

Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

ENERO · MARZO

2018



www.atagua.org



NUEVOS TRACTORES MF 6700

LA TRANSMISIÓN MECÁNICA
Y/O ELECTRO-HIDRÁULICA MÁS
MODERNA DE LA CATEGORÍA.



Capacidad de levante 70% mayor en la categoría



Torque 16% mayor en el segmento



Transmisión 12x12 con reversión
mecánica y electro-hidráulica



Nuevo motor electrónico con sistema iEGR*
Potencias: 115 cv, 125 cv y 135 cv

*Sistema de control para la emisión de contaminantes.
*Versiones disponibles con cabina y sin cabina

MASSEY FERGUSON es una marca mundial de AGCO

 [masseyfergusonguatemala](https://www.facebook.com/masseyfergusonguatemala)

PBX (502) 2427-0221
Ventas: Ext. 121
Taller y Garantías Ext. 128
Repuestos Ext. 110

www.maquipo.com.gt



Artículo de Campo 04

Efecto de largo plazo de las aplicaciones continuadas de vinaza en las propiedades químicas del suelo.

Artículo de Fábrica 14

Evaluando la operación del tándem de molinos de un ingenio.

Personaje Agroindustria 21

Ing. Elfego Arturo Bautista.

CONTENIDO

JUNTA DIRECTIVA

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

Estimados lectores:

Nos es grato mostrarles una nueva edición de la Revista Atagua, la primera en este año 2018, lleno de nuevos retos y donde como guatemaltecos y miembros del gremio azucarero debemos fortalecer nuestro compromiso y apoyo incondicional en bienestar de nuestras instituciones. Debemos involucrar todas las áreas productivas y aquellas que sirven de soporte al logro de los objetivos trazados. Por lo que, las mejoras en los procesos de transformación de la materia prima, las nuevas estrategias en la logística de cosecha, así como toda la investigación que se sigue desarrollando para lograr que nuestros campos y nuestras fábricas tengan la mayor productividad y menor costo.

En esta edición se presentan dos estudios que tienen mucha relevancia como lo es la evaluación de la operación del tándem de molinos de un ingenio y el efecto de largo plazo de las aplicaciones continuadas de vinaza en las propiedades químicas del suelo, en la nutrición y en el rendimiento de caña y azúcar en un suelo andisol, temas que están vinculados directamente con la necesidad de encontrar mejoras en los procesos y hacer que nuestros campos sean más productivos. También encontrarán mucha más información de su interés relacionada con el gremio azucarero guatemalteco.

Nuevamente la Junta Directiva está muy agradecida con el apoyo recibido de técnicos que han dedicado tiempo en la documentación y exposición de proyectos que permiten que sean mostrados en las revistas técnicas, congresos o seminarios, también agradecemos a los ingenios que nos han abierto las puertas y que nos permiten desarrollar actividades y a la vez permiten la participación de nuestros asociados. Como Asociación seguimos trabajando para realizar actividades de alto nivel técnico-científico que permita a nuestros miembros y técnicos en general desarrollar tecnología de última generación, en beneficio de sus organizaciones y de la agroindustria en general.

Por lo anterior expuesto es que la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala se siente comprometida a seguir sirviendo y mejorando cada día en las distintas actividades a desarrollar y así lograr que los técnicos que con su aporte y asistencia contribuyan a alcanzar los beneficios económicos, sociales y por ende un mejor nivel de vida.

No me queda más que agradecer por ser parte del equipo "ATAGUA"



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



(502) 5517-3878 · (502) 5436-3490



adminatagua@cengican.org
secreatagua@cengican.org

Efecto de largo plazo de las aplicaciones continuadas de Vinaza en las propiedades químicas del suelo, en la nutrición y el rendimiento de caña y azúcar.

Palabras Clave



- Vinaza
- Vinaza a largo plazo
- Vinaza x N
- Bases cambiables
- Suelo Andisol

INTRODUCCIÓN

En Guatemala operan cinco destilerías que producen alrededor de 269 millones de l de alcohol al año que lo convierten como el mayor productor de Centro América (ASAZGUA, 2016). Esta operación año con año genera grandes cantidades de vinaza, estimándose en más de tres millones de m³ en una temporada. La vinaza tiene un alto potencial contaminante si es mal manejado, pero también ofrece oportunidades de uso y aprovechamiento como fertilizante y mejorador de suelos si es manejado en una forma adecuada.

