

Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

JULIO · SEPTIEMBRE

2022



www.atagua.org





PETERSEN

INGENIERIA Y CONSULTORIA

45 Años de

PROYECTOS E INNOVACIONES PARA LA INDUSTRIA

AZÚCAR · ETANOL · ENERGÍA

Especialistas en:

- Recepción y preparación de caña
- Mesas alimentadoras y conductores metálicos
- Sistemas exclusivos para caña mecanizada
- Desfibradoras Pesadas-mejor índice open cel
- Sistema de movimiento de bagazo/biomasa a caldera
- Sistema completa de movimiento de azúcar
- Sistema Tratamiento de paja e impurezas
- Sector Molinos e Intermedios
- Grúa Hilo/Virador electromecánica 60 toneladas
- Adensador de caña entera en mesa
- Análisis de patio para aumento de molienda

MÁS DE 15 AÑOS DE TRABAJAR EN CENTROAMÉRICA Y MÉXICO

Remi A. Meléndez Vanderplasschen



+503 7860-0811



info@amvrepresent.com

EL SALVADOR · CENTRO AMÉRICA

www.petersenengenharia.wixsite.com/petersenengenharia

Estudio de la recuperación (TCH) de la cosecha mecánica caña quemada, con relación al número de cuchillas frozadoras, largo del tolete y revoluciones del extractor primario en la variedad CG02-163. ZAFRA 2021-22, INGENIO LA UNIÓN S.A.

Impacto del daño presente en la caña en sus parámetros de evaluación

Evaluación comparativa de la determinación analítica de sacarosa en miel final del proceso de producción de caña de azúcar por polarimetría y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

Tecnología de Aplicaciones aéreas y terrestres

CONTENIDO

JUNTA DIRECTIVA

| | |
|--|-----------------------------|
| Dr. José Gerardo Espinoza Presidente | Cengicaña |
| Ing. Abimael Marino López Vicepresidente | Ingenio Pantaleón |
| Ing. César Amilcar Martínez Tesorero | Ingenio La Unión |
| Ing. Ivan Aguirre Profesorero | Ingenio Madre Tierra |
| Licda. Nancy Jeissel Monroy Secretaria | Ingenio Trinidad |
| Ing. Christian Omar Rodríguez Prosecretario | Ingenio Trinidad |
| Ing. René Santamaria Rojas Vocal I | Ingenio Pantaleón |
| Ing. Alejandro Velásquez Vocal II | Ingenio Tululá |
| Ing. Marco Tax Vocal III | ICC |

José Gerardo Espinoza Véliz

Estimado socio:

Reciba un caluroso saludo de parte de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala -ATAGUA-.

En nuestro recorrido a lo largo de los años nos hemos caracterizado por ser una Asociación seria y sólida en cada una de nuestras actividades, por ellos nos esforzamos día a día en brindarles las más modernas tecnologías del cultivo de caña de azúcar a través de las capacitaciones y/o actualizaciones de las últimas tendencias tecnológicas tanto para el área de campo y fábrica, con profesionales nacionales como internacionales. Con mucho entusiasmo les presentamos nuestra edición de la revista, con información técnica de interés, contribuyendo a la agroindustria azucarera.

Cada día vemos un panorama más esperanzador con relación a la reducción de casos COVID-19, sin embargo, seguimos tomando las precauciones necesarias para ir incorporándonos a nuestras actividades diversas que hemos estado acostumbrados y seguir innovando en nuestros procesos productivos en la producción de caña y la fabricación de azúcar y sus distintos derivados, el pasado ha sido desafiante, el presente lo mejoramos y el futuro vemos como vamos a necesitar innovar, digitalizar para mejorar todos nuestros procesos, siendo consecuente con nuestras buenas prácticas agrícolas, aportando a nuestro ambiente.

Ante lo anterior, en esta edición les presentamos tres estudios con aplicabilidad práctica en mejora de nuestros procesos en el área de campo y fábrica. El estudio de campo se refiere al impacto del número de cuchillas, largo del tolete y las revoluciones de extractor primario de la cosechadora en la recuperación de biomasa (TCH) en caña quemada con la variedad CG02-163, este estudio aporta alto valor técnico para validar y transferir datos importantes a la industria, principalmente con el incremento de la mecanización que hemos sufrido en los últimos años. El segundo estudio se refiere a Evaluación comparativa de la determinación analítica de sacarosa en miel final del proceso de producción de caña de azúcar por polarimetría y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), tema importante en mejorar el proceso medición de sacarosa en la miel final y el tercer estudio Impacto del daño presente en la caña en sus parámetros de evaluación, estudio que demuestra que tan importante es el manejo en campo para tener mejores parámetros en los análisis tecnológicos.

Por otro lado, en la misma línea de contribución ATAGUA, ha implementado una serie de Webinar con diversos temas de campo y fábrica que han contribuido a la capacitación de técnicos no solo nacionales sino internacionales, tales como: Producción de Energía. Así como actividades recreativas como el tan competitivo campeonato entre ingenios de voleibol y por último una de las actividades tan esperadas como El Curso de Tecnologías de aplicación aérea y terrestre dictada por el Dr. Henrique Campos.

Estimado Socio la Junta Directiva y la Administración de ATAGUA, nos hemos comprometido a generar información técnica de altos estándares con invitados nacionales e internacionales reconocidos en cada uno de los temas, de esta forma fortalecer, integrar y promover innovación de cada uno de los procesos productivos, generando mayor conocimiento tecnológico para superar o mitigar cualquier desafío futuro.

Como presidente de ATAGUA agradezco a cada uno de los socios e ingenios por estar atentos a nuestras diversas actividades técnicas, sociales y deportivas, a los patrocinadores que fielmente están en cada uno de los eventos y finalmente a los integrantes de nuestra Junta Directiva y parte administrativa que con esfuerzo se toman un tiempo extra para las actividades a desarrollar.



NUUESTRA PORTADA:

Ing. Mario Leonel Quan J.
Bayer

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

(502) 5517-3978

adminatagua@cengican.org

secretatagua@cengican.org



Estudio de la recuperación (TCH) de la cosecha mecánica caña quemada, con relación al número de cuchillas trozadoras, largo del tolete y revoluciones del extractor primario en la variedad CG02-163. ZAFRA 2021-22, INGENIO LA UNIÓN S.A.

Por:
Víctor Manuel Azañón, Arturo Lam, Pedro Pablo Menegazzo, Oscar Leonel Castro.
Ingenio La Unión, S.A.



- Cosecha mecanizada
- Cuchillas trozadoras
- Corte de tolete largo
- TCH
- TAH

R E S U M E N

Con el objetivo de recuperar toneladas de caña en la operación de la cosecha mecanizada, se realizaron 6 experimentos con diseño experimental en bloques completos al azar con 4 repeticiones, las unidades experimentales fueron de 6 surcos a todo lo largo del lote, cada unidad experimental cosechada fue transportada en una jaula para su pesaje en bascula del ingenio y su muestreo en Core Sampler.

