

Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

JULIO · SEPTIEMBRE

2018

www.atagua.org



Sumitomo Drive Technol

Parque Industrial Unisur, 0 Calle B 19-50 Zona 3, Bodega D - 1, Delta Bárcenas en Villa

Tel. (502) 6648 - 0500



*Expertos en el Sector
Azucarero*



**PARAMAX[®]
9000**



Estudio exploratorio del efecto de la programación de riego basado en el balance hídrico sobre el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en tres localidades, Ingenio Santa Ana.

Evaluación Comparativa entre Xilitol y Sorbitol, como alternativas

Actividades

JUNTA DIRECTIVA

Lic. Luis Carlos Arroyo Ingenio Santa Ana	Presidente
Lic. Danilo Maldonado Ingenio Pantaleón	Vicepresidente
Ing. Christian Rodríguez Ingenio Trinidad	Vicepresidente II
Ing. Luis Guzmán Ingenio La Unión	Vicepresidente III
Ing. Sergio López Ingenio Madre Tierra	Tesorero
Ing. Joel Morales Ingenio Magdalena	Secretario
Ing. Fernando Barneond Ingenio Pantaleón	Vocal I
Dr. Gerardo Espinoza Cengicaña	Vocal II
Ing. Guillermo González Ingenio La Unión	Vocal III
Ing. Francisco Paz Ingenio Pantaleón	Vocal IV
Licda. Lourdes Castilla ICC	Vocal V

Estimados lectores:

Nuevamente nos preparamos para afrontar una nueva zafra, nos espera un nuevo reto, nos sentimos entusiasmados de poder formar parte de esta gran familia azucarera y principalmente en ayudar al desarrollo sostenible de nuestra sociedad. Tenemos una gran emoción por ver a cientos de guatemaltecos que tienen la oportunidad de poder colaborar y formar parte de la historia de la agroindustria y como Asociación nos brinda la oportunidad de servir en este enorme reto.

En esta edición queremos presentar dos estudios de mucha importancia a nuestros lectores, como lo es: *Evaluación comparativa entre xilitol y sorbitol, como alternativas para la diversificación de la industria azucarera*, esto es un proyecto dirigido para profesionales de fábrica, y para la parte de campo mostramos el proyecto: *Estudio exploratorio del efecto de la programación de riego basado en el balance hídrico sobre el rendimiento de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) en tres localidades, Ingenio Santa Ana*. También podrán encontrar mucha más información de su interés relacionada con las actividades realizadas por la Asociación.

La Junta Directiva de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala en colaboración con el personal administrativo, seguimos trabajando para fortalecer, integrar y promover el desarrollo de nuevas tecnologías y los vínculos sociales que permitan a nuestros asociados el bienestar y mejor desempeño en sus funciones dentro de su estructura organizacional. Por esta razón y como parte de nuestro programa de actividades se llevó a cabo el IV Seminario Agrícola titulado "Transformando la Agroindustria Azucarera" donde se abordaron temas relevantes como el recurso hídrico y lo último en tecnología remota y de precisión para la reducción de costos, entre otros temas. Y también tuvimos la oportunidad de realizar el II Seminario de fábrica "Avances Tecnológicos en la Producción de Azúcar y sus Derivados", donde se tuvo la oportunidad de compartir experiencias con el Dr. Peter Rein, el Dr. Rodolfo Espinosa, el Dr. Otto Castro y profesionales que nos honraron con sus valiosas exposiciones.

Agradecemos grandemente la confianza y apoyo de nuestros asociados y gremio en general por la participación en nuestras actividades, a pesar de estos momentos difíciles para el sector azucarero, pero estamos convencidos que con mucho esfuerzo y dedicación vamos a seguir creciendo y cosechando frutos en abundancia.

Bendiciones para todos.



Km. 92.5 Carretera al Pacífico
Sta. Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla · Guatemala

(502) 5517-3878 · (502) 5436-3490

adminatagua@cengican.org
secretatagua@cengican.org

Nuestra portada:

Fotografía ganadora

del segundo lugar:

"Hermoso Cirus al

Amanecer, Río Icán"

Autora: Lic. Lourdes Castilla,

Instituto Privado de Investigación

sobre Cambio Climático

Estudio exploratorio del efecto de la programación de riego basado en el balance hídrico sobre el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en tres localidades, Ingenio Santa Ana.

Ing. Edgardo Quiñónez
INGENIO SANTA ANA
edgardoquinionez@gmail.com

Palabras
Clave



- Riego en caña de azúcar.
- Balance hídrico.
- Ecuación de Penman-Monteith.
- Aporte capilar.

INTRODUCCIÓN

El riego es una de las labores más costosas en la producción de caña de azúcar, cada hectárea representa un costo medio de \$ 50.00 por evento de riego (Donis, 2004). La crisis que atraviesa la agroindustria por el precio del azúcar, los altos costos de producción, y los crecientes problemas sociales, ambientales y políticos que conlleva la reducción en la disponibilidad del agua obligan a ser más eficientes en el uso este recurso.

Para la zafra 2015/2016 el Ingenio Santa Ana contaba con 94.24% del área productiva con riego, del cual 59.34% era ocupado por el sistema de riego por aspersión tipo cañón. Este sistema es considerado uno de los más eficientes en el uso del agua, junto con los sistemas de riego mecanizado y goteo, sin embargo, utiliza mayor cantidad de energía, lo que implica un aumento en los costos de operación, aspecto que nunca hay que perder de vista.

Para el funcionamiento eficiente de cualquier sistema de riego es necesario considerar todos los factores que influyen en la disponibilidad del agua en el suelo, sin embargo, dentro de las fincas es común encontrar programaciones

RESUMEN

La evaluación se realizó en tres fincas del Ingenio Santa Ana, situadas a 164, 28 y 19 metros sobre el nivel del mar, con suelos de textura franco-arenosa, en las primeras dos localidades y franco para la tercera. Para estimar la humedad del suelo se usó el balance hídrico, cuantificando la lluvia precipitada, el riego, el aporte capilar y la evapotranspiración según la etapa fenológica del cultivo usando para ello el modelo propuesto por Penman-Monteith, con ello mantener la humedad del suelo entre los valores de capacidad de campo (CC) y déficit permitido de manejo (DPM), variando la frecuencia y tiempo de riego. Para la programación convencional se fijó una frecuencia de 15 días, con tiempo de riego de 2 horas. Con el uso del balance hídrico en la primera localidad se observó un aumento en la producción de 3.43 Toneladas de caña por hectárea (TCH) y 3.91 Toneladas de azúcar por hectárea (TAH), manteniendo el mismo número de riegos que la programación convencional, con 7 eventos, variando únicamente la frecuencia de riego. En la segunda localidad el aumento de producción fue de 25.87 TCH y 4.83 TAH, pasando de 8 eventos de riego, con programación convencional, a 11 por ciclo en el tratamiento con riego basado en el balance hídrico. En ambas localidades no hubo registro de aporte capilar. En la tercera localidad el nivel freático fluctuó entre 0.42 y 1.77 metros de profundidad, utilizado para estimar el aporte capilar de agua al suelo; bajo el criterio de programación basado en el balance hídrico se realizaron 5 eventos de riego, inferior a los 8 riegos realizados con la programación convencional, lo que se tradujo en una reducción en la producción de 15.78 TCH y 1.26 TAH. Basado en los resultados obtenidos se concluye que, al conocer las características físicas del suelo, cuantificar todas las entradas y salidas de agua del sistema, y el desarrollo fenológico de la caña, el balance hídrico se vuelve una herramienta imprescindible para la programación y planificación del riego.

¹Edgardo Quiñónez; ²Otto Castro; ²Héctor Monterroso
¹Ingenio Santa Ana, edgardoquinionez@gmail.com, ²CENGICAÑA

de riego con tiempos y frecuencias fijas, dejando a un lado los criterios técnicos basados en la textura del suelo, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, evapotranspiración, aporte capilar, entre otros. Esto deja una ventana para la implementación y desarrollo de tecnologías que unan todas las variables que afectan la dinámica del agua en el suelo, una de estas tecnologías es el balance hídrico.

El balance hídrico se asemeja a un libro de contabilidad, permite comparar las ganancias y las pérdidas de humedad en el suelo. Al conocer las entradas y salidas de agua del sistema se estima la cantidad de agua presente. Ocurren ganancias de humedad después de un evento de lluvia, riego, a través del aporte capilar, escorrentías, y flujos subsuperficiales desde área cercanas.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en tres fincas del Ingenio Santa Ana, del departamento de Escuintla, Guatemala, situadas a 164, 28, y 19 metros sobre el nivel del mar, con suelos de textura franco-arenosa, para las primeras dos localidades y franco para la tercera. Los lotes seleccionados cumplieron con tres criterios de selección establecidos: 1) *Caña plantía*, 2) *Sistema de riego por aspersión tipo cañón*, 3) *representatividad de los estratos litoral (0-40 m.s.n.m.) y medio (100-300 m.s.n.m.)*.

El primer tratamiento es el testigo comercial, cuya frecuencia y tiempo de riego es fijo, de 15 días y 2 horas, respectivamente. El segundo tratamiento se estableció con frecuencia y tiempo de riego variable, cuya programación está basada en el balance hídrico.

El aspersor usado para los dos tratamientos fue de Marca Komet Twin 101 Plus con un ángulo de trayectoria de 24° a una presión media de 50 psi, proveyendo una intensidad de riego de 20.44 mm/hora con marco de riego de 45x45 metros obteniendo un traslape de 88.9 % entre aspersores.

Se realizaron muestreos en cada localidad para determinar las características físicas del suelo como: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y textura necesarias para el diseño agronómico.

En cambio, ocurren pérdidas de humedad a través de la transpiración en las plantas, la evaporación de agua en la superficie del suelo y la percolación (Torres, 1995). Conociendo las entradas y salidas de agua se determina la frecuencia y tipo de riego, proveyéndole a la planta la cantidad justa de agua en el momento oportuno, optimizando así el uso del recurso hídrico (Castro & Monterroso, 2012).

Cuadro 1

Características técnicas de aspersión.

Aspesor	Komet Twin 101 Plus
Boquilla	24 mm
Presión de Operación (psi)	50
Descarga de aspersor (l/s)	11.5
Radiop de mojado (m)	40
Marco de Riego (m)	45 x 45
Intensidad de Riego (mm/hora)	20.44
Tralape entre aspersores	88.9%

Se realizaron tres riegos de germinación para garantizar la uniformidad en la población, tomando de base los criterios de frecuencia y tiempo de riego del tratamiento 1.