Tomando en cuenta las particularidades de los suelos, clima y condiciones de producción prevalecientes en la zona cañera de Guatemala y del potencial aumento de los volúmenes de producción de vinaza derivado del aumento de la producción de alcohol en esta región se planteó la presente investigación en un suelo Andisol profundo en ingenio Pantaleón con los siguientes objetivos: a) determinar el efecto acumulado de la vinaza en las bases cambiables y otras propiedades químicas del suelo, b) determinar el efecto acumulado de la vinaza en la nutrición del cultivo y b) determinar el efecto de la vinaza en el rendimiento de caña y azúcar en el largo plazo y el efecto de la interacción vinaza x N.

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron a) determinar el efecto acumulado de aplicaciones continuadas de vinaza en las bases cambiables y otras propiedades químicas del suelo después de 12 años, b) determinar el efecto acumulado de la vinaza en la nutrición del cultivo y c) determinar el efecto de la vinaza en el rendimiento de caña y azúcar y las dosis de aplicación y su efecto en las dosis de N. El experimento fue establecido en el año 2005 en un suelo Andisol profundo (*Pachic Melanudands medial*) de Finca El Bálsamo de ingenio Pantaleón y se ha evaluado por 12 años consecutivos. Se evaluaron cinco niveles de vinaza (10 % sólidos totales) (0, 10, 30, 60 y 90 m³/ha) y tres niveles de nitrógeno (0, 50 y 100 kg de N/ha), que fueron arreglados en un factorial 5 x 3, con 15 tratamientos. Adicionalmente se agregó un tratamiento de 120 m³ de vinaza/ha sin nitrógeno para un total de 16 tratamientos evaluados bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron aplicados todos los años en las mismas dosis en el periodo evaluado. El K intercambiable del suelo se incrementó significativamente a medida que se aumentaron las dosis de vinaza hasta los 60 cm del perfil y ha provocado desbalances en las relaciones de bases (Ca/K y Mg/K) en forma significativa después de la 12^a aplicación continuada de vinaza y se ha mejorado la saturación de bases pasando de valores del 29 al 59 %. Se han observado aumentos en Ca, Mg y materia orgánica y aumento en el pH del suelo. Las concentraciones de N, P, K y Mn en la hoja mejoraron con las aplicaciones de vinaza a partir de 30 m³/ha aunque se observaron reducciones en el Ca y Mg. La vinaza incrementó el rendimiento de caña en forma significativa y redujo la respuesta a nitrógeno indicando la posibilidad de reducir la dosis de N hasta en un 50 % de la dosis actual.

Ovidio Pérez¹, Fernando Hernández¹, Adán Javier², Abimael López³, Aníbal Sacbaja³ y Agustín Merino⁴

¹ Coordinador Programa de Agronomía y Técnico de Fertilización, CENGICAÑA; ²Departamento de Investigación de ingenio Pantaleón; ³Universidad de San Carlos de Guatemala y ⁴Universidad de Santiago de Compostela, España.

METODOLOGÍA

El estudio dió inicio con el establecimiento del experimento en el año 2005 con la variedad CP72-2086 en finca El Bálsamo de Ingenio Pantaleón; este suelo corresponde a un Andisol profundo (Pachic Melanudands medial) del grupo de manejo 2 (CENGICAÑA, 2002). El suelo es de textura Franco Arenoso en la capa superficial, de reacción medianamente ácido, con alto contenido de MO (7.6%), bajos contenidos de fósforo y potasio y con contenidos adecuados de Ca y Mg.

Los factores evaluados en los doce años consecutivos fueron: vinaza (10 % sólidos totales) con cinco niveles (0, 10, 30, 60, y 90 m³/ha) y nitrógeno con tres niveles (0, 50 y 100 kg/ha); los niveles de ambos factores se arreglaron en el factorial 5 x 3, originando 15 tratamientos. Un tratamiento mas fue agregado evaluando una dosis alta de vinaza (120 m³/ha) sin aplicación de nitrógeno (0 N). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones con unidades experimentales de cinco surcos separados a 1.5 m y de 10 m de largo.