Se realizó un experimento con cosechadoras de 3 y 4 cuchillas trozadoras y corte de tolete largo, 5 experimentos para evaluar revoluciones por minuto (rpm) del extractor primario (600, 700, 800, 900 y 1000 rpm), en diferentes fincas y condiciones con la variedad CG02-163 para todos los estudios. Para medir el consumo de combustible las cosechadoras se agruparon comercialmente en los frentes de corte con diferentes revoluciones durante 1 semana de operación con la finalidad obtener datos durante dos llenados de tanque de combustible. El resultado después de análisis de la información para el número de cuchillas trozadoras muestran mejor recuperación de TCH cuando se utiliza la cosechadora con 3 cuchillas (Figura 1), también se observa en la distribución de toletes una mayor proporción de largos en comparación a la cosechadora de 4 cuchillas, el mejor resultado se obtuvo con la calibración de tolete largo (26 cm.) (figura 2). Para el estudio de las rpm se utilizó la cosechadora de 3 cuchillas con la calibración tolete largo, en todos los casos la tendencia fue que a mayor rpm se aumenta la pérdida de caña (TCH) y conforme se disminuye las revoluciones se recupera mayor TCH, se observa que los valores trash se incrementan al bajar las rpm y también se reduce el rendimiento de azúcar por cada tonelada de caña, integrando los valores de TCH, rendimiento de azúcar el mejor resultado (TAH) comercial se obtiene con 700 rpm comparado con el testigo comercial de 1000 rpm. El análisis de regresión lineal para consumo de combustible presenta un valor de r^2 0.98, por cada 100 rpm el consumo por hora se incrementa a 1.38 litros de combustible. De acuerdo con los resultados obtenidos con este estudio para Ingenio La Unión se recomienda operar con tolete largo (26cm), con rpm entre 600 y 800, utilizar cosechadora de 3 cuchillas trozadoras para caña quemada.

INTRODUCCIÓN

La operación de cosecha mecánica para Ingenio La Unión es importante, representa el 74 % y la meta es llegar al 80% en los campos que permitan este sistema. La cosechadora se operaba con 1000 a 1100 rpm para el extractor primario pensando en minimizar el contenido de trash vegetal y sin mayor registro en el tamaño del tolete con la cosechadora de 3 cuchillas; en intercambios tecnológicos se detectaron oportunidades para mejorar la operación de cosecha mecánica específicamente en tema de revoluciones del extractor primario y el largo del tolete por lo tanto se consideró importante evaluar para las condiciones en Ingenio La Unión con la variedad de mayor importancia CG02-163.

El objetivo principal fue conocer la relación en la recuperación de toneladas de caña por hectárea con estas dos variables principales además el consumo de combustible. Según Norris (2019) y SRA (2014) al aumentar la velocidad del ventilador las pérdidas no visibles se incrementan y al reducir las rpm de 500 a 600 la extracción de basura se reduce al 50% y las pérdidas de caña son bajas. Los estudios se realizaron en diferentes condiciones con la variedad CG02-163 en la zafra 2021-22.

1. Evaluar la operación de cosecha mecánica en campos con caña quemada con relación al largo de tolete y su efecto en la recuperación de TCH.
2. Evaluar el efecto de 3 y 4 cuchilla trozadoras en la recuperación de TCH.
3. Evaluar el efecto de las revoluciones por minuto del extractor primario en la recuperación de TCH, y consumo de combustible

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos, el estudio se desarrolló en tres fases o evaluaciones consecutivas: Evaluación con máquinas de 3 y 4 cuchillas trozadoras con dos configuraciones, una vez obtenidos los resultados del primer estudio se desarrolló la siguiente fase, con diferentes rpm en el extractor primario con máquinas de 3 cuchillas trozadoras, por último, se evaluó el consumo de combustible con diferente rpm en el extractor primario. Las tres fases del estudio se desarrollaron durante los meses de febrero y abril de 2022.

Evaluación del número de cuchillas y largo de tolete:

Para este estudio se utilizaron dos cosechadoras equipadas con 3 y 4 cuchillas, el sitio de estudio fue seleccionado por su homogeneidad de condiciones y adecuado para la operación, los tratamientos evaluados fueron cuatro como se describe en el cuadro 1, se realizaron 5 repeticiones y cada tratamiento fue aleatorizado. La unidad experimental de 6 surcos fue cosechada en su totalidad con una velocidad de 3.5 km/hora para todos los casos y fue enviada en una jaula para su peso bascula y muestreo de core sampler. En campo se tomaron muestras para conocer la distribución del largo de toletes, por cada repetición se cuantificaron 100 toletes y se midió el largo en centímetros de cada uno. Se registró la información de cada unidad experimental correspondiente en campo para la búsqueda en el sistema según envíos de cada tratamiento.

| Tratamiento | # Cuchillas trozadoras | Largo tolete esperado cm | Configuración | RPM |
|-------------|------------------------|--------------------------|---------------|------|
| 1 | 4 | 26 | 100% | 1000 |
| 2 | 4 | 18 | 0% | 1000 |
| 3 | 3 | 26 | 100% | 1000 |
| 4 | 3 | 18 | 0% | 1000 |

► **Cuadro 1:** *Tratamientos de estudio de número cuchillas y largo de tolete realizado en finca Tehuntepec.*

Estudio de las revoluciones del extractor primario

Para este estudio se realizaron 5 ensayos en diferentes condiciones con la variedad CG02-163, con base a los primeros resultados se definió hacer la segunda fase y trabajar con 3 cuchillas y configuración 100% (*tolete largo*) los 5 tratamientos evaluados son 600, 700, 800, 900 y 1000 rpm. En cada campo de estudio se realizaron 4 o 5 repeticiones, utilizando el diseño experimental bloques completos al azar, cada unidad cosechada fue transportada en una jaula y sus pesos fueron tomados en balanza. Para medir el rendimiento de azúcar por cada tonelada de caña y valores de trash vegetal se realizó el muestreo de Core Sampler. Se realizó análisis de varianza combinado con 5 localidades para un total de 21 repeticiones y 5 tratamientos.

Cuadro 2:
Sitios de evaluación diferente RPM extractor primario. Zafra 2021-2022

| Localidad | Finca | No. Repeticiones |
|-----------|--------------|------------------|
| 1 | La sierra | 5 |
| 2 | Tehuantepec | 4 |
| 3 | Monte Alegre | 4 |
| 4 | La Sierra | 4 |
| 5 | Virginia | 4 |

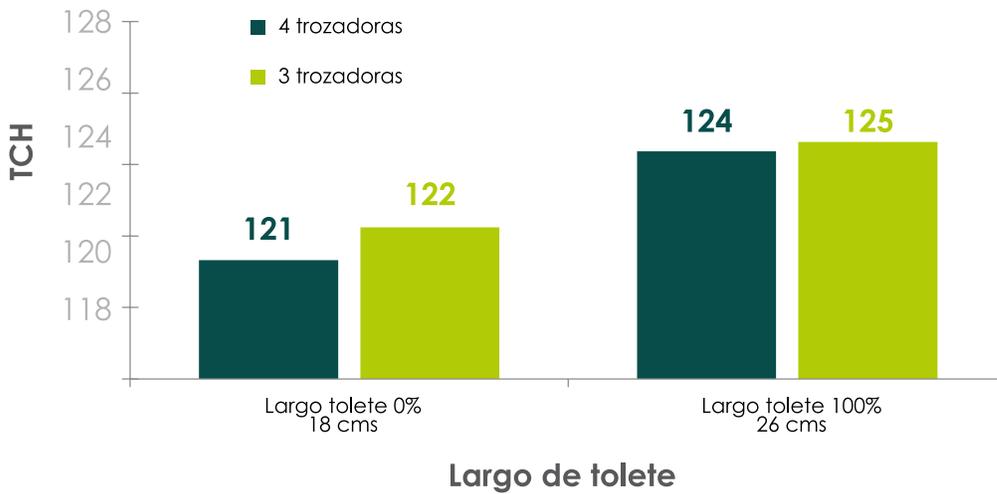
Estudio consumo de combustible:

Para esta prueba comercial se utilizaron 18 cosechadoras distribuidas en cinco frentes, cada cosechadora operó con dos llenados de combustible configuradas a un valor de rpm por día en cada frente (600, 700, 800, 900 y 1000 rpm), en total fueron 124 llenados de combustible, cada cosechadora opero al menos una vez cada tratamiento en un periodo de cinco días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

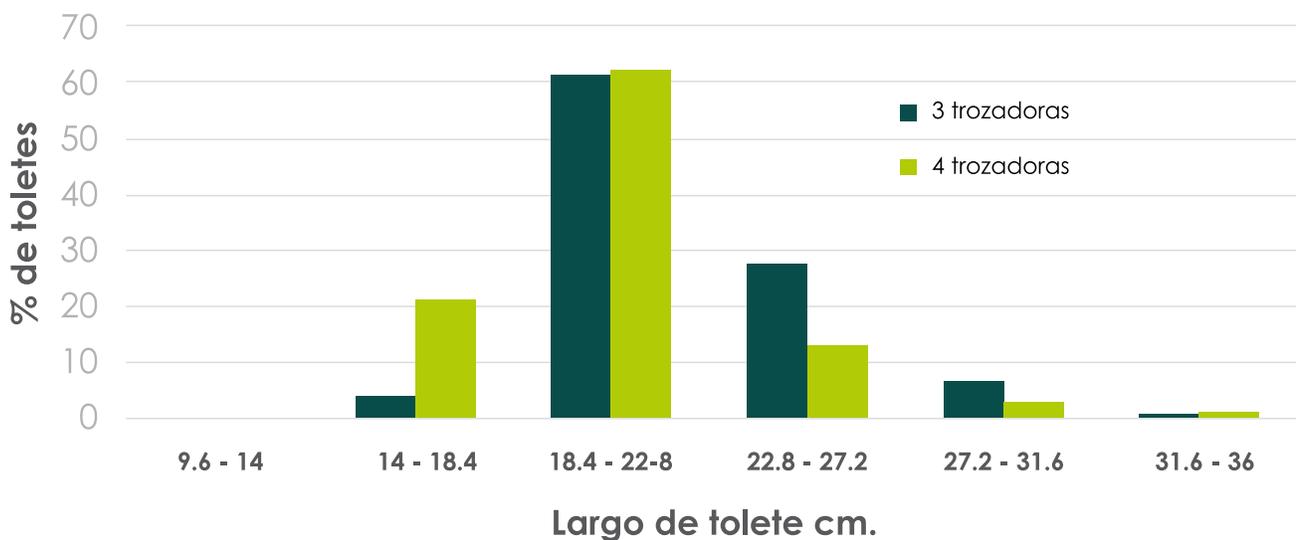
Evaluación del número de cuchillas y largo de tolete

El análisis estadístico muestra con un nivel de confianza de 85% con la prueba de medias DMS se obtienen diferencias estadísticas significativas, cuando mayor es el largo del tolete se recupera mayor cantidad de caña por hectárea independientemente de número de cuchillas trozadoras (figura 1) , cuando se analiza la distribución del largo de tolete con la calibración 100% tolete largo, se observa que la trozadora de 3 cuchillas en general tiene el mayor porcentaje de tolete largo comparado la trozadora de 4 cuchillas (figura 2) en el cuadro 3 también se puede observar que los parámetros estadísticos indican que la trozadora de 3 cuchillas en promedio tiene los toletes más largos.



◀ **Figura 1:** Evaluación de número de cuchillas trozadoras en la cosecha mecanizada, largo de tolete y su relación con la recuperación de caña (TCH).

▼ **Figura 2:** Distribución por el largo con la calibración al 100% tolete largo.



Estudio de revoluciones por minuto del extractor primario (RPM)

De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 4) se tienen diferencias significativas con la recuperación de TCH, no así con las otras variables de respuesta, se puede observar que cuando se incrementan las revoluciones del extractor primario se reduce la recuperación de caña TCH, mejora el rendimiento de azúcar y se reduce el % de trash vegetal, de acuerdo a este estudio la mejor combinación se obtiene cuando se cosecha con 700 rpm del extractor primario para obtener la mayor cantidad de azúcar por unidad de área TAH. Los valores de t/ha, rendimiento de azúcar y TAH promedio de cinco localidades, se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 3:
Resultados de la distribución del largo de tolete (cm) por número de cuchillas



| Parámetros | Cuchillas Trozadoras largo tolete | | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------|---------|-----------|
| | 3 | | 4 | |
| | 18 (0%) | 26 (100%) | 18 (0%) | 26 (100%) |
| Media | 20 | 22 | 17 | 18 |
| Mínimo | 13 | 14 | 8 | 10 |
| Máximo | 38 | 36 | 45 | 37 |
| Mediana | 19 | 22 | 16 | 17 |
| Moda | 19 | 22 | 14 | 16 |
| D. Estándar | 4 | 3 | 4 | 4 |

Cuadro 4:
Resultados del análisis estadístico combinado de cinco localidades de la Evaluación de RPM del extractor primario

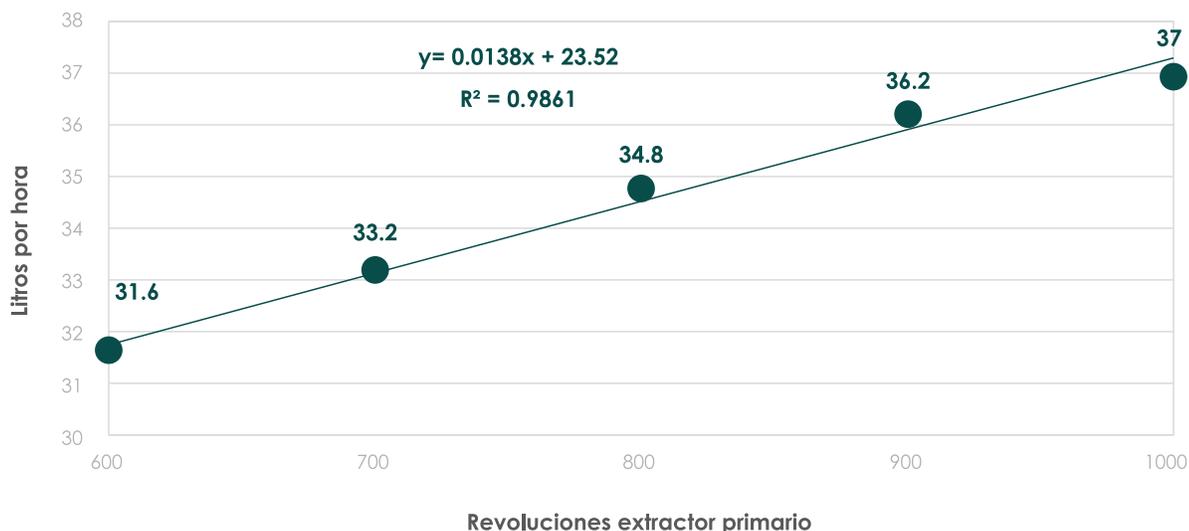


| RPM | t/ha | Rendimiento. Potencial kg/t, core sampler | Promedio TAH | % Trash vegetal |
|--------------|----------------|---|----------------|-----------------|
| 600 | 134 a | 135,5 a | 18,03 a | 7,25 a |
| 700 | 133 ab | 137,3 a | 18,10 a | 6,64 a |
| 800 | 133 ab | 137,7 a | 17,89 a | 6,37 a |
| 900 | 132 ab | 137,8 a | 17,86 a | 6,37 a |
| 1000 | 129 b | 139,4 a | 17,67 a | 6,36 a |
| Tratamientos | Pr>F: 0,0243 | Pr>F: 0,1835 | Pr>F: 0,5692 | Pr>F: 0,4003 |
| | C.V. (%): 4,19 | C.V. (%): 3,58 | C.V. (%): 5,26 | C.V. (%): 20,96 |