En cada unidad experimental se instalaron sondas de capacitancia tipo FDR (*Frequency Domain Reflectometry*) para monitorear el contenido de humedad semanalmente, usándolo de comparativo con la estimación realizada por el balance hídrico. Para cuantificar la lámina de riego aplicada y el coeficiente de uniformidad se realizaron pruebas de calidad de riego en cada unidad experimental, usando para el efecto el modelo propuesto por Christiansen (1942). Para monitorear el nivel freático fue necesaria la instalación de tubos piezométricos, distribuyendo 3 piezómetros a lo largo de cada unidad experimental.

La información requerida para alimentar la base de datos del balance hídrico fue recopilada de distintas fuentes. La precipitación se obtuvo de las lecturas diarias de lluvia de la red de pluviómetros del Ingenio Santa Ana, la influencia de cada pluviómetro se determinó a través de los polígonos de Thiessen. La evapotranspiración diaria se estimó basada en los parámetros meteorológicos proporcionados por la red meteorológica del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático -ICC-, por medio de la ecuación de Penman-Monteith modificado por la FAO y el coeficiente del cultivo según su etapa fenológica. El aporte de agua por capilaridad fue estimada a través de las mediciones piezométricos con criterios discretos basados en la profundidad de la capa freática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables respuesta evaluadas fueron: producción de caña y producción de azúcar, ambas expresadas en toneladas por hectárea. Cada localidad reflejó los efectos de ambas programaciones sobre la caña de azúcar, según las características edáficas del área, y las condiciones climáticas de la región.

Cuadro 2

Características edáficas y climáticas de las localidades evaluadas.

Localidad	Finca	Pante	Fecha de Siembra	Fecha de corte	Edad de corte (Días)	Textura de suelo	Altitud (m s.n.m.)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad de viento (km/h)
1	Agrícola del Sur	521	24/12/2015	20/11/2016	333	Franco arenoso	164.4	2,582.97	27.01	54.15 - 97.55	3.39
2	La Prosperidad	14	24/12/2015	19/11/2016	331	Franco arenoso	28.57	1,459.81	27.48	51.80 - 98.70	4.85
3	California	221A	27/12/2015	03/12/2016	342	Franco	19.12	1,930.78	27.82	61.47 - 99.62	4.77

En la primera localidad, ubicada en la finca Agrícola del Sur, se observó que, con la misma cantidad de riegos, siete, se obtuvo mayor producción de caña, 3.42 TCH, al basar las decisiones de riego en un balance hídrico; en la producción de azúcar pasa de 18.26 a 22.17 TAH, 3.91 TAH más que en el testigo comercial.

Durante el ciclo se cuantificaron 31 días de déficit hídrico en el tratamiento 1, días donde la cantidad de agua en el suelo esta bajo el déficit permitido de manejo -DPM-, consumiendo en riego un total de 477.36 mm de agua. En el tratamiento 2, los días de déficit hídrico se redujeron a 17 días, con un consumo de 466.79 mm. Se observó que aun manteniendo el mismo número de riegos y consumiendo la misma cantidad de agua es posible obtener una mayor productividad, variando las frecuencias de riego según fuese el requerimiento hídrico de la planta.

En la *figura 1* se observa como en el tratamiento 2, tratamiento con balance hídrico, la lámina de agua se mantiene entre la capacidad de campo

y déficit permitido de manejo manteniendo al cultivo en condiciones óptimas de crecimiento y desarrollo. La variación de la frecuencia de riego incurrió a un costo adicional de labor, pasando de US\$ 223.99, en el tratamiento 1, a US\$ 394.32, en el tratamiento 2. El costo adicional de la labor fue recuperado y los ingresos generaron una utilidad de US\$ 1,119.36 sobre las utilidades obtenidas en el tratamiento 1.

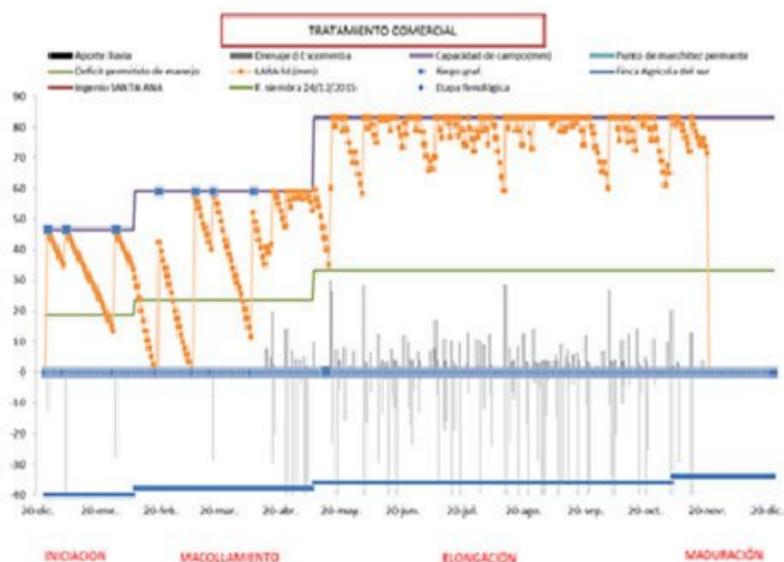
En la segunda localidad ubicada en finca La Prosperidad se observó un aumento en la producción de caña de 25.87 TCH, pasando de 97.49 TCH en el tratamiento 1 a 123.36 TCH en el tratamiento 2; el aumento en la producción de azúcar fue de 4.83 TAH, pasando de 12.98 a 17.81 TAH.

Esta localidad presenta suelos franco-arenosos, altitud media de 28.57 m s.n.m., una precipitación media anual de 1,459.81 mm, temperatura media de 27.48 °C, humedad relativa de 51.89 a 98.7 %, y una velocidad media

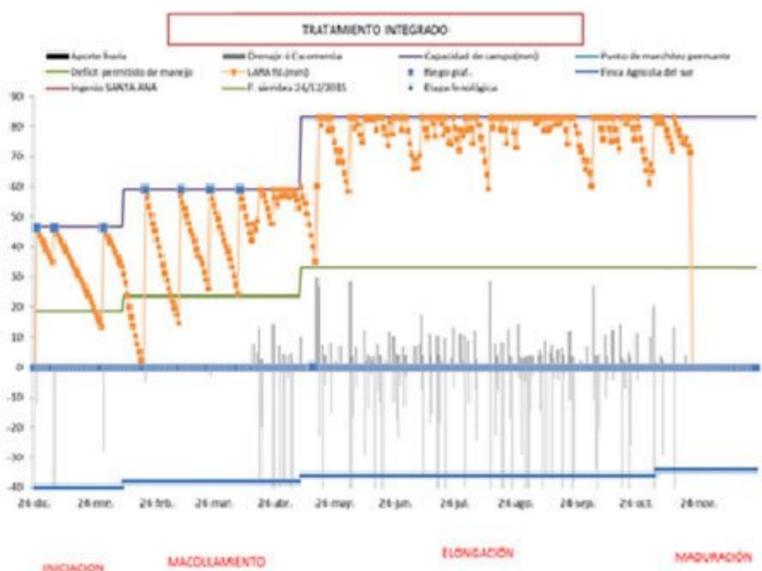
de 4.85 km/h. Bajo las condiciones descritas al tratamiento 1 se le aplicó 8 riego, con un consumo de 314.41 mm de agua, pasando 87 días con déficit hídrico. al tratamiento 2 se le aplicó 11 riegos, consumiendo un total de 497.82 mm de agua, pasando 27 días de déficit, observable en la figura 2. Esto implicó un aumento de US\$ 131.20 por hectárea en el costo de la labor, pasando de US\$ 349.30, en el tratamiento 1, a US\$ 480.50, en el tratamiento 2. A pesar del aumento en el costo de la labor, se generó una utilidad de US\$ 1,134.18 por hectárea, sobre las utilidades obtenidas en el tratamiento 1.

Figura 1

Balance Hídrico histórico, número de riegos, días de déficit, consumo de agua, y tiempo de riego promedio de los tratamientos 1, y 2, de la primera localidad evaluada.



Testigo Comercial · 7 Riegos:
31 días de déficit,
Consumo de agua 477.36 mm,
Tiempo de riego promedio: 2.15 horas.

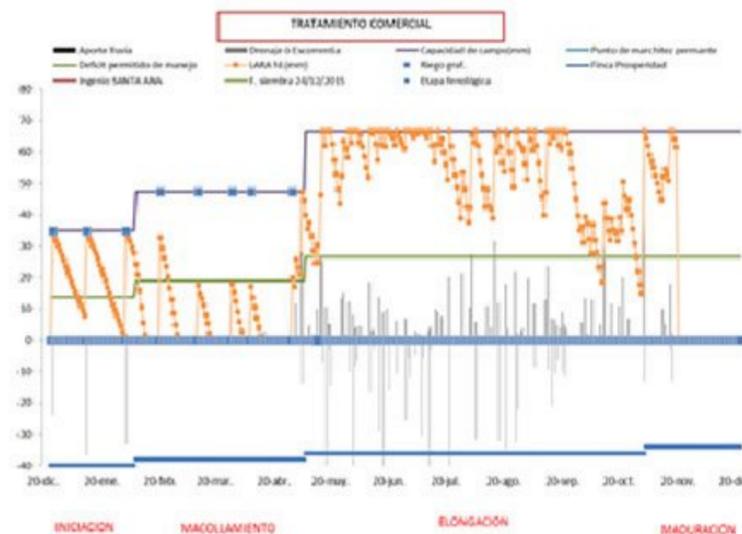


Tratamiento con Balance Hídrico · 7 Riegos:
17 días de déficit,
Consumo de agua: 466.79 mm,
Tiempo de riego promedio: 2.06 horas.