Las dosis de nitrógeno establecidas fueron aplicadas anualmente en banda e incorporado al suelo una a dos semanas antes de la aplicación de la vinaza. Todos los tratamientos recibieron P en forma uniforme en dosis de 80 kg de P₂O₅ en las plantías y de 60 kg en las socas, utilizando como fuente Triple superfosfato (0-46-0).

La vinaza fue aplicada, según las dosis establecidas, a las seis y siete semanas después de siembra en las plantías y entre seis y ocho semanas después de corte en las socas aplicando sobre toda la superficie de las parcelas respectivas en forma manual con cubetas graduadas para verificar la aplicación de las dosis correspondientes. La vinaza utilizada en los tres

primeros ciclos (2005, 2006 y 2007) provino de la Destiladora de Alcoholes y Rones Sociedad Anónima –DARSA-, y en los años siguientes la vinaza utilizada se obtuvo de la Destiladora Bioetanol, de ingenio Pantaleón; el análisis de vinaza de las dos destiladoras se presenta en el Cuadro 1.

Para monitorear el efecto acumulado de la vinaza en los 12 años de aplicación se tomaron muestras de suelo a tres profundidades del perfil (0-20, 20-40 y 40-60 cm) en los cinco niveles de vinaza en la modalidad sin nitrógeno en dos repeticiones en dos tiempos (*después de la 12^{ava} aplicación de la vinaza*, 1) 15 días después de la aplicación (*Junio de 2016*) y 2) nueve meses después de la aplicación (*marzo de 2017*). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Agronómico de CENGICAÑA.

Se tomaron muestras foliares a la edad de 4.5 meses (*septiembre de 2016*) en todas las parcelas en tres repeticiones del experimento, muestreando la Hoja TVD y analizando el tercio medio de la hoja sin la nervadura central (*Anderson y Bowen, 1994*).

La variable concentración de sacarosa, fue determinada a través de un muestreo previo a la cosecha, en el cual cada muestra se obtuvo extrayendo aleatoriamente cinco tallos de los tres surcos centrales de cada parcela y en algunos años se determino el K en el jugo expresado como K%brix.

La cosecha varió entre los 10 y 12 meses de edad del cultivo, cortando en las parcelas manualmente la totalidad de los tallos de los cinco surcos los cuales fueron pesados obteniendo de esta manera el rendimiento de caña, expresado en toneladas métricas de caña por hectárea (TCH) en todos los tratamientos.

Cuadro 1

Contenido medio de K, Ca, Mg, P y N total por m³ de vinaza proveniente de dos fuentes.

Vinaza aplicada	N	Ca	Mg	K	P
	kg/m ³				
Bioetanol	1.7	2.9	1.1	9.3	0.4
DARSA, S.A		1.1	0.5	8.7	0.3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Potasio en el perfil del suelo

El K intercambiable en el suelo en la capa superficial (0-20 cm), medido 15 días después de haber aplicado la vinaza en su 12'avo año consecutivo (Figura 1a), aumento su concentración en forma exponencial al aumentar las dosis de vinaza, alcanzando concentraciones de 8 meq/100g en las dosis más altas evaluadas. En tanto se observa, que en los estratos inferiores (20-40 y 40-60) del perfil, el K ha aumentado en forma moderada de 0.6 a 2 meq/100g en forma lineal conforme se aumentaron las dosis de vinaza. Sin embargo, nueve meses después (Figura 1b), la situación ha cambiado. En este caso, se observa que ha habido una disminución de los niveles de K en el estrato superficial y por el contrario ha habido un aumento exponencial del K en los dos estratos inferiores igualando relativamente sus contenidos a los de la capa superior.

Esta situación se explicaría por una redistribución del K en el perfil al migrar el exceso de K de la capa superior a las capas inferiores del suelo favorecido por las lluvias de la temporada lluviosa (junio-octubre de 2016) aunado a las texturas Franco Arenosas del perfil y por la extracción de K por el cultivo. La variedad CP72-2086 puede extraer alrededor de 2.65 kg de K₂O/t de caña producida (Pérez, 2012). La acumulación de K en el perfil del suelo será cada vez más mayor con el tiempo de años de aplicación; Pérez *et. al.*, 2013, reportan que la acumulación de K en la parte superficial del suelo muestreada al inicio de la época lluviosa con seis aplicaciones continuadas de vinaza en el año 2010 en este experimento fue lineal y con un máximo de 4 meq/100g con la dosis de vinaza más alta (120 m³/ha).