Consumo de combustible

Bajo la operación comercial de Ingenio La Unión se observó que existe una relación directa con el consumo de combustible al incrementar las revoluciones del extractor primario, por cada 100 RPM el consumo se incrementa 1.38 litros/hora con un r^2 de 0.98

Figura 3: ►
Consumo de combustible evaluado en 18 cosechadoras con diferente RPM.



CONCLUSIONES

1. Se recupera mayor TCH al operar con calibración 100% (tolete largo) con cosechadora equipada con tres cuchillas trozadoras.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos con las revoluciones del extractor primario en caña quemada la mayor recuperación de TAH se obtuvo con 700 RPM, al incrementar la RPM se reduce la recuperación de TCH.
3. El consumo de combustible se incrementa 1.38 litros/ hora por cada 100 RPM, tiene una relación directa al incrementar las revoluciones del extractor primario.

RECOMENDACIONES

Paras las condiciones de operación actuales donde se realizó el estudio se recomienda lo siguiente:

1. Cosechar con la calibración de la máquina 100% (tolete largo) equipada con tres cuchillas trozadoras.
2. La cosecha mecánica en caña quemada puede operar desde 600 a 800 rpm del extractor primario según las condiciones del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norris C., feb 2019, Mechanised Harvesting of Sugarcane: Getting the Best Outcomes in the Field and at the Mill, IV simposio internacional-stab sul, presentación Power point.
2. Sugar Research Australia Limited, 2014. Manual de buenas prácticas de cosecha. Publicación Técnica MN14001.

ARTÍCULO DE FÁBRICA

Impacto del daño presente en la caña en sus parámetros de evaluación

Por:
Lic. Oscar Monzon
Grupo Laser

Daño en la caña

La caña de azúcar al igual que cualquier ser vivo está a expensas de tener huéspedes no deseables, plagas, así como de sufrir un deterioro físico o daño, ya sea por situaciones naturales o provocadas.

- Estos huéspedes y los daños físicos reducen los valores deseables de la caña y favorecen el incremento de los valores no deseables.

Parámetros deseables y parámetros no deseables en la caña para producción de azúcar

Los valores deseables son el grado brix, el contenido de Pol jugo, la pureza del jugo, el porcentaje jugo caña y el aporte de Pol caña (azúcar).

- Estos parámetros favorecen la obtención de azúcar.

Los valores no deseables son el color, los azúcares reductores (glucobrix), la acidez, los polímeros dextranoides y en algún grado, la conductividad.

- Estos parámetros reducen la obtención de azúcar.

Medición del daño en caña:

La medición de la cantidad de daño en la caña puede realizarse por Unidades de caña o por Unidades de canutos.

Formas de expresión del daño en caña:

- **% Caña con daño** = unidades de caña que presentan algún tipo de daño * 100 / unidades de caña evaluadas.
- **% Canutos con daño** = canutos que presentan algún tipo de daño * 100 / unidades de canutos evaluados.
- La medición del daño por canutos dañados refleja en mejor grado el daño presente en la caña.

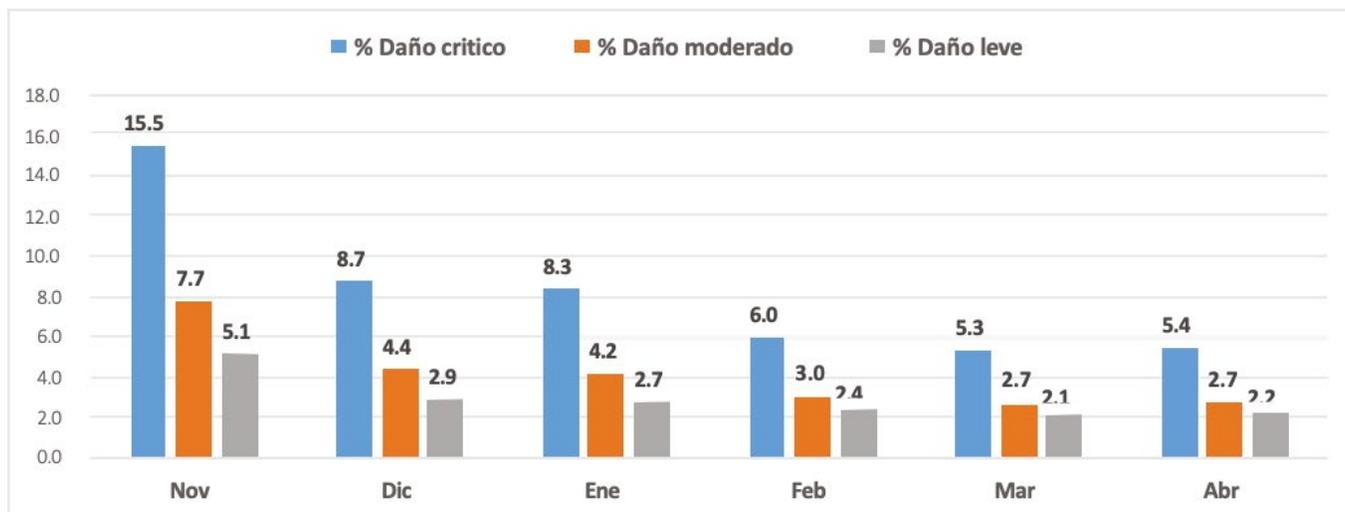
Comportamiento de la presencia del daño en la caña con el avance de zafra

El comportamiento del daño en la caña en el periodo de zafra, de noviembre a abril, presenta un comportamiento descendiente.

| Mes de zafra | % Canutos dañados totales, daño crítico | % Canutos dañados totales, daño moderado | % Canutos dañados totales, daño leve |
|--------------|---|--|--------------------------------------|
| Noviembre | 15.5 | 7.7 | 5.1 |
| Diciembre | 8.7 | 4.4 | 2.9 |
| Enero | 8.3 | 4.2 | 2.7 |
| Febrero | 6.0 | 3.0 | 2.4 |
| Marzo | 5.3 | 2.7 | 2.1 |
| Abril | 5.4 | 2.7 | 2.2 |

◀ **Tabla con datos generales de daño para distintos universos de daño en caña.**

Gráfico de la cantidad porcentual de daño en distintos universos de caña por mes de zafra:



Tipos de daño

La diversidad de medición de los tipos de daño en caña puede hacerse tan complicada como se desee.

- El daño predominante, en general, es el muermo rojo, muchas veces debido a consecuencia de daños previos.
- Otros daños: Caña seca, caña guarapa, plagas de distinto tipo (barrenador, comején), pudrición, caña con muermo rojo, etc.