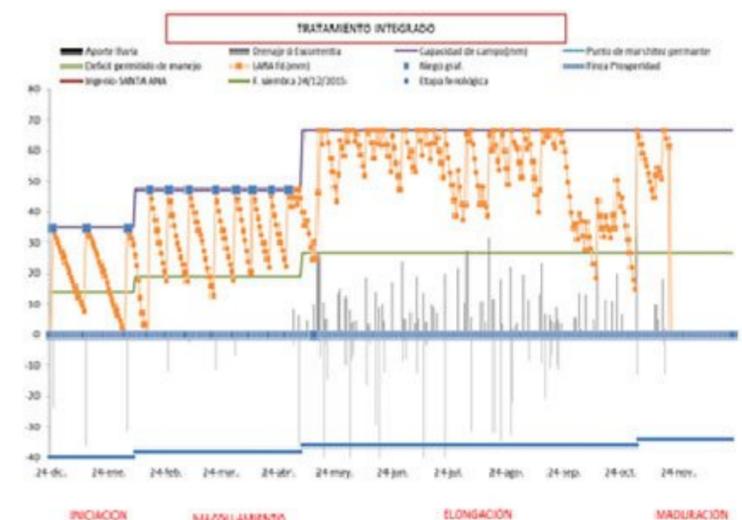
Durante el desarrollo de la investigación se registraron velocidades de viento de hasta 40 km/h durante la época seca, generando un mayor consumo de agua por parte de la planta; conociendo las pérdidas diarias de agua se acomodaron las frecuencias de riego del tratamiento 2, para mantener la humedad del suelo entre la capacidad de campo y el déficit permitido de manejo, llegando a tener una frecuencia de 8, lo que aumentó el número de riegos aplicados y el consumo de agua. Al tomar en cuenta las características de suelo, el cultivo y la atmosfera fue posible adaptar la programación a los requerimientos de la planta, reflejándose en un aumento en la producción, lo que finalmente representó un aumento en la utilidad obtenida.

Figura 2

Balance Hídrico histórico, número de riegos, días de déficit, consumo de agua, y tiempo de riego promedio de los tratamientos 1, y 2, de la segunda localidad evaluada.



Testigo Comercial · 8 Riegos:
87 días de déficit,
Consumo de agua: 314.41 mm,
Tiempo de riego promedio: 2.2 horas.



Tratamiento con Balance Hídrico · 11 Riegos:
27 días de déficit,
Consumo de agua: 497.82 mm,
Tiempo de riego promedio: 1.63 horas.

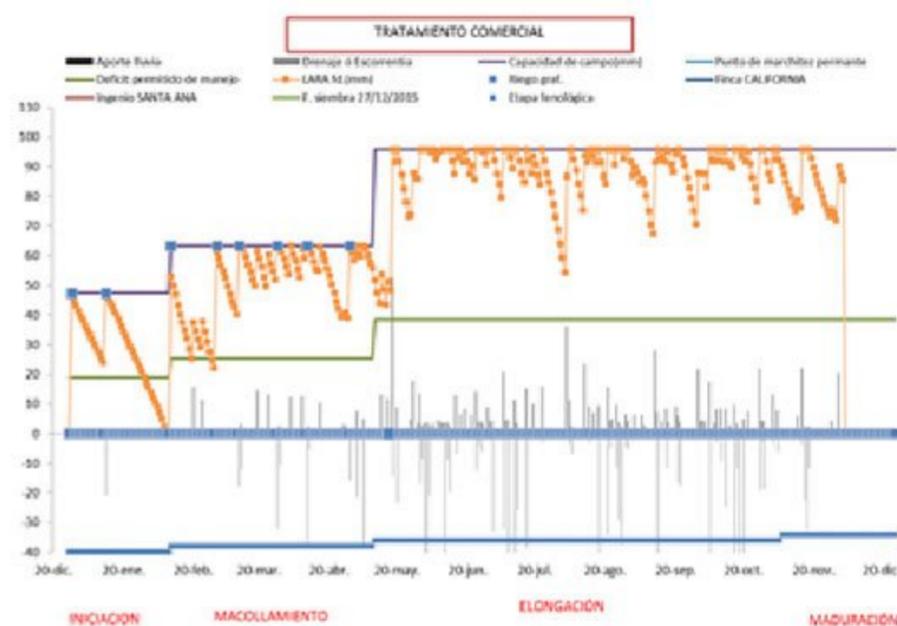


La tercera localidad se ubicó en la finca California, una de las características sobresalientes de la localidad fue la fluctuación de la capa freática entre 40 y 180 cm de profundidad. Bajo las condiciones climáticas, edáficas y de manejo de riego en el lote se obtuvo una mayor producción en el tratamiento 1, con 167.14 TCH, 15.78 más que el tratamiento 2, con una producción de 151.36 TCH. La producción de azúcar en el tratamiento 1 fue de 17.80 TAH superando al tratamiento 2, con una producción de 16.54 TAH, en 1.26 TAH. El tratamiento 1 contó con 8 eventos de riego durante su ciclo, con 14 días de déficit y un consumo de 368.43 mm de agua; en cambio, el tratamiento 2 se le aplicó 5 riegos, presentando déficit hídrico durante 19 días, y un consumo de 250.34 mm de agua tal como se observa en la figura 3. Los costos de riego en el tratamiento 1 fueron de US\$ 586.82, mientras que el tratamiento 2 tuvo costo US\$ 426.16 por hectárea. Bajo los criterios descritos el tratamiento 1 generó una utilidad de US\$ 150.77 por hectárea sobre las utilidades obtenidas con el tratamiento 2.

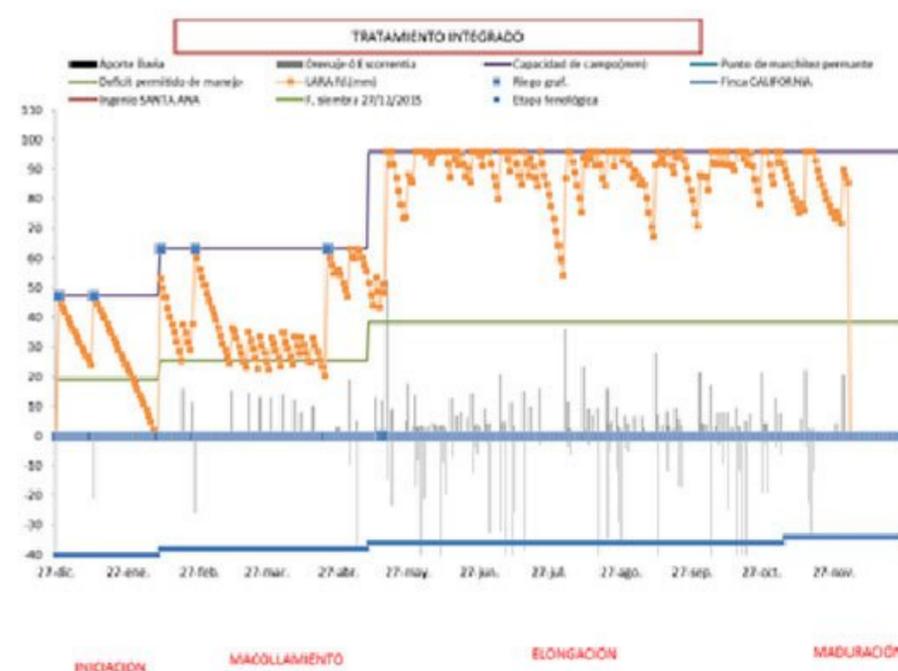
Observando los resultados obtenidos en la finca California es fácil deducir que la implementación del tratamiento 2, con decisiones de riego basadas en un balance hídrico, no es rentable; sin embargo, al analizar y comparar los resultados obtenidos de las lecturas realizadas con las sondas FDR y la base de datos recopilada del balance hídrico se pudo constatar que hubo una sobreestimación del aporte capilar, lo que generó a su vez una sobreestimación en la humedad en el suelo, permitiendo que se tomaran decisiones de riego basados en la idea de que el suelo presentaba un mayor contenido de humedad.

En la figura 3 se presenta el comparativo entre la humedad estimada por la sonda FDR y el balance hídrico del tratamiento 2, de la tercera localidad ubicada en finca California, durante el 13 de febrero de 2016 al 27 de agosto del mismo año, determinándose que existió una variación media de 8.98 mm de agua en cada medición,

Figura 3 Balance Hídrico histórico, número de riegos, días de déficit, consumo de agua, y tiempo de riego promedio de los tratamientos 1, y 2, de la tercera localidad evaluada.



▲ **Testigo Comercial · 8 Riegos:**
14 días de déficit,
Consumo de agua: 368.43 mm,
Tiempo de riego promedio: 2.25 horas.



▲ **Tratamiento con Balance Hídrico · 5 Riegos:**
19 días de déficit,
Consumo de agua: 250.34 mm,
Tiempo de riego promedio: 2.22 horas.

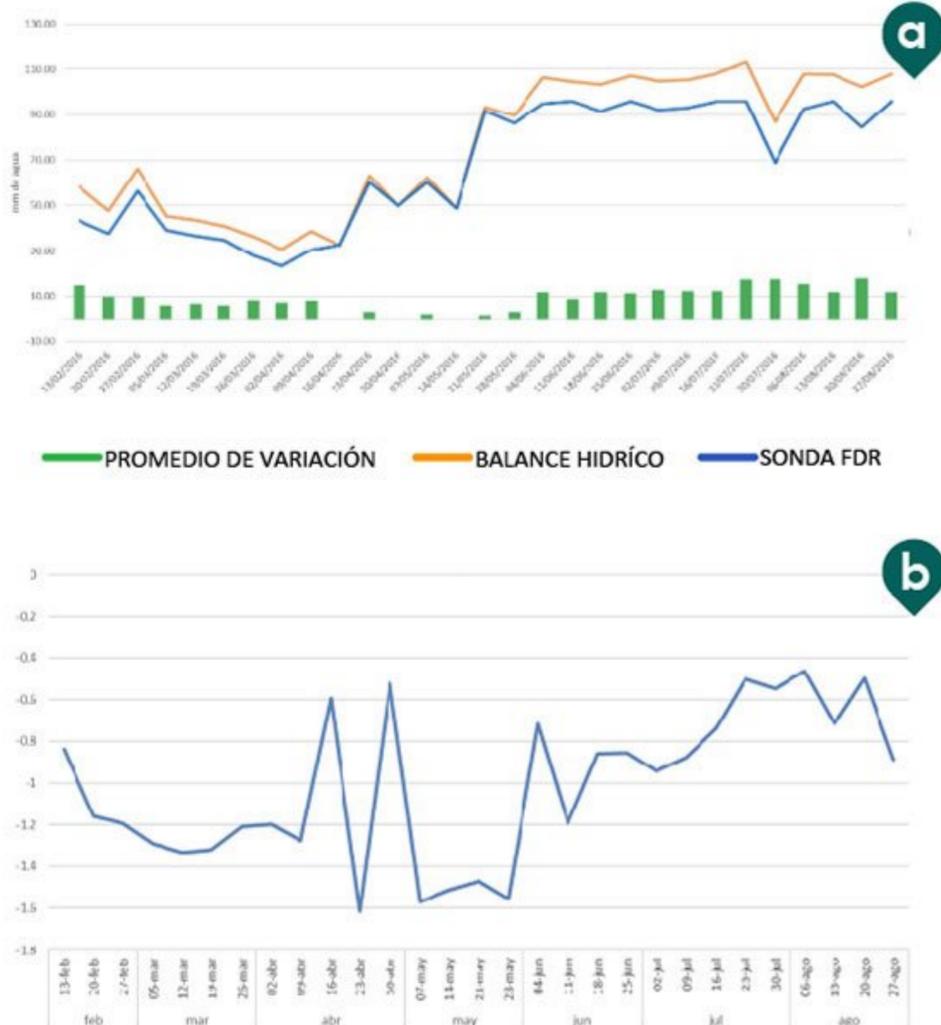


Figura 4 a): Comparativo entre la estimación de humedad registrada por las sondas FDR (azul) y el balance hídrico (naranja).
b): Profundidad de capa freática en metros, del tratamiento 2, de la localidad 3, ubicada en la finca California.

estas variaciones fueron reduciendo mientras la capa freática fue bajando de nivel, entre los meses de abril y mayo.