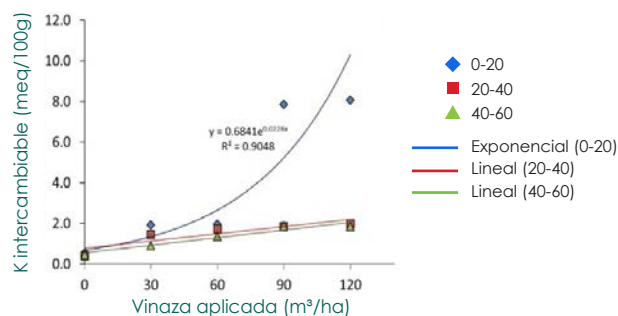
En la Figura 1 se muestra la concentración del K intercambiable a tres profundidades del perfil del suelo acumulado después de 12 años consecutivos de aplicación de diferentes dosis de vinaza en dos periodos posteriores a la ultima aplicación: a) 15 días después de la 12'ava aplicación muestreada en junio de 2016 y b) nueve meses después de la 12'ava aplicación, muestreada en marzo de 2017.

Los altos niveles de K en el suelo provoca alteraciones y cambios en las relaciones de los otros cationes cambiabiles como el Ca y el Mg (Pérez, *et. al.* 2013).

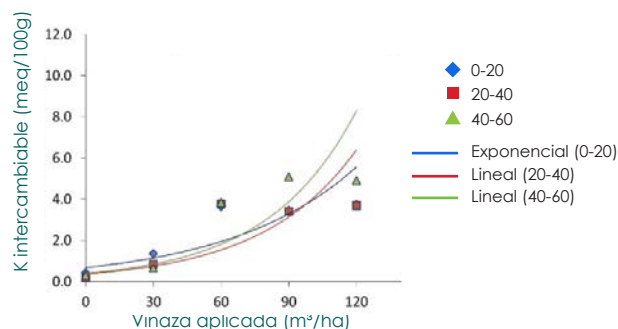
Figura 1

K intercambiable a 0-20, 20-40 y 40-60 cm del perfil acumulado después de 12 años continuos de aplicación de diferentes dosis de vinaza muestreado en dos periodos, a) 15 días después de la aplicación y b) 9 meses después de la aplicación.

a) 15 días dd aplicado (junio 2016)



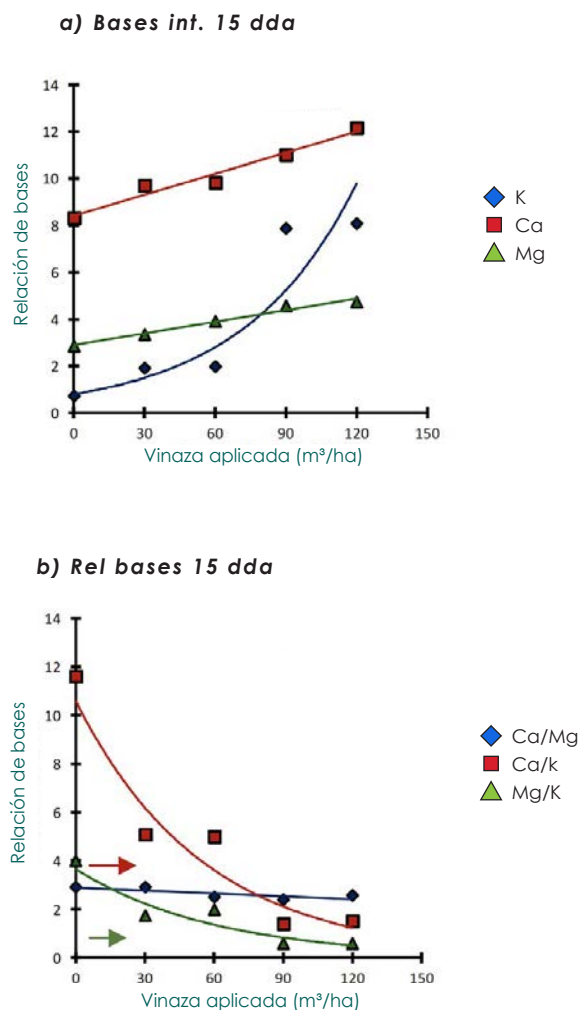
b) 9 meses dd aplicado (marzo 2017)



Bases cambiables y relación de bases

Figura 2

Bases cambiables del suelo en la capa superficial (0-20 cm): a) contenidos de Ca, Mg y K y b) relación de bases, 15 días después de la 12ª aplicación de vinaza (junio de 2016).