La oquedad y el corcho, aunque no son daños como tal sino son situaciones naturales de la caña, provocan el mismo comportamiento en los parámetros de la caña que la caña con daño, únicamente que en una menor cuantía.

Comparación analítica entre caña con daño y caña sin daño

Para comparar el cambio de los valores de los parámetros de de la caña se deben evaluar los canutos con daño del mismo tipo, si así se desea, y comparar estos resultados con los resultados de los canutos bien de las mismas cañas.

El cambio entre canutos con daño y canutos sin daño, canutos bien, se expresa en cambio porcentual:

- *% Cambio para parámetros deseables (Descenso)*
 $(1 - \text{Resultado cañuto dañado} / \text{Resultado canuto bien}) * 100$
- *% Cambio para parámetros no deseables (Incremento)*
 $(\text{Resultado cañuto dañado} / \text{Resultado canuto bien} - 1) * 100$

Rangos de cambios porcentuales usualmente observados entre Caña bien y Caña con daño

Parámetros deseables

- *Menor cantidad de brix en caña con daño, de 8 a 20% menos.*
- *Menor cantidad de Pol en caña con daño, de 10 a 22% menos.*
- *Menor pureza en caña con daño, de 2 a 10% menos.*
- *Menor % de jugo caña en caña con daño, de 1 a 4% menos*
- *Menor aporte de azúcar (Pol caña) en caña con daño, de 10% a 20% menos*

Parámetros no deseables

- *Mayor cantidad de azúcares reductores en caña con daño, de 30 a 70% más.*
- *Mayor acidez en caña con daño, de 20 a 50% más*
- *Mayor color en caña con daño, de 25 a 50% más*

Los valores porcentuales anteriores son generales, existiendo valores específicos según el tipo de daño, la época, la edad de la caña, las condiciones de cultivo, la variedad y otros.

Evaluaciones propias en cada ingenio:

- Cada ingenio puede evaluar el efecto del daño en caña en función de:
- Parámetro de Daño a comparar
- Tomar en cuenta: mes de zafra, tipo de corte, variedad, edad de la caña, etc.
- Cada universo de caña tiene sus valores típicos los cuales varían de zafra en zafra.
- A mayor valor de porcentaje de daño en la caña, menor es su aporte de azúcar.

Cantidad de caña a evaluar para la comparación de los parámetros:

Se sugiere evaluar, por muestra, alrededor de 10 cañas o 100 canutos en un muestreo aleatorio ya sea en el campo o en vehículos con caña.

Impacto del daño en la caña en el Aporte de azúcar (Pol caña):

Como se ha mencionado, los valores deseables de la caña son disminuidos y los valores no deseables son incrementados y las 2 consecuencias principales de ellos son:

- Menor aporte de azúcar en la caña.
- Mayor dificultad de recuperación del azúcar en el área fabril.

Ejemplo de ponderación de Pol caña en Kg / t y Porcentaje de daño en caña

Tabla ejemplo:

| % Caña bien | % Daño en caña | Kg / t, Pol caña en caña bien | Kg / t, Pol caña en caña con daño. (Ejemplo: 15% de menor aporte de azúcar respecto a caña bien) | Kg / t caña, ponderado incluyendo o daño. | Diferencia en Kg / t respecto 100% caña bien |
|-------------|----------------|-------------------------------|---|---|--|
| 100.00 | 0.00 | 130.00 | 110.50 | 130.00 | 0.00 |
| 98.00 | 2.00 | 130.00 | 110.50 | 129.61 | -0.39 |
| 95.00 | 5.00 | 130.00 | 110.50 | 129.03 | -0.97 |
| 90.00 | 10.00 | 130.00 | 110.50 | 128.05 | -1.95 |

ARTÍCULO DE FÁBRICA

Evaluación comparativa de la determinación analítica de sacarosa en miel final del proceso de producción de caña de azúcar por polarimetría y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

Por:

Estuardo Edmundo Monroy Benítez

Ingeniero Químico, USAC · Master en Biotecnología
Agroalimentaria, España Doctor Honoris Causa,
AAUN, USA · ingmonroy1@yahoo.com



- Melaza
- Polarimetría
- Cromatografía
- Sacarosa
- ICUMSA²
- EURACHEM¹

R E S U M E N

El artículo presenta una investigación basada en el análisis químico de la concentración de Sacarosa en Miel Final del procesamiento de la caña de azúcar, durante 10 años (2011-2021), al realizarse comparaciones entre dos métodos analíticos: Polarimetría y Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) en un laboratorio químico.

El objetivo de la investigación es evaluar resultados entre estas dos metodologías. Se enfocó en confirmar que el método de Polarimetría es fallido o analíticamente inválido para determinar la concentración de sacarosa en muestras de miel final, sin embargo, es el más utilizado y creíble por la mayoría de los técnicos azucareros. Mientras que la metodología HPLC es y debe ser el método exacto y preciso para determinar mediciones de concentración de sacarosa en miel final, que conllevará a mejores decisiones de recuperación y de eficiencia industrial, no obstante, no es el más empleado.

El estudio ha determinado a través de pruebas de validación de métodos (estadísticas), que el método de polarimetría no es exacto para el análisis de miel final, y el método HPLC si provee la exactitud y veracidad requerida para análisis de sacarosa en mieles finales (melaza).

La hipótesis se confirma a través de una prueba "t student de comparación de medias", que vino a demostrar que si existen diferencias significativas.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas utilizadas en los laboratorios de análisis químicos azucareros son la "polarimetría", que es un método internacionalmente reconocido del Manual de estándares ICUMSA² (International Commission for Sugar Analysis), que es el más utilizado pero el menos exacto por experiencias prácticas.

Un segundo método conocido como HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia), también reconocido desde el año 2002 en el mismo Manual de estándares, y por evaluaciones prácticas es más exacto y preciso.

El objetivo del estudio fue determinar través de pruebas de validación de métodos (estadísticas), que el método de polarimetría no es exacto para el análisis de sacarosa en miel final y el método HPLC si demuestra mayor precisión y exactitud para dichos análisis.

Para este estudio en particular se han evaluados muestras de mieles finales o melaza proveniente directamente del proceso de fabricación de un ingenio azucarero en El Salvador, con muestreos representativos de miles de datos tomados durante su producción diaria, en las temporadas de cosecha o zafra, en el laboratorio del ingenio mencionado.

En todas las muestras se ha obtenido las concentraciones de los azúcares, que, en el caso de la metodología de polarimetría, se denomina "Pol" o concentración de "Sacarosa aparente", y en el caso del HPLC, se ha determinado la concentración de Sacarosa real. En forma paralela también se ha determinado el valor de Sólidos solubles (Brix), para poder calcular el valor de pureza, utilizando un refractómetro digital.



Equipo de Polarimetría



Equipo de Cromatografía Líquida



Refractómetro digital

MÉTODOS

Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

El método de HPLC fue tomado del Manual de métodos normalizados ICUMSA², Método GS7-23 de 1994, que se basa en la separación cromatografía de sacarosa, glucosa y fructosa, usando el principio de cromatografía líquida de alta eficiencia.

En este sistema analítico, se utiliza una columna de resina de intercambio catiónico de base de Calcio como sistema de separación.

Esta resina presenta una separación basada tanto por propiedades de intercambio iónico, así como por exclusión por tamaño molecular.