Con los resultados obtenidos en la tercera localidad, se plantea la necesidad e importancia de generar modelos para la estimación del aporte capilar basado la profundidad de la capa freática específicos de cada textura de suelo y estrato de la franja cañera guatemalteca.

Basado en la investigación se concluye que el balance hídrico es una herramienta imprescindible para la programación y planificación del riego en la franja cañera; es necesario considerar que esta herramienta prescinde de modelos matemáticos para estimar y proyectar la humedad del suelo, tomando en cuenta características edáficas, meteorológicas y fenológicas del cultivo. Por ello es importante considerar la precisión de los equipos y métodos de medición para estimar cada una de estas variables.

CONCLUSIONES

El Balance hídrico posibilita variar la frecuencia de riego para propiciarle al cultivo las condiciones idóneas de crecimiento y desarrollo, al mantener el contenido de humedad entre la capacidad de campo y déficit permitido de manejo; bajo las condiciones de la finca Agrícola del Sur se obtuvo un aumento en la producción de 3.42 TCH y 3.91 TAH al basar las decisiones de riego en el balance hídrico manteniendo el mismo número de riegos y consumo de agua, generando una utilidad de US\$ 1,119.36 sobre las utilidades obtenidas con el criterio de decisión de riego actual.

Al conocer las características físicas del suelo, cuantificar las entradas y salidas de agua del sistema, y el desarrollo fenológico de la caña, el balance hídrico se vuelve una herramienta imprescindible para la programación y planificación del riego. En las condiciones de la finca La Prosperidad, al tomar en cuenta todas las variables que influyen en el contenido de humedad del suelo, fue posible producir 25.87 TCH más con la programación basada en el balance hídrico que con el testigo comercial. Lo que genera una utilidad de US\$ 1,134.18 por hectárea sobre las utilidades obtenidas en el tratamiento 1.

Tomando en cuenta la información requerida para alimentar el balance hídrico esta herramienta se vuelve un aliado para la programación y planificación del riego. La precisión de la herramienta baja cuando se trata de suelos con aporte capilar.

RECOMENDACIONES

- Basado en los resultados de la evaluación se reconoce el balance hídrico como una herramienta imprescindible para la programación del riego en fincas del estrato alto y medio, fincas sin registro histórico de aporte capilar.
- Es necesario centrar la atención en la elaboración de modelos que predigan el aporte capilar de humedad en el suelo basado en la profundidad a la que se encuentra la capa freática y la textura del suelo.



Trabajos Citados

Castro, O., & Monterroso, H. (2012). *Procesos para la planificación del uso de la tecnología del riego en las condiciones de la zona cañera de Guatemala*. Escuintla: CENGICAÑA.

Donis, V. E. (2004). *Análisis técnico-económico de un sistema de riego por pivote central y un módulo de riego por aspersión móvil en el cultivo de caña de azúcar, en el Ingenio La Union, Escuintla, Guatemala*. Escuintla: USAC.

Torres, J. (1995). *El riego en el cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali: CENICAÑA.

Evaluación Comparativa entre Xilitol y Sorbitol, como alternativas para la diversificación de la Industria Azucarera

Fernando Rosales
Recuperación de Sacarosa
CENGICAÑA

Palabras
Clave



- Azúcar
- Coproductos
- Edulcorantes Naturales
- Prefactibilidad
- Sorbitol
- Xilitol
- Acalóricos

R E S U M E N

Debido a la reciente aparición de tendencias hacia la ingestión controlada de carbohidratos, a los efectos adversos que ocasiona a la salud el impulsivo consumo de azúcar y a las fluctuaciones en los precios a nivel mundial, la industria azucarera está buscando diversificar su oferta de productos entregados al mercado local e internacional. Lograr el desarrollo comercial de otros edulcorantes le permitirá a los ingenios mantenerse económicamente rentables y seguir siendo competitivos especialmente en el ámbito internacional. La cantidad de posibles edulcorantes a fabricar es amplia y diversa. CENGICAÑA ha empezado a focalizar sus esfuerzos en estudios sobre edulcorantes naturales de bajo contenido calórico. Esta evaluación es un comparativo entre el xilitol y el sorbitol, el cual proporciona evidencias técnicas que apoyarán una producción viable a mediano plazo.

ANTECEDENTES

Para estar preparadas ante los constantes cambios a los que están sometidas las industrias productoras de edulcorantes, la industria azucarera mundial, inició su diversificación desarrollando productos que les abre mercados no limitados a los tres bienes de valor agregado más conocidos (*azúcar, alcohol y energía eléctrica*).

Los ingenios pueden convertirse en biorefinerías capaces de fabricar varios productos al mismo tiempo, a partir de una misma materia prima, en procesos completamente independientes o con la adición de algunas operaciones y tecnologías a las ya existentes. Esta es la tendencia hacia la cual se debería direccionar la industria azucarera guatemalteca tomando como ejemplo a otros países en donde ya ha sido implementada con éxito.

Distintos autores han desarrollado estudios que tratan sobre la amplia gama de coproductos que pueden derivarse de la fabricación de azúcar y su importancia en la industria.

En la investigación de IAR (2014) se encuentran descritas las 52 moléculas de mayor importancia para el futuro, dentro de las cuales están mencionados el xilitol y sorbitol. En el año 2016 los doctores Guerra y Ferraté realizaron un trabajo en el que se analizan los coproductos con mayor potencial de impulsión en Guatemala, proponen una lista de 12, donde nuevamente aparecen el xilitol y sorbitol.

Ambos compuestos son considerados edulcorantes o sustitutos del azúcar por las características similares que tienen. Estos han venido ganando mercado en la industria alimentaria recientemente por los beneficios que posee sobre el azúcar, al ser de carácter saludable por el menor contenido calórico.

Endulcorantes

Son sustancias que se pueden utilizar en sustitución del azúcar por las propiedades similares que poseen, como "poder edulcorante, el sabor percibido de inmediato, capacidad de degradarse rápidamente, de preferencia termoestables y contenido calórico" (Alonso, 2010).

Debido a que algunos tienen una dulzura varias veces mayor que la sacarosa, se requiere menor cantidad de edulcorante para alcanzar el mismo sabor pero con un menor aporte de energía. La sensación de dulzura causada por estos componentes es a veces diferente al azúcar común, de manera que frecuentemente éstos son usados con mezclas complejas que alcanzan una sensación de dulzura más apegada a lo natural. En el mismo artículo de Alonso (2010) se detalla una clasificación de edulcorantes dependiendo de su "origen químico o natural y al contenido calórico, si es nutritivo o si no lo es".

Entre los que hacen un aporte energético y se encuentran en los alimentos de forma natural está la sacarosa, glucosa y fructosa. Hay otros que también tienen aporte nutritivo pero son derivados de productos naturales como los provenientes del almidón, provenientes de sacarosa y los azúcares alcoholes, grupo al que pertenecen el xilitol y sorbitol. Por último están los edulcorantes no nutritivos o intensos que a la vez se dividen en artificiales (aspartame, acesulfame k, sacarina y ciclamato) y de origen vegetal (stevia y taumatina).

Alcoholes de Azúcar

Como se mencionó anteriormente, son un tipo de edulcorantes nutritivos que aportan menos calorías que el azúcar. En el trabajo de Rodríguez (2014) se definen como "carbohidratos con una estructura química similar al azúcar y alcohol, su fórmula molecular es $C_nH_{2n+2}O_n$; se encuentran de forma natural en bayas, frutas, vegetales y hongos".

En el libro de Santillán et. al., (2017) se describen de forma similar como "derivados de carbohidratos cuyos únicos grupos funcionales son los grupos hidroxilos, por lo que son hidrosolubles y de viscosidad moderada cuando se disuelven en agua a elevadas concentraciones". También se conocen como polioles o alditoles.

Cuadro 1

Descripción de los alcoholes de azúcar.

Alcohol de azúcar	Nomenclatura	Contenido calórico [kcal/g]	Poder edulcorante, relativo a sacarosa	Cantidad máxima tolerable sin sintomatología [g/día]	Índice glucémico
Eritritol	E-968	0.2	0.75	En dosis superiores a cualquier otro.	1
Lactitol	E-966	2	0.5	≥20	3
Maltitol	E-965	2.1	1	30-50	35
Manitol	E-421	1.6	0.7	10-20	2
Sorbitol	E-420	2.6	0.5-1	>80	4
Xilitol	E-967	2.4	1	>50	7



Xilitol



“El xilitol es un edulcorante constituido por 5 átomos de carbón, con la misma dulzura de la sacarosa, por lo cual puede utilizarse como su sustituto. Su fórmula molecular es C₅H₁₂O₅, aunque posee el mismo poder edulcorante del azúcar aporta un 40% menos de calorías en comparación. Es un compuesto químicamente menos reactivo que sus correspondientes aldosas/ketosas por la ausencia de un grupo carbonilo, en consecuencia dificulta la adhesión de microorganismos para obtener energía” (Venkateswar et al., 2016; Dasgupta et al., 2017).

Algunas de sus características son: “bajo índice glucémico, no participa en la vía metabólica de la insulina, su consumo no produce caries al no ser fermentable por microorganismos que producen ácidos en la boca, puede usarse como sustituto del azúcar en pacientes diabéticos porque no aumenta la concentración de glucosa en la sangre de forma significativa, previene infecciones de oídos en los niños” (Dasgupta et al., 2017), no deja sabor residual. “Tiene un calor de solución negativo, absorbe la energía de su entorno cuando se disuelve provocando una disminución apreciable en la temperatura del entorno, esto significa que conforme el xilitol se disuelve en la boca, se experimenta un agradable

“La goma de mascar libre de azúcar es la aplicación comercial más común del xilitol en todo el mundo, se usa por sus propiedades dentales, tecnológicas y organolépticas. Su intenso y distintivo efecto refrescante, en conjunto con el poder edulcorante igual al azúcar, lo convierte en el ingrediente perfecto para uso en formulaciones de goma de mascar sin azúcar. Con el xilitol se pueden crear texturas diferentes en los chicles ya que da mayor suavidad y flexibilidad que otros polioles” (O’Donnell, 2012).