En la Figura 2 se muestran los contenidos de Ca y Mg en comparación con el K intercambiable y la relación entre ellas en la capa superficial del suelo.

En la Figura 2a se observa que los contenidos de Ca y Mg han aumentado en forma lineal al aumentar las dosis de vinaza en la capa superficial. El Ca pasó de 8 meq/100g cuando no se aplicó vinaza a 12 meq/100g con la aplicación de 120 m³/ha, en tanto que el Mg cambió de 2.5 a 4.5 meq/100 en esos mismos tratamientos. Sin embargo, el cambio provocado en el contenido de K por las aplicaciones de vinaza es exponencial, de tal manera que el K ha provocado un desbalance en las relaciones de bases como se observa en la Figura 2b. En la Figura se observa la caída drástica de la relación Ca/K y de la relación Mg/K con los aumentos de las aplicaciones de vinaza. De la Figura 2b (línea roja) se deduce que la relación Ca/K disminuyó de 11 (valor adecuado) a un valor desbalanceado para Ca de 1.5. En tanto que la relación Mg/K (línea verde) disminuyó de 4 (valor adecuado) a 0.6, cuyo valor está por abajo del valor mínimo de referencia (2.5). La relación Ca/Mg no ha sufrido cambios con las dosis de vinaza aplicadas en el tiempo estudiado y están en valores adecuados.



En el Cuadro 2 se presenta el efecto de la vinaza en algunas propiedades de interés y de nutrientes en la capa superficial del suelo.

La vinaza ha aumentado ligeramente el pH del suelo de 5.9 a 6.2 y se observa un ligero incremento de la materia orgánica del suelo (MO) de 8.1 a 9.3 con las dosis más altas de vinaza: Por su lado la saturación de bases mejoro notablemente de 29.1 a 59.4 por ciento, por el aumento de los niveles de K, Ca y Mg intercambiables adicionados por la vinaza. Los niveles de P, Cu y Zn no han sido afectados en tanto que es evidente que la vinaza ha incrementado significativamente los niveles de Fe, Mn y B en el suelo, especialmente con la aplicación de 90 o más m3/ha, mejorando de esta manera la fertilidad del suelo en forma general.

Cuadro 2

pH, MO, saturación de bases, P y micronutrientes en la capa superficial del suelo (0-20cm), dos semanas después de la aplicación del doceavo año consecutivo de aplicación de vinaza (15 de junio de 2016).

Vinaza aplicada (m ³ /ha)	pH agua	MO	Sat bases	P	Cu	Zn	Fe	Mn	B
		%	(%)	(ppm)					
0	5.9	8.1	29.1	0.2	0.0	1.4	1.7	27.6	0.1
30	5.9	8.1	36.5	0.3	0.1	1.5	1.9	46.9	0.3
60	6.0	8.2	38.6	0.3	0.1	1.6	2.1	91.2	0.4
90	6.2	9.1	58.1	0.2	0.1	1.7	4.8	211.4	4.0
120	6.2	9.3	59.4	0.2	0.1	1.5	6.9	164.7	3.9

En el Cuadro 3 se presentan los niveles de nutrientes en la hoja TVD a la edad de 4.5 meses del cultivo después de la 12'ava aplicación consecutiva de vinaza (septiembre de 2016).