Dependiendo de su geometría, el grupo hidroxilo de los diferentes azúcares interactúa con el catión los cuales eluyen del sistema presentando diferentes tiempos.

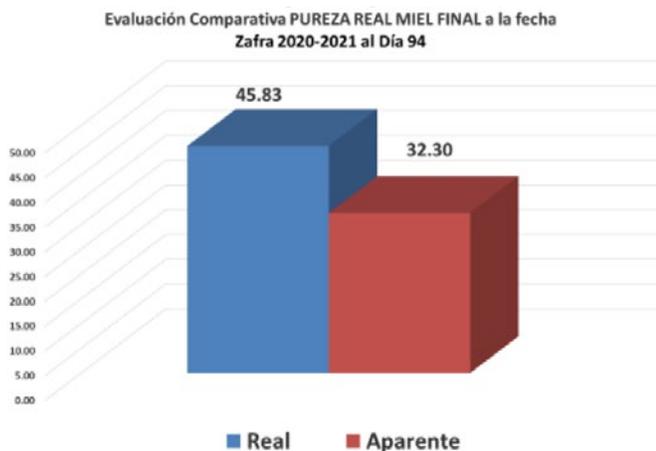
La Polarimetría

El método de Polarimetría GS4/7-1, se ha tomado del mismo Manual de métodos normalizados en ICUMSA².

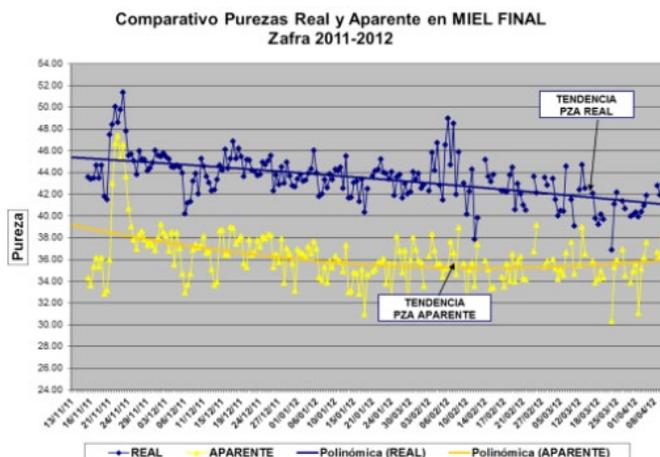
Se basa en la propiedad físico-química de la rotación óptica de ciertos compuestos orgánicos, entre ellos los azúcares que hace girar la luz polarizada hacia el lado derecho o izquierdo. Esta rotación se mide en ángulos y es diferente en cada compuesto orgánico que tiene esta propiedad, y la rotación óptica depende de la longitud de onda de la luz empleada y de la temperatura a la cual se mide.

RESULTADOS

El estudio se ha realizado durante diez años continuos en un laboratorio químico un ingenio de El Salvador y las tendencias gráficas (figuras 1, 2, 3, 4 y 5 de fuente propia) son los siguientes:



◀ **Figura No.1**
Ingenio de El Salvador
Comparativo de purezas real y aparente



◀ **Figura No.2**
Ingenio de El Salvador
Tendencias de comportamiento de purezas real y aparente en la temporada de zafra 2011-2012

Figura No.3 Tendencias de comportamiento de purezas real y aparente en la temporada de zafra 2020-2021

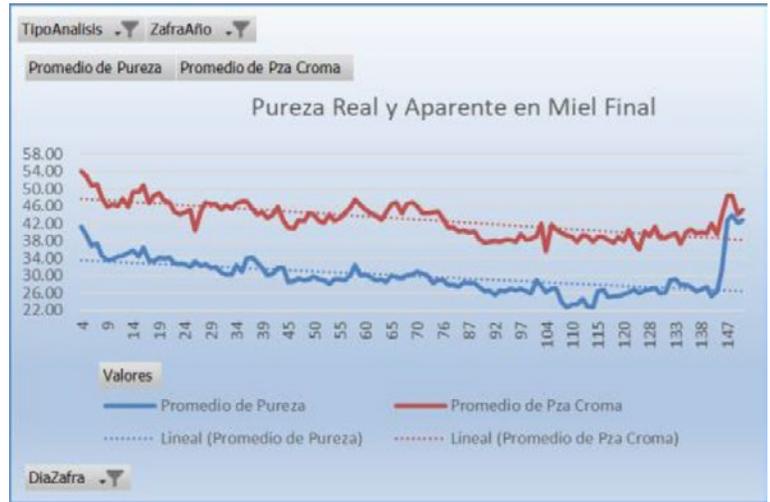


Figura No.4 Comparativo de purezas real, aparente y su diferencia, Zafra 2011-2012 a la 2015-2016

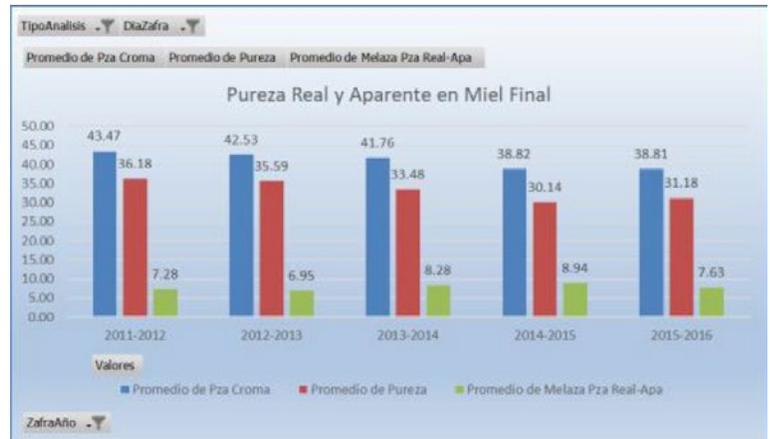


Figura No.5 Comparativo de purezas real, aparente y su diferencia, Zafra 2016-2017 a la 2020-2021



Durante la investigación se ejecutó un proceso de “validación de métodos de ensayo, empleando la guía internacional EURACHEM¹, al determinar que se cumpla con parámetros de desempeño, como: precisión, exactitud, límite de detección, límite de cuantificación, linealidad y otros, aplicados igualmente a la metodología HPLC como Polarimetría.

También se aplica una confirmación de la hipótesis a través del análisis de diferencias significativas, por “comparación de medias”. Para ello se emplea la técnica “t-student”, para confirmar la validez y precisión, confirmándose la representatividad estadística de los valores, basándonos en un muestreo de miles de muestras durante 10 años consecutivos. Ver cuadros No.1, 2 y 3 de fuente propia)

VERIFICACIÓN/CALIBRACION DEL EQUIPO ≤ 1.5 % DE DIFERENCIA ABSOLUTA EN LOS ESTÁNDARES

| Estándar 1 | DIFERENCIAS TEORICA - REAL (EXACTITUD) | | | |
|-------------------|--|--------|--------|---------|
| | Sac | Gluc | Fruc | Dextran |
| Valor Obtenido: | 70.616 | 9.565 | 11.623 | 8.200 |
| Valor Referencia: | 69.131 | 8.414 | 11.228 | 11.228 |
| Dif Abs %peso: | 1.4845 | 1.1507 | 0.3949 | -3.0281 |
| Desv STD | 1.0497 | 0.8137 | 0.2792 | 2.1412 |

◀ Cuadro No.1 Tabla ejemplo de parámetros de desempeño evaluados en 2020-2021.