“En productos farmacéuticos, se utiliza como un edulcorante libre de azúcar, como excipiente inerte y como una fuente de energía parenteral. En cosméticos y artículos de baño se emplea con mayor frecuencia como humectante y agente humectante de la piel, aunque también se han informado algunas aplicaciones terapéuticas” (O’Donnell, 2012).

También se utiliza en productos de higiene bucal como pastas de dientes y enjuagues.

Proceso de producción a escala de laboratorio

Actualmente existen 3 procesos viables para la producción de xilitol, estos son: químico, microbiológico y enzimático. En la Figura 1 se diagrama cada uno de los pasos que conllevan las 3 metodologías.

La materia prima requerida es compuesto lignocelulósico procedente de maderas, en este caso, del bagazo de caña de azúcar. El método presentado en el estudio es el que utiliza microorganismos como levaduras para fermentar la xilosa en xilitol, este posee ventajas de costo, bajo consumo de energía, alta productividad y rendimiento moderado.

Primero se realiza la preparación del bagazo por medio de una “hidrólisis ácida en un reactor con agitación a 121 °C, esto se logra vertiendo 100 mg de ácido sulfúrico/1 g de bagazo (peso seco) por un tiempo de 10 min. El hidrolizado se filtra y concentra a 15 °Brix en un evaporador al vacío a 43 °C” (Rodrigues et. al., 2003).

Aplicaciones Industriales

“En confitería es un edulcorante ideal para el desarrollo de productos sin azúcar de alta calidad, ya que su dulzura y frescura permite obtener dulces de buen sabor con beneficios adicionales para la salud. El xilitol se puede utilizar de manera efectiva en una amplia gama de aplicaciones en confitería, ya sea como el único edulcorante, en combinación con otros edulcorantes sin azúcar o como agente de volumen. También puede usarse como un sustituto de la sacarosa para producir chocolates de gran sabor” (O’Donnell, 2012).

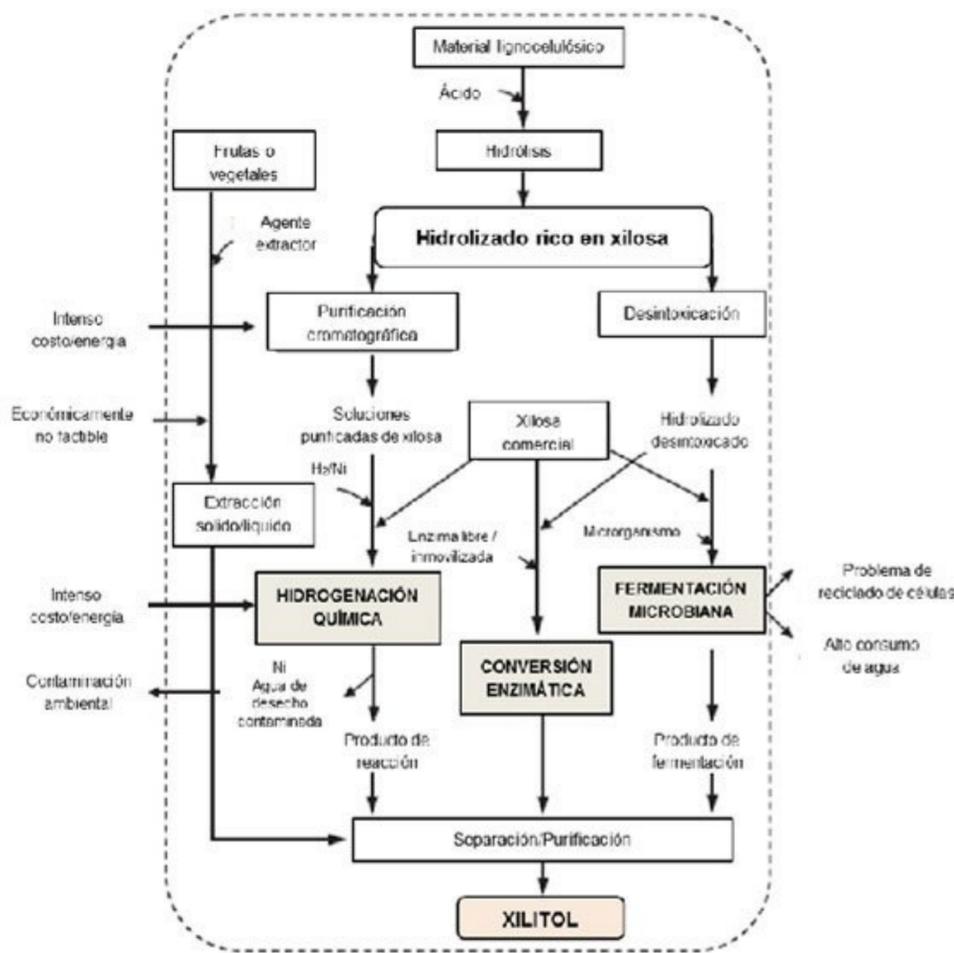


Figura 1 Proceso de producción de xilitol por 3 métodos. (Fuente: Rafiqul, 2013)

El hidrolizado obtenido cuenta con algunas impurezas que inhiben la acción de los microorganismos y reducen el rendimiento del proceso, por esta razón este hidrolizado concentrado se debe desintoxicar; esto se logra "elevando el pH a 9 con óxido de calcio y luego disminuyéndolo con ácido fosfórico o ácido sulfúrico hasta 5.5. Posteriormente se agregan 2.4 g de carbón activado a 100 mL de hidrolizado bajo agitación de 200 rpm a 30 °C durante 1 hora. Después de cada alteración de pH y de la adición de carbón activado, el precipitado se elimina mediante filtración al vacío" (Rodríguez et. al., 2003).

Una vez preparado el hidrolizado se procede a seleccionar el microorganismo encargado de la fermentación. Esto puede realizarse con bacterias, pero luego de varios estudios se determinó que las levaduras, específicamente del género *Candida*, son las que permiten mayor porcentaje de conversión en xilitol. Es por esto que se selecciona la *Candida tropicalis* como el agente fermentador del proceso. "*C. tropicalis* se puede aislar del suelo y mantenerse en agar YM" (Sreenivas et. al., 2006).

De las levaduras aisladas se "preparan inóculos de 25 mL en matraces Erlenmeyer de 100 mL, con un medio constituido por los siguientes compuestos: 30 g/L de xilosa, 10 g/L de extracto de levadura, 20 g/L de peptona, 0.5 g/L de fosfato dipotásico (K_2HPO_4), 0.5 g/L de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), 0.5 g/L de sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y 2 g/L de sulfato de amonio. El pH se mantiene a 5 y se incuba durante 24 h en un agitador rotatorio (250 rpm) a 30 °C. Después de 24 h, las células se recuperan por centrifugación" (Sreenivas et. al., 2006).

Luego el inóculo preparado se "cultiva en el hidrolizado de bagazo con suplemento de los siguientes nutrientes: 5 g/L de extracto de levadura, 10 g/L de peptona, 0.5 g/L de fosfato dipotásico (K_2HPO_4), 0.5 g/L de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), 0.5 g/L de sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y 2 g/L de sulfato de amonio. Las células se recuperan por centrifugación y se colocan nuevamente en otro hidrolizado. Esta adaptación continua durante 25 ciclos" (Sreenivas et. al., 2006).

"100 mL del medio de fermentación se preparan en matraces Erlenmeyer de 250 mL con hidrolizado de bagazo diluido y los siguientes nutrientes: 5 g/L de extracto de levadura, 10 g/L de peptona, 0.5 g/L de fosfato dipotásico (K_2HPO_4), 0.5 g/L de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), 0.5 g/L de sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y 2 g/L de sulfato de amonio. 5% de células adaptadas se usan para la inoculación, se incuba durante 48 h a 30 °C en un agitador rotatorio a 250 rpm" (Sreenivas et. al., 2006).

Para recuperar el producto final se debe "centrifugar el caldo fermentado para separar la biomasa celular del licor resultante, éste último se trata con carbón activado para adsorber sustancias coloreadas, proteínas, ácido urónico y otros componentes no volátiles (CNV). El licor clarificado se concentra por evaporación al vacío para aumentar su nivel de CNV y se agrega etanol para precipitar los CNV distintos al xilitol. El precipitado formado se separa por centrifugación y el licor sobrenadante refinado se concentra de nuevo y se cristaliza a -5 °C. Finalmente, los cristales de xilitol se separan mediante filtración al vacío/centrifugación y se enjuagan con metanol" (O'Donnell, 2012).



Análisis Económico

Gracias a estudios realizados por el Instituto Tecnológico de Veracruz llegaron a la conclusión que se *"necesitan 15.88 kg de bagazo para producir 1 kg de xilitol"*. *"El precio de venta por tonelada de xilitol en el mercado es de US \$ 4120"* (Industry Experts, 2014).

Debido a que el xilitol es un coproducto proveniente del bagazo, se hace una comparación económica con la energía, actual negocio al que va dirigido dicho material fibroso. Si se toma como base sacrificar 100,000 toneladas de bagazo destinadas para elaboración de xilitol, se obtienen US \$ 25,750,000

de valor monetario sin tomar en cuenta los costos de producción. En contraparte, las calderas de la industria guatemalteca en promedio logran producir 360 kWh por tonelada de bagazo quemada y 1 kWh de energía se vende a 5 centavos de dólar, logrando obtener un ingreso monetario de US \$ 1,800,000 siempre tomando una planta que quema 100,000 toneladas de bagazo. Esto nos lleva a concluir que por cada 100,000 toneladas de bagazo destinadas a producir xilitol se aumenta el ingreso en US \$ 24 millones.

Sorbitol



"El sorbitol es un poliol de 6 carbonos que se encuentra de forma natural en gran variedad de frutas incluyendo moras, peras y manzanas en una cantidad apreciable. Se ha utilizado durante más de 50 años en alimentos y productos relacionados, fue de los primeros ingredientes lanzados como -libres de azúcar-" (O'Donnell, 2012; Monedero, 2010).

"También conocido como glucitol, de fórmula molecular C6H14O6. Es de aspecto incoloro, de carácter viscoso, pH alrededor de 7, su sabor característico es dulce y refrescante, es fácilmente soluble en agua y glicerina" (Marques et. al., 2016). Comparado con el azúcar posee el 60% de poder edulcorante pero con 33% menos de aporte calórico.