Cuadro 3 Concentración de nutrientes en la hoja TVD a los 4.5 meses

Vinaza (m ³ /ha)	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Fe	Mn
	%					ppm				
0	1.72 c	0.18 bc	0.99 c	0.26 a	0.10 a	9.98	0.65	6.2	43.2	13.9 ab
10	1.74 c	0.18 c	1.07 c	0.24 ab	0.08 a	9.96	0.78	5.4	38.5	10.2 b
30	1.85 b	0.18 abc	1.38 b	0.21 bc	0.08 a	8.75	0.76	5.9	40.4	10.4 b
60	1.98 ab	0.19 a	1.51 ab	0.21 c	0.08 a	10.08	0.94	6.8	43.7	17.4 a
90	1.94 a	0.19 a	1.61 a	0.19 c	0.09 a	9.74	0.94	6.9	48.3	19.7 a
120	1.98 a	0.20 a	1.64 a	0.18 c	0.07 b	8.59	0.79	6.3	45.5	17.7 a
Pr>F	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.04	ns	ns	ns	ns	0.0001



Las aplicaciones de vinaza (Cuadro 3) aumentaron significativamente los niveles de N, P, K y Mn en la hoja, pasando de niveles deficitarios a niveles adecuados al aumentar las dosis de vinaza en todos los casos. La concentración de N en la hoja alcanzo niveles adecuados a partir de la aplicación de 30 m³/ha de vinaza y alcanzo valores óptimos cercanos a 2.0 % con la aplicación de 90 y 120 m³/ha. Es de hacer notar que la aplicación de la dosis de 120 m³/ha de vinaza fue aplicada sin nitrógeno, lo que indica que la vinaza sola, está promoviendo o aportando las cantidades suficientes de N para un buena nutrición del cultivo (Anderson y Bowen, 1994). De la misma manera se puede decir del fosforo que alcanzo el valor

óptimo (0.20%) en la planta con la dosis de 120 m³. El contenido de Mn alcanzó valores óptimos a partir de la aplicación de 60 m³ de vinaza, congruente con el aumento de la disponibilidad de Mn en el suelo por las aplicaciones de vinaza.

El K se incrementó en forma significativa a partir de 10 m³/ha, lo cual era esperado debido al alto contenido de K de la vinaza y al aumento del K intercambiable del suelo en el perfil. Sin embargo los contenidos de K en la hoja con la dosis de vinaza de 90 y 120 m³/ha han superado ligeramente los límites de valores óptimos de 1.60

% (Anderson y Bowen, 1994) y podrían entrar en la zona de consumo de lujo, a niveles suficientes para reducir la absorción de Ca y Mg por el cultivo. De hecho, el contenido de Ca ha disminuido a valores inferiores al óptimo con la dosis de 90 y 120 m³ de vinaza/ha. El Mg en general está bajo en la planta independientemente de la vinaza aplicada, aunque se observa una ligera disminución de su nivel con la aplicación de las dosis de vinaza más altas.

Rendimiento de caña y azúcar

Los análisis de varianza por zafra indicaron que la vinaza afectó positiva y significativamente el rendimiento de caña en todos los casos, en tanto que la concentración de azúcar no fue afectada en forma consistente y significativa. En la *Figura 3* se presentan las respuestas observadas y estimadas del rendimiento de caña por zafra en las 12 zafras evaluadas.

Las magnitudes de las respuestas obtenidas variaron según la zafra y ciclo de cultivo. En los dos primeros años de la evaluación, la respuesta del rendimiento de caña fue lineal al aumentar las dosis de vinaza y los cortes siguientes muestran una respuesta de tipo cuadrática con excepción de la zafra 2014 que fue diferente.