| Estándar 2 | DIFERENCIAS TEORICA - REAL (EXACTITUD) | | | |
|-------------------|--|--------|--------|---------|
| | Sac | Gluc | Fruc | Dextran |
| Valor Obtenido: | 58.890 | 12.898 | 17.232 | 10.951 |
| Valor Referencia: | 57.522 | 11.623 | 15.389 | 15.465 |
| Dif Absoluta % | 1.368 | 1.275 | 1.842 | -4.514 |
| Desv STD | 0.9670 | 0.9015 | 1.3028 | 3.1922 |

| Estándar 3 | DIFERENCIAS TEORICA - REAL (EXACTITUD) | | | |
|-------------------|--|--------|--------|---------|
| | Sac | Gluc | Fruc | Dextran |
| Valor Obtenido: | 51.887 | 15.374 | 19.787 | 12.923 |
| Valor Referencia: | 51.437 | 13.314 | 17.610 | 17.639 |
| Dif Absoluta % | 0.4495 | 2.0597 | 2.1770 | -4.7168 |
| Desv STD | 0.3179 | 1.4564 | 1.5394 | 3.3353 |

Notas: ICUMSA Metodo GS7/4/8-23

Criterio Dif. Abs ≤ 1.5% para Sacarosa en Reproducibilidad

EVALUACION DE EXACTITUD (RECUPERACION)

| | SACAROSA | | |
|------------|-----------|------------|----------|
| | EXISTENTE | ENCONTRADA | % RECUP. |
| Estándar 1 | 0.2506 | 0.2534 | 101.11 |
| Estándar 2 | 0.3009 | 0.3095 | 102.84 |
| Estándar 3 | 0.3508 | 0.3628 | 103.43 |
| Promedio: | 1.02 | | 102.46 |

◀ Cuadro No.2 Tabla ejemplo de evaluación de la exactitud y/o recuperación evaluados en 2020-2021

Nota: Valor adecuado aceptable debe estar entre 98-102%

CORRELACION DE RESULTADOS REAL VRS TEORICO

SACAROSA

| <u>REAL</u> | <u>TEORICO</u> | <u>COEF R</u> | <u>"m"</u> |
|-------------|----------------|---------------|------------|
| 0.2632 | 0.2507 | | |
| 0.3038 | 0.3007 | 0.99893 | 0.8826 |
| 0.3514 | 0.3506 | | |

► Cuadro No.3 Tabla ejemplo de evaluación de la correlación lineal y sensibilidad, evaluados en 2020-2021

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación ha definido científicamente a través de un proceso de "validación y confirmación de la hipótesis" que el método analítico por HPLC es el correcto, determinándose su precisión y exactitud, mismo que provee mejores mediciones de concentración de azúcares en el proceso agroindustrial, que conllevará a adecuadas decisiones tecnológicas y de eficiencia.

CONCLUSIONES

La investigación ha definido o concluido, luego de las diferentes evaluaciones experimentales desarrolladas sobre muestras de miel final o sea melaza, que el método analítico por HPLC es el correcto. Al determinarse que cumple con los criterios de exactitud (diferencias absolutas contra estándares), repetibilidad y linealidad. Mientras que el método "Polarimétrico" se desvía de los valores reales esperados y mantiene un error significativo.

Investigaciones bibliográficas confirman que los resultados son equivalentes a los emitidos en otros centros de investigación como lo es SPRI (Sugar Processing Research Institute, Louisiana, USA, 1990), y CENGICAÑA, (Centro de investigaciones de la caña de azúcar de Guatemala, lo cual valida también el estudio).

RECOMENDACIONES

Aplicar la metodología de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) cuando se requiere determinar la Sacarosa y pureza real en miel de final o melaza de caña de azúcar, en procesos de fabricación o extracción de azúcar.

- *Grado académico de Ingeniería Química, en la Universidad de San Carlos del Guatemala, graduado 1989*
- *Grado académico de Maestría en Biotecnología Industrial y Agroalimentaria en Universidad de Almería, España, graduado en 2016*
- *Doctor Honoris Causa, de la Universidad Andragógica de Miami, USA, graduado 2020*
- *Estudiante del Doctorado en Investigación científica de Universidad de San Carlos y Universidad de Almería, 2021*

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ *Eurachem Working Group (2014). The Fitness for Purpose of Analytical Methods, 2ª Edición. Europa.*
- ² *Verlag Dr. Albert Bartens (2005). ICUMSA-International Commission for Uniform Methods. Bartens. Berlín, Alemania*


WEBINAR

“Tecnologías que favorecen la eficiencia en la producción de energía”

El 28 de junio se llevó a cabo el webinar de energía con el tema “Tecnologías que favorecen la eficiencia en la producción de energía”. La Licda. Melissa Morales de San Diego S. A. Fábrica Trinidad, expuso sobre el “Control de calidad en la producción de vapor y combustibles en energía”.

Repasó la importancia del control de calidad en energía y el cumplimiento de los siguientes objetivos: Maximizar el potencial operativo, Calidad de los consumibles, Proteger los activos de la planta, Minimizar los impactos al ambiente.

Se abordó el impacto del agua en la industria, las consecuencias en la metalurgia de calderas de mediana y alta presión: Corrosión, Incrustación y Microbiología. La importancia de cómo controlar, cómo medir y cómo minimizar.

Para calderas de alta presión (1000 – 1500 PSI) se refirió a la calidad del vapor. Comentó de los pasos para tratar el agua y la cantidad de elementos que se eliminan de ella en el proceso para hacerla utilizable en calderas de alta presión: filtración, desmineralización, desgasificación, desionización, control de pH, alcalinización, tratamiento químico; el hecho es que el tratamiento correcto y

Reheat Steam

| Parameter \ Target | Sample | N | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|
| Sodium, ppb | C | ≤ 2 | ≤ 4 | ≤ 8 | > 8 |
| Cation conductivity, $\mu\text{S}/\text{cm}^{\text{a}}$ | C | ≤ 0.2 | ≤ 0.4 | ≤ 0.8 | > 0.8 |
| Silica, ppb | D or T | ≤ 10 | ≤ 20 | ≤ 40 | > 40 |
| Chloride, ppb | T | ≤ 2 | ≤ 4 | ≤ 8 | > 8 |
| Sulfate, ppb | T | ≤ 2 | ≤ 4 | ≤ 8 | > 8 |
| Total organic carbon, ppb | T | ≤ 100 | > 100 | — | — |
| Specific conductivity ^a | T | — | — | — | — |

oportuno minimiza las pérdidas de equipo y optimiza la vida útil de turbinas. La normativa que recomienda utilizar para el control de parámetros es de Electric Power Research Institute (EPRI).

Sobre la caracterización de los combustibles se mencionó los siguientes: Determinar las características físicas, químicas, petrográficas y tecnológicas, conocer la variabilidad de los parámetros analizados, definir usos industriales y tecnológicos, realizar contratos de compraventa e identificar problemas ambientales, operacionales y de salud ocupacional.

Las plantas de generación de electricidad requieren que el carbón que alimenta a las

calderas cumpla con ciertas especificaciones de calidad entre las cuales citó:

- **Poder Calorífico:** Indica la energía que puede entregar el carbón o el combustible.
- **Cenizas:** Se considera un contaminante del proceso. Puede depositarse en el fondo de las calderas restándole eficiencia.
- **Agua:** Afecta directamente el poder calorífico; a mayor contenido de agua menor contenido de energía.