Al tratarse también de un poliol, posee características y beneficios similares a los del xilitol, por ejemplo: puede usarse en ***"alimentos dietéticos para para personas diabéticas"*** (Marques et. al., 2016), está declarado como un ***"aditivo GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro, por sus siglas en inglés) por la FDA, es seguro para los dientes al no producir caries, poseen bajo índice glucémico, no participa en las reacciones generadoras de color conocidas con el nombre de Maillard, provoca un pronunciado efecto refrescante en la boca"*** (O'Donnell, 2012).

Aplicaciones Industriales

"Su aplicación en pasta de dientes y enjuague bucal es el área del mercado más grande para el sorbitol, particularmente el jarabe de grado no cristalino, donde proporciona dulzura y actúa como un humectante para evitar que la pasta dental se seque. En el enjuague bucal, el sorbitol actúa como un edulcorante que no produce caries y un agente de viscosidad" (O'Donnell, 2012).

"También es utilizado en gomas de mascar como una alternativa al azúcar para endulzar, pero a diferencia del xilitol que se usa para dar flexibilidad, el sorbitol es un compuesto que agrega volumen y evita que estos se resequen por su carácter humectante" (O'Donnell, 2012).

"El sorbitol se usa ampliamente como un excipiente para hacer tabletas comprimidas en la industria alimentaria, donde proporciona volumen y dulzor al producto. Sin embargo, se necesita usar un edulcorante de alta potencia además del sorbitol para aumentar la dulzura del producto a un nivel aceptable. La combinación de su efecto refrescante y el sabor a menta hace que las pastillas de menta "sin azúcar" sean una de las principales áreas de aplicación del sorbitol en polvo" (O'Donnell, 2012).

De acuerdo con Radiant Insights, empresas clave en el mercado incluyen Roquette Freres, Cargill y Archer Daniels Midland, que acumulaban un porcentaje de mercado superior al 70% en 2013. Otras compañías incluyen Sorini Agro Asia Corp, Gulshan Polylols Ltd, SPI Pharma, Merck, Danisco y Sigma-Aldrich.

Proceso de producción a escala de laboratorio

Existen dos vías bajo las cuales se puede producir sorbitol, uno por vía química conocido como hidrogenación catalítica y otra por un proceso biotecnológico de fermentación. En el presente estudio se describe el segundo de ellos, utilizando como materia prima azúcar y *Zymomonas mobilis* como bacteria encargada de fabricar el sorbitol.

Primero se debe preparar el medio de cultivo en el cual crecerán los microorganismos, para ello se "requieren 100 g/L de sacarosa, 10 g/L de extracto de levadura, 1 g/L de sulfato de amonio $[(NH_4)_2SO_4]$, 2 g/L de fosfato monopotásico (KH_2PO_4) , 0.5 g/L de sulfato de magnesio heptahidratado $(MgSO_4 \cdot 7H_2O)$, 0.5 g/L de sulfato de hierro $(FeSO_4)$, y 5 g/L de peptona" (Vignoli et. al., 2010).

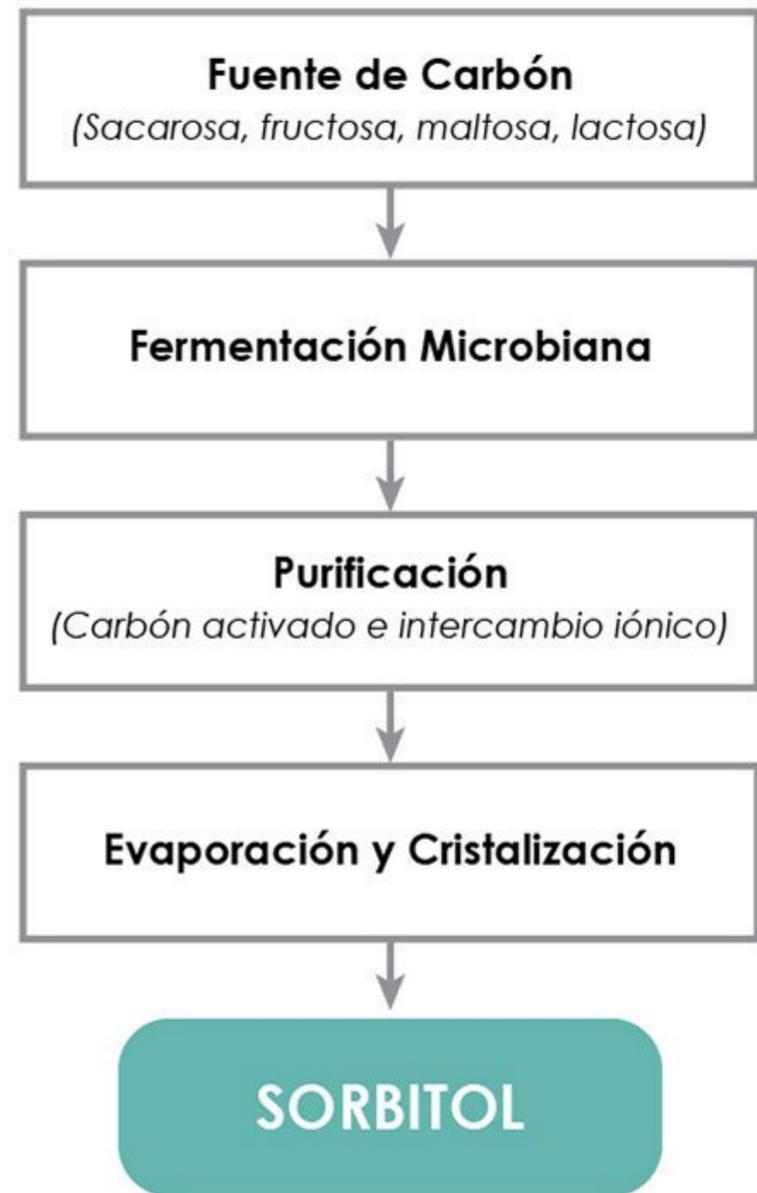


Figura 2

Proceso de producción del sorbitol.
(Fuente: Marques et al., 2016)

"La activación del cultivo se realiza agregando 2 mL de suspensión bacteriana a un tubo que contenga 18 mL del medio, se debe mantener a 30 °C durante 12 horas. Para la preparación del inóculo, 45 mL de este cultivo se deben transferir a frascos que contengan 450 mL de medio total, mantenido bajo agitación de 200 rpm a 30 °C, bajo condiciones anaerobias, por 10 horas" (Cauzzi et. al., 2014).

"El cultivo microbiano se realiza en un fermentador batch de 7 L de volumen, conteniendo 5.5 litros de medio. El medio de cultivo se inocula con el volumen necesario para obtener una suspensión celular de 20 unidades de D.O. (densidad óptica) a 560 nm. La temperatura del cultivo fue mantenida a 30°C y pH de 5.5 por la adición de 5 mol/L de NaOH" (Cauzzi et. al., 2014).

“Después de la culminación del tiempo de cultivo, el caldo fermentado se concentra y recoge por centrifugado a 5836 xg durante 10 minutos. La biomasa, concentrada a 25 g/L, se somete a permeabilización con 0.2% (m/v) de bromuro de cetilo trimetil amonio (CTAB)” (Cauzzi et. al., 2014).

Una vez producidas las células que se encargarán de fabricar el sorbitol, se procede a fermentar la materia prima o el sustrato realizando distintos ensayos modificando variables. “Dichos ensayos se realizan con 20 g/L de células, en un reactor de 600 mL, conteniendo 200 mL de medio reactivo” (Cauzzi et. al., 2014).

“La solución de sustratos es de 200-300 g/L de sacarosa. La condición operativa estándar de pH es de 6.4 y el proceso puede ser conducido bajo diferentes temperaturas: 36, 39, 43 y 47 °C. El reactor se debe acoplar a un baño termoestabilizado, mantenido bajo agitación magnética con pH reactivo controlado por la adición automática de solución de NaOH a 7 mol/L, contenido en una bureta de 50 mL, a través de un controlador de pH. Los ensayos se realizan por el tiempo necesario para alcanzar aproximadamente el 70% de la conversión de sustratos en productos” (Cauzzi et. al., 2014).

Se procede a separar la biomasa del caldo fermentado, este últimos “se trata con carbón activado para remover compuestos coloreados, posteriormente debe desmineralizarse utilizando un reactor de intercambio iónico para remover el gluconato formado. Para obtener una solución comercial de sorbitol al 70% se debe evaporar en condiciones de vacío. Por otro lado, el polvo de sorbitol se consigue al deshidratar la solución decolorada hasta que se obtiene una masa fundida libre de agua, se enfría y se amasa intensivamente. El sorbitol final se obtiene mediante cristalización a partir de una solución fundida: a la masa fundida se le agregan partículas que servirán como núcleos para el crecimiento de los cristales, y posteriormente estos cristales se eliminan continuamente de la superficie (Figura 2). El tamaño de partícula de sorbitol deseado se obtiene mediante una molienda final” (Marques et. al., 2016).

Análisis Económico

De acuerdo al estudio efectuado por De Barros (2006) se consumen 3 g/L de sacarosa para producir 1 g/L de sorbitol. “Con un precio de venta en el mercado de US \$ 880 por tonelada de sorbitol” (Industry Experts, 2014).

Este análisis se realiza de igual forma que para el xilitol, con la diferencia de tomar como base 100,000 toneladas de azúcar. De esta manera estaría obteniendo un ingreso de US\$ 29 millones, sin tomar en cuenta costos de producción, si se fabrica sorbitol a partir de sacarosa, mientras que se obtendrían US \$ 22 millones si se vendiera directamente el azúcar. Esto quiere decir que, por cada 100,000 toneladas destinadas para producir sorbitol se aumenta el ingreso en US \$ 7 millones, que comparado con el indicador para el xilitol es menor.

SELECCIÓN DE EDULCORANTE MÁS VIABLE

Para realizar una selección objetiva del edulcorante que cuenta con mayor potencial para ser desarrollado en Guatemala se hace una tabla comparativa (Cuadro 2) en el que se resumen cada una de las ventajas de ambos edulcorantes, tomando en cuenta sus características, mercado global, proceso de fabricación, y factores económicos.

