/2020	49,274,468	783,486	5,278,230

Source / Fuente: SAGARPA

Cuadro 2. Importación de Etanol Desde los EE. UU. (millones de litros)

Año	2016	2017	2018	2019
Cantidad	99,5	101,8	106,3	115,5

Source / Fuente: LMC International

CONT. PG. 11 ►



**Confeccionado por:**  
Grupo de Información Científica - ICIDCA

**Compilación, edición y composición:**  
Hermys Rojas Núñez

**Diseño:**  
Yamil Díaz Pérez

**Colaboradores:**  
Oscar Almazán del Olmo  
Leslie García Marty