En el tema de Biomásas hizo referencia a algunos parámetros que pueden causar limitaciones en su uso, como el cloro, en determinadas condiciones puede causar corrosión acelerada produciendo un aumento de la oxidación, pérdida de metal, ataque interno y capas de óxidos sueltas y no adherentes.

En este webinar también se contó con la participación de los ingenieros: German Atilio Molina e Ing. Yasse Alfredo Chávez de Ingenio El Ángel de El Salvador, quienes compartieron "La experiencia en Ingenio El Ángel con la tecnología de calderas de lecho fluidizado", el enfoque fue la mejora lograda en la eficiencia haciendo la comparación con la nueva caldera y los beneficios económicos obtenidos debido al cambio. Explicaron el esquema de la operación con este cambio, el monto de inversión y las características generales del equipo.

Combustión en lecho fluidizado se refirieron a:

- En la búsqueda del uso eficiente de la energía, la combustión con lecho mixto fluidizado es una alternativa a considerar
- Cualquier combustible, por ejemplo, carbón, petróleo o gas, se dispersa y se quema en un lecho fluidizado de partículas inertes.

- En la mayoría de las aplicaciones, la temperatura del lecho se mantiene en el rango de 750-1000°C para que la combustión del combustible se complete sustancialmente y se evite la sinterización.

Sobre la eficiencia de la Caldera compartió lo siguiente:

- $(1 - \text{Pérdidas}) / \text{Entradas} = 73.35\%$
- PCI base Seca = 4.047 kcal/kg
- PCI base Húmeda = 4.344 kcal/kg

Eficiencia PCI = 91.37 % (Base Húmeda)

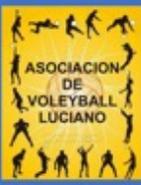
Concluyó el tema indicando los siguientes puntos de atención:

- **Ventilador inducido:** Incrustamiento y desbalance.
- **Filtro de manga:** Cuidado de evitar rupturas
- **Ventilador forzado:** Sobrecalentamiento de baleros
- Ductos de gases después del lavador de gases: Alto por abrasión y corrosión

Para este webinar contamos con la participación de 48 personas de varios países de Latinoamérica.

Atagua agradece el apoyo de Maquifuerza, quien patrocinó este evento.





CAMPEONATO

DE VOLEIBOL

EQUIPOS PARTICIPANTES:

- Investigación agrícola
- Ingenio La Unión
- San Diego
- Madre Tierra
- CAS/UVG
- Santa # 1
- Santa # 2

La Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala y la Asociación de Voleibol Luciano organizaron el campeonato de voleibol, el cual se llevó a cabo en el Polideportivo de Santa Lucía Cotzumalguapa. Según calendario se programaron dos partidos por fecha para los lunes y miércoles, iniciando el 15 de junio a partir de las 7 pm. y finalizando el 10 de agosto.

Los equipos que llegaron a la final fueron:

Ingenio La Unión, Investigación Agrícola, Santa 1 y Santa 2. En donde salió campeón el equipo de Investigación Agrícola.

Este tipo de actividades deportivas es un aporte al programa de vida saludable y compromiso de la industria azucarera en el sector, dando participación a la comunidad como en este caso que ingresaron al campeonato dos equipos, lo cual causó impacto en los medios de comunicación locales y departamentales, quienes dieron cobertura al campeonato.

Con este tipo de eventos ATAGUA se da a conocer en la comunidad no solo realizando eventos técnicos sino sociales, culturales y deportivos.

La actividad fue un éxito. Agradecemos a los equipos participantes y a las familias y público en general que siempre apoyaron a sus equipos favoritos.

Para la realización de este evento se contó con el apoyo de los siguientes patrocinadores:





Curso de Actualización de Tecnologías Aéreas y Terrestres



Los días 29 y 30 de agosto, 2022, se llevó a cabo el Curso de Actualización de Tecnologías Aéreas y Terrestres, con la participación del Dr. Henrique Campos de Brasil, quien expuso temas de actualización y mucho interés en el área de aplicaciones aéreas y terrestres.

Por el tema de pandemia únicamente se contó con la participación de 75 técnicos entre nacionales y extranjeros.

El curso se desarrolló en 2 fases, prácticas realizadas en los Ingenios La Unión y Pantaleón la fase técnica, se llevó a cabo en las instalaciones del auditorium de CENGICAÑA.

El día 29 se convocó a los participantes a la pista de aterrizaje de Ingenio La Unión, donde se mostró lo siguiente:

- El uso del dron en el control de malezas o de otro tipo de productos, el Dr. Henrique indicó las consideraciones básicas que se deben tomar en cuenta al momento de la pulverización, por ejemplo, la faja de vuelo, altura de aplicación, además es importante el monitoreo para obtener el tamaño de gota, esta debe ser a través de las tarjetas hidro sensibles a través de portarjetas que deben tener una angulación de acuerdo

con la velocidad del viento. Indico que las boquillas son otro punto importante para considerar al momento de la aplicación, normalmente se utilizan XR110, pero que debemos estar conscientes con la deriva y NO menos importante la altura de vuelo según el cultivo, en caña de azúcar se vuelo normalmente entre 4-6 m.

- Se realizó un monitoreo de forma práctica para observar la técnica utilizando dos tipos de drones Dron 10 L y TJ30 observando la diferencia en ambos.
- Otra practica fue las características del pulverizador jacto cañero, donde se habló de la importancia de la Inspección periódica de los pulverizadores (limpieza, calibración, revisión de boquillas, etc.), otra variable fue la altura de barra que es importante mantenerla acorde a las condiciones climáticas.
- Las técnicas y prácticas para la aplicación de herbicidas en caña de azúcar y técnicas para mejorar la eficiencia (altura de barra, boquillas y volúmen de aplicación).
- Importancia práctica de la compatibilidad fisicoquímica de herbicidas para evitar taponamiento de mangueras o filtros.



Ese mismo día por la tarde se expuso en el auditorio de CENGICAÑA las tecnologías de aplicación terrestre área y terrestre y la compatibilidad fisicoquímica de defensivos agrícolas, principalmente todo lo relacionado al uso de drones y aviones con experiencias prácticas aplicadas.

El martes 30, se desarrolló la parte práctica en la pista de aterrizaje Dr. Romeo Montepeque – Ingenio Pantaleón, donde los participantes pudieron observar:

- *El uso del espectrometer para determinar el ancho de faja y su calidad de deposición de gotas,*
- *La calibración de Dron, faja de deposición, altura de vuelo, diferentes tipos de boquillas, etc.*

- *Calibración de helicóptero y avión Turbo Trush*
- *Análisis de la información y explicaciones técnicas de la calibración.*

Por la tarde en el auditorium se expuso sobre la calidad de aplicación y técnicas para reducción del riesgo de deriva en la aplicación con dron y otras aeronaves, el efecto de la formulación y volumen de agua para uso en drones, así como las técnicas de aplicación con helicóptero o avión.

Los participantes tuvieron a bien degustar un cocktail de clausura.

ATAGUA agradece a los siguientes patrocinadores que hicieron posible esta capacitación:



syngenta

DISAGRO
AVANTAGRO

ADJUVANTS
NPE Free DRT
BIVERT®

DUWEST
Sociedad con DuPont



Cengicaña
COARTE
MALVAZAS Y MACADAMIAS