VENTAJAS		
No.	Xilitol	Sorbitol
1	Tiene igual poder edulcorante al azúcar, entonces no requiere mezcla con otro.	Posee menor índice glucémico que el azúcar y xilitol.
2	Amplia gama de aplicaciones industriales.	Amplia gama de aplicaciones industriales.
3	Proceso simplificado de producción	Proceso simplificado de producción.
4	Su consumo no produce caries en los dientes.	Su consumo no produce caries en los dientes.
5	Proveniente de recursos renovables	Proveniente de recursos renovables.
6	Menor contenido calórico que el azúcar y sorbitol.	Mayor proyección de mercado que el xilitol en el futuro.
7	Sacrifica bagazo de los ingenios para su fabricación, que es un producto de menor valor agregado en comparación del azúcar para producción de sorbitol.	---
8	Mejor precio de venta en el mercado que el sorbitol.	---
9	Habría mayor aumento en los ingresos (US \$ 24 millones) comparado con el sorbitol (US \$7 millones).	---

CONCLUSIONES

El estudio de prefactibilidad desarrollado en la presente investigación incluyó la descripción de características de cada poliol, sus aplicaciones, análisis de mercado, análisis técnico (*proceso de producción*) y análisis económico. Esto para discernir cuál de los dos productos posee mejor viabilidad de fabricación en la industria azucarera guatemalteca. El xilitol presenta no solo mayor número de ventajas sobre el sorbitol, sino que éstas tienen mayor peso en cuanto a importancia. El hecho de que este tiene igual poder edulcorante al azúcar, no sacrifica al producto líder de la industria azucarera, posee mejor precio en el mercado y se obtendría mayor incremento en los ingresos, hace que el xilitol sea el seleccionado con la mayor prefactibilidad de producción en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio exhaustivo y detallado sobre la factibilidad técnico-comercial para la producción de xilitol en Guatemala.
2. Ampliar los estudios de prefactibilidad para tomar en cuenta la producción de eritritol, otro poliol de crecimiento a nivel mundial, que también puede ser fabricado como un coproducto del azúcar.



Referencias Bibliográficas

- Alonso, J. R. (2010). *Edulcorantes naturales*. La Granja. Revista de ciencias de la vida, 3-12.
- Cauzzi Rodrigues, D., Silveira, M., Linck Bassani, V (2014). *Avaliação da temperatura na produção de ácido lactobiónico e orbitol por células de Zymomonas mobilis immobilizadas em alginato de cálcio*. XX Congreso brasileño de ingeniería química, 1-8.
- Dasgupta, D., Bandhu, S., Adhikari Dilip, K., Ghost, D. (2017). *Challenges and prospects of xylitol production with whole cell bio-catalysis: A review*. Microbiological Research, 9-21.
- De Barros, P. y Colabone, M. (2006). *Synthesis of sorbitol by Zymomonas mobilis under high osmotic pressure*. Brazilian Journal of Microbiology, 324-328.
- Industry Experts. (Mayo de 2014). *Industry Expertes. Redefines Business Acumen*. Recuperado el 9 de Agosto de 2018, de <https://www.marketresearch.com/product/sample-8164119.pdf>
- Instituto Tecnológico de Veracruz. (06 de Octubre de 2006). *Entrepreneur*. Recuperado el 31 de Julio de 2018, de <https://www.entrepreneur.com/article/256101>
- Linga Venkateswar, R., Jyosthna Khanna, G., Jahnavi, G. (2016). *Bioconversion of lignocellulosic biomass to xylitol: An overview*. Biosource Technology, 299-310.
- Marques, C., Magdouli, Sarra, Roussi, T. y Brar, K. (2016). *Sorbitol production from biomass and its global market*. En S. J. Brar Kaur Satinder, Platform Chemical Biorefinery (págs. 217-227). Canada: Elsevier.
- Monedero, V., Pérez-Martínez, G. y Yebra, M. (24 de Febrero de 2010). *Perspectives of engineering lactic acid bacteria for biotechnological polyol production*. Applied Microbiology and Biotechnology, págs. 1003-1015.
- O'Donnell, K. y Kearsley, M. (2012). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.
- Radiant Insights. (Octubre de 2015). *Radiant Insights. Make informed business decisions*. Recuperado el 11 de Junio de 2018, de <https://www.radiantinsights.com/research/sorbitol-market>
- Rafiqul, S. y Abdul, M. (2013). *Processes for the production of xylitol: A review*. Food Reviews International, 127-156.
- Rodríguez, R., Felipe, M., Roberto, I. y Vitolo, M. (2003). *Batch xylitol production by Candida guilliermondii FTI 20037 from sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolyzate at controlled pH values*. Springer Verlag, 103-107.
- Santillán, A., García, L. y Vásquez, B. (2017). *Impacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Sreenivas, R., Pavana, J., Prakasham, R. y Sarma, P. (2006). *Xylitol production from corn fiber and sugarcane bagasse hydrolysates by Candida tropicalis*. Bioresource Technology, 1974-1978.
- Vignoli, J., Cazetta, M., Santos, R. (2010). *Influence of high osmotic pressure on sorbitol production by Zymomonas mobilis*. Braz. Arch. Biol. Technol., 1169-1175.

La Innovación Agrícola, donde se complementan conocimiento de la Fisiología vegetal con el uso de sensores remotos para llegar a la Agricultura digital, es una vía o una herramienta fundamental para el incremento de la productividad y por ende la reducción de costos de producción en el cultivo de caña de azúcar, esto con lleva paralelamente a la búsqueda de tecnologías aplicadas en otras latitudes, la capacitación y la viabilidad técnica y económica como adopción. Ante lo anterior la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala – ATAGUA- con el apoyo de técnicos del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar –CENGICAÑA- organizó el IV seminario Agrícola “Transformando la Agroindustria Azucarera”, el cual se realizó del 7 al 9 de agosto del presente año en el Auditorio de CENGICAÑA.

En dicho evento se contó con la participación de expertos especialistas nacionales y extranjeros en varias ramas del conocimiento agrícola y específicamente en caña de azúcar provenientes de varios países como Brasil, Honduras y Guatemala, los expositores abordaron tópicos de uso

de sensores, riego inteligente y el futuro del agua, así como la disponibilidad de plataformas inteligentes para el registro de la producción y la predicción de la productividad a través de la interacción planta, clima y suelo, la agricultura de precisión en la adecuada nutrición en la planta vía hoja, el uso de sensores remotos en la agricultura 4.0, así como el uso de drones para el control de plagas y control de malezas, tecnología en cosecha mecanizada y su planificación y por último la tecnología de siembra de baja densidad y el impacto de plántulas pre-brotadas como desafíos para el incremento de la productividad, cerrando el evento con el cambio de actitud a través de la gestión del cambio, manera de motivar al técnico en sus labores diarias.





IV Seminario Agrícola **TRANSFORMANDO LA** *Agroindustria Azucarera*



En el Seminario Agrícola se contó con la participación de 142 técnicos de diversos ingenios del país, así como técnicos de Brasil, Belice, Honduras, El Salvador, México y Panamá, los asistentes mostraron en cada una de las conferencias el gran interés sobre las diversas tecnologías existentes y con datos que respaldan el incremento de la productividad principalmente desde el punto de vista económico o de rentabilidad, con lo cual se creó interesante discusión y aporte técnico-científico, el evento fue complementado por la exhibición de diversos productos o tecnologías de diversas casas comerciales locales, como: Sediagro, Disagro, Netafim, Tecún, Daho Pozos, Agrológico, Coguma, Duwest, Adama, Syngenta, Inverflohsa, Drones agrícolas, Cosmocel, Bayer, Enlasa y Soluciones Analíticas.

En la retroalimentación los asistentes indicaron su satisfacción por el nivel tecnológico, técnico y científico del evento.

Todo lo anterior es un indicador de la calidad, compromiso y esfuerzo de la Junta Directiva de ATAGUA y colaboradores por los beneficios ofrecidos a los técnicos en las múltiples actividades realizadas durante el año.

Finalmente recordar que eventos de esta magnitud, nos hacen ser líderes en la región tanto en conocimiento como en innovación, ya que la **“investigación es la transformación del dinero en conocimiento y la innovación es la transformación del conocimiento en dinero*”**.

**Velini. E. 2013,*



Los días 20 y 21 de septiembre de 2018 se tuvo a bien realizar el segundo seminario industrial promovido por ATAGUA.

El evento se llevó a cabo en las instalaciones de CENGICAÑA y contó con la participación de 83 técnicos de la región centroamericana y de norte América. Se tuvo un área de stand donde varias casas comerciales promocionaron sus productos y servicios enfocados al área industrial de los ingenios azucareros.

El seminario tuvo como objetivo principal dar a conocer a los técnicos los avances tecnológicos en el proceso de fabricación de azúcar, etanol, el impacto de la generación con biomasa en la matriz energética del país, los proyectos de electromovilidad en el mundo y la tendencia de estos hacia el desarrollo de la industria y la sociedad en general, así como también el panorama para la zafra 2018 – 2019 ante las condiciones climáticas actuales.

Los expositores en este seminario fueron el Dr. Peter Rein, Inga. Nancy Chacón, Ing. Rony Castillo, Ing. Marco Tax, Dr. Otto Castro y el Dr. Rodolfo Espinosa. El Ing. Tax y el Dr. Castro hablaron sobre la "Huella hídrica y el impacto climático en la producción de azúcar".

Los temas específicos que compartió el Dr. Peter Rein, fueron: La sustentabilidad en el proceso de fabricación de azúcar, la calidad de la caña y su impacto en el proceso de producción de azúcar, la optimización de la extracción de jugo, los subproductos de la fabricación de azúcar, las pérdidas de azúcar por efecto químico y microbiológico en el proceso de fabricación, se revisaron algunos cálculos específicos para el área industrial de ingenios y se estudiaron algunos casos de problemas reales en los ingenios de los técnicos participantes.

La Inga. Nancy Chacón presentó los avances de diferentes proyectos de electromovilidad en el mundo, así como de proyectos que actualmente se están impulsando en la ciudad de Guatemala. Con esta charla se pudo conocer el interés de diferentes sectores en hacer de la electromovilidad una tendencia para la sociedad actual y en el futuro a corto plazo.

Fue interesante para muchos técnicos evaluar la utilización de electromovilidad en las operaciones de los ingenios azucareros considerando el beneficio económico que esto representaría.

Con la intervención del Ing. Rony Castillo, se logró evidenciar la importancia que tienen los ingenios azucareros de la región, en el área de generación de energía eléctrica con biomasa. Se observaron gráficas estadísticas de los aportes de la agroindustria azucarera a la matriz energética del país y se mencionaron algunos proyectos que se están impulsando para aumentar la capacidad y el aprovechamiento de los desechos del proceso agroindustrial de la caña de azúcar.

Como bien se sabe que uno de los principales subproductos del proceso de fabricación de azúcar es el Etanol, se tuvo la participación del Dr. Rodolfo Espinosa, quien es un reconocido asesor en esa rama. Fue interesante lo que el Dr. Espinoza compartió con los técnicos, sobre la actualidad en el proceso de producción de este subproducto y muchos de los técnicos participantes aprovecharon la experiencia

del expositor para realizar preguntas específicas sobre algunos problemas que suceden en ese proceso.

En general, el seminario fue muy bien aceptado por los técnicos participantes. Hubo muy buenos comentarios sobre las diferentes charlas y esto nos motiva a seguir adelante con este tipo de eventos.

Esperamos poder seguir contando con la participación de nuestros técnicos en eventos futuros, puesto que la razón de ser de estos es el afianzamiento y actualización de conocimientos que nos permitan desarrollarnos de una mejor manera en nuestros trabajos como técnicos azucareros, contribuyendo consecuentemente al desarrollo de la agroindustria azucarera de nuestra Guatemala.

Manifestamos nuestro agradecimiento a las empresas patrocinadoras: Horcalsa, SISESA, Mobil, Comercializadora Industrial, Elliott Group, Carbo-Solutions International y ATS/Construtienda, así como a CENGICAÑA y a los integrantes del equipo de investigación por el apoyo brindado.

Impacto en la Generación con Biomasa

*en la matriz energética
y sus retos.*



Nueva tecnología

*en la elaboración de azúcar
y sus beneficios.*



Producción de Etanol

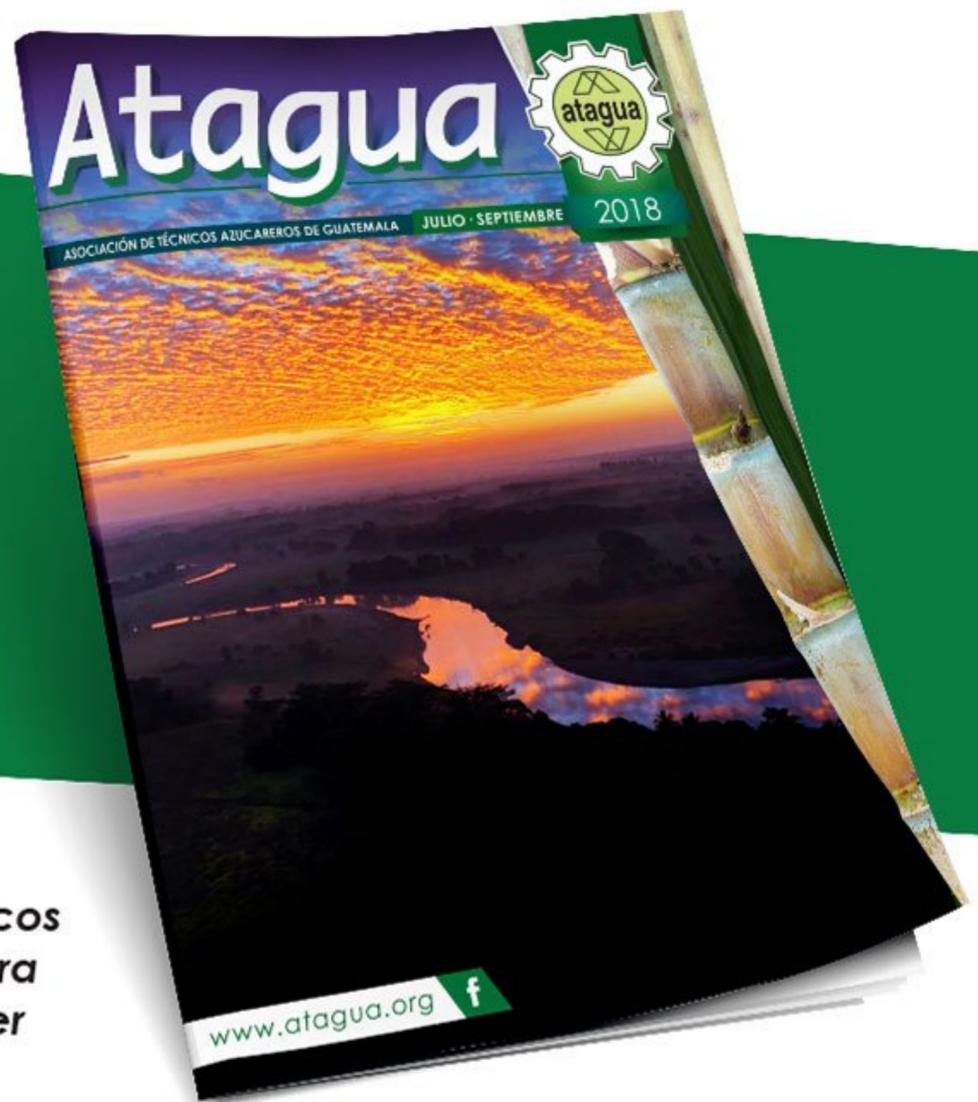


Electromovilidad



Anúnciate en Revista **Atagua**

Nuestro objetivo es informar a todos nuestros técnicos azucareros sobre los avances tecnológicos de la productividad de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca, así como también dar a conocer aspectos culturales, sociales y deportivos.



Información sobre pautas en la revista:

 (502) 5517 · 3978
(502) 5436 · 3490

 adminatagua@cengican.org
secreatagua@cengican.org

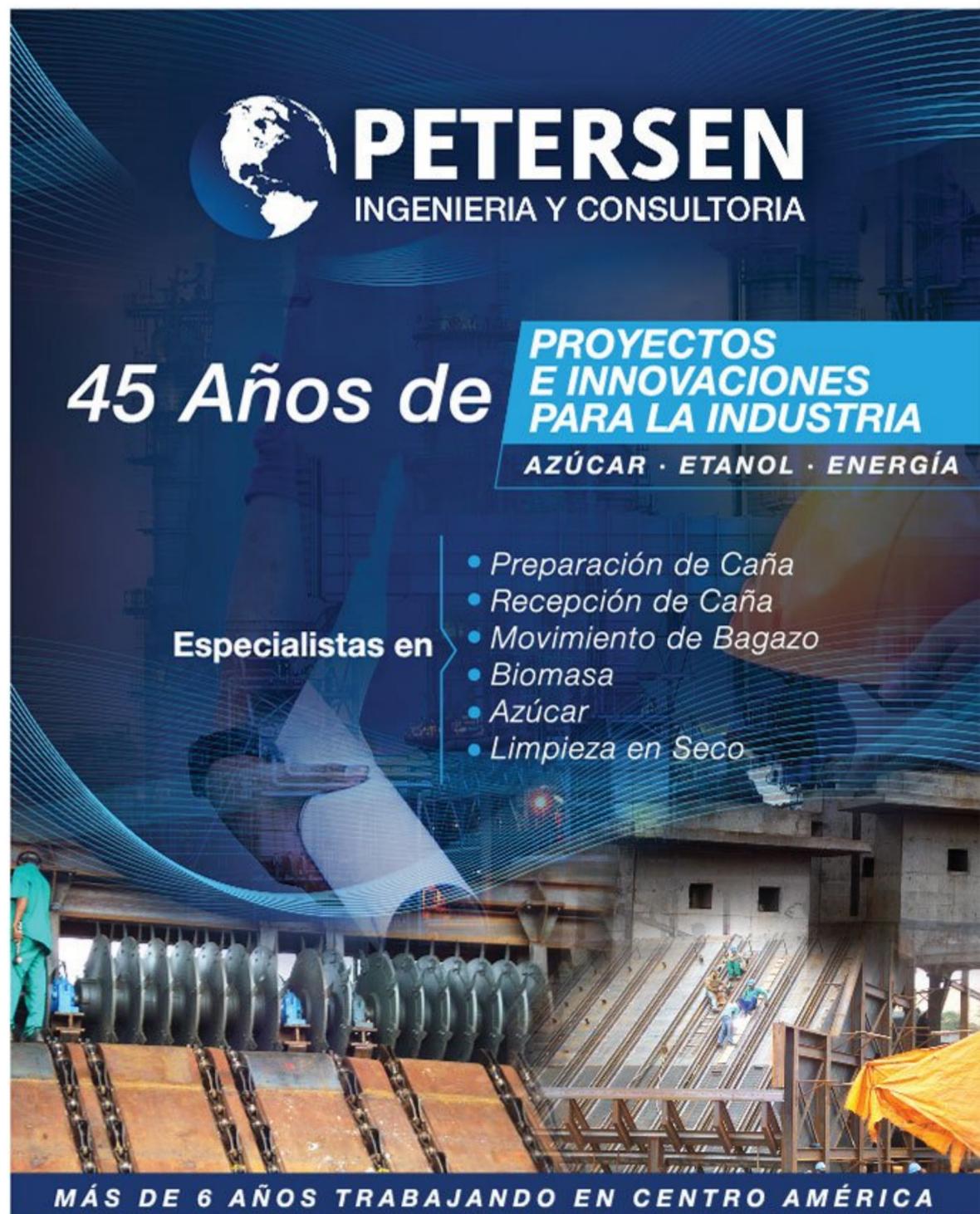
Síguenos en facebook, para estar al tanto de todas nuestras actividades.

 [@atagua.cengicana](https://www.facebook.com/atagua.cengicana)



Puedes descargar desde nuestra página web, esta y las versiones anteriores de "Revista Atagua"

www.atagua.org



PETERSEN
INGENIERIA Y CONSULTORIA

45 Años de **PROYECTOS E INNOVACIONES PARA LA INDUSTRIA**
AZÚCAR · ETANOL · ENERGÍA

Especialistas en

- Preparación de Caña
- Recepción de Caña
- Movimiento de Bagazo
- Biomasa
- Azúcar
- Limpieza en Seco

MÁS DE 6 AÑOS TRABAJANDO EN CENTRO AMÉRICA

Remi A. Meléndez Vanderplasschen

 +503 7860-0811



info@amvrepresent.com
EL SALVADOR · CENTRO AMÉRICA

www.petersenengenharia.wixsite.com/petersenengenharia

Innovando en Agricultura de Precisión



Detección
de maleza

Guía de cosecha
mecanizada

Análisis de
resiembra

Cobertura: 10,000 ha por día

5 años de experiencia

aerobots

En Aerobots nos mantenemos siempre a la vanguardia de la tecnología en la industria de Vehículos Aéreos No Tripulados para la implementación de la Agricultura de Precisión en la agroindustria de Latinoamérica. De esta manera, ampliamos nuestros servicios buscando no sólo satisfacer las necesidades de nuestros clientes, sino impulsar en ellos el uso de tecnologías innovadoras que optimicen su actividad económica.

Para más información: Info@aerobots.gt / +502 2300-5656 / www.aerobots.gt