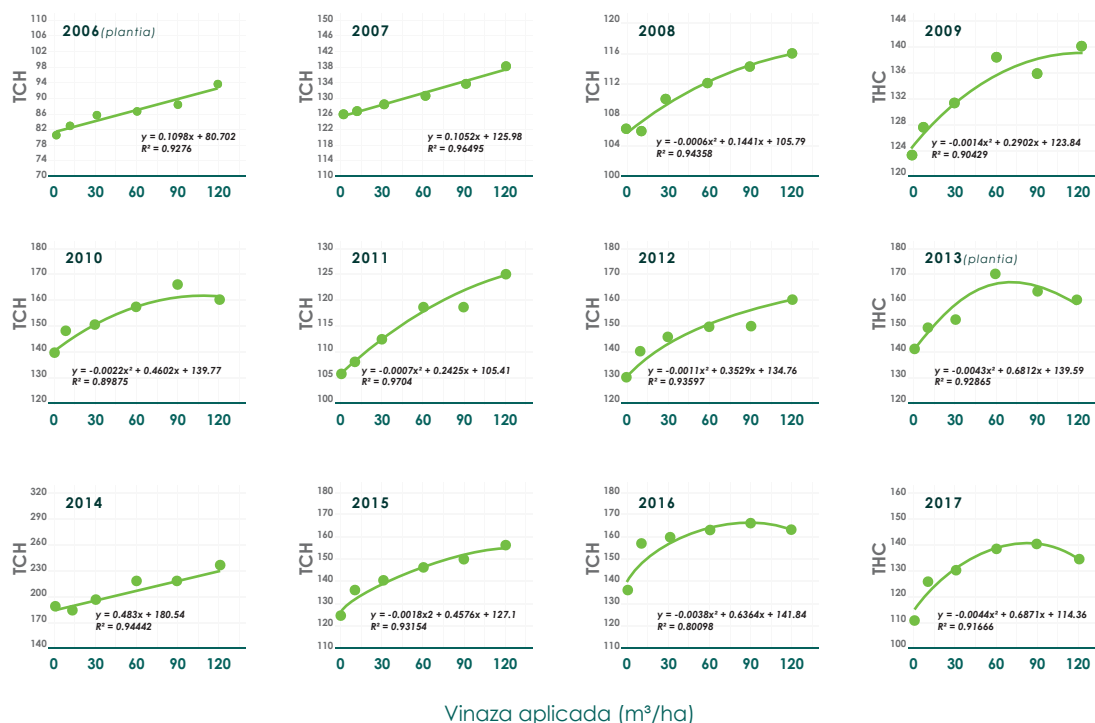
Los incrementos máximos en rendimiento de caña estimados en los modelos de regresión cuadráticos variaron desde 8.7 en la zafra de menor respuesta hasta 29 TCH más en la zafra de mayor respuesta. Estos resultados son congruentes con lo que se reporta en la literatura sobre vinaza para variadas condiciones (Dantur et al., 1996; Pennati et al., 2005 y Pérez et al., 2003).

El análisis de varianza combinado de 12 cortes (*Cuadro 1A del anexo*) para el factorial 5 x 3 indicó que el efecto de la vinaza y el efecto de la interacción zafra x vinaza tuvieron efectos estadísticamente significativos en el rendimiento de caña a un nivel de probabilidad alto ($p:0.0001$) y se observa que el efecto principal de N fue no significativo, pero sí lo fue la interacción vinaza x N a un nivel de probabilidad razonable ($P:0.10$),

indicando que el efecto de N en la producción dependió del nivel de vinaza aplicado, mismo que fue observado por Pérez et al. 2013. El efecto principal de la zafra fue estadísticamente significativo en la variación del rendimiento de caña en al menos una de ellas.

Ninguna de las fuentes de variación de interés del análisis combinado tuvo efecto significativo en el contenido de azúcar (kg Az/t caña), aunque el efecto de la vinaza se acercó a ser significativa ($P: 0.13$). En la *Figura 4* se presenta la respuesta promedio de TCH, kg de azúcar/t de caña y TAH en los 12 años evaluados y en la *Figura 5* se presentan los promedios de estas variables obtenidos en la zafra 2016/17 después de la 121ava aplicación.

Figura 3



Respuestas observadas y estimadas por zafra en la variable rendimiento de caña (TCH) según diferentes niveles de vinaza aplicada

De la Figura 4 se deduce que la dosis de vinaza en donde se alcanzó el más alto rendimiento de caña promedio fue con la aplicación de 122 m³/ha con un rendimiento experimental estimado de 149.5 TCH ($y = 127.1 + 0.367x - 0.0015x^2$), de tal manera que el incremento promedio estimado por año en los 12 años fue de 22 TCH mas. La vinaza disminuyó levemente el contenido de azúcar de la caña de tal manera que la dosis de vinaza para alcanzar el máximo rendimiento de azúcar (TAH) fue estimado en una dosis menor equivalente a la aplicación de 97 m³/ha (derivado de $y = 14.87 + 0.0385x - 0.0002x^2$).

Sin embargo, en la última zafra (Zafra 2016/17) después de 12 años de aplicación consecutiva de la vinaza en diferentes dosis (Figura 5) se observa que la dosis donde se alcanzó el TCH máximo fue menor que el obtenido con el promedio, en este caso se obtuvo con una dosis de solamente 78 m³/ha (derivado de $y = 114.39 + 0.6866x - 0.0044x^2$) y en el caso del rendimiento de azúcar (TAH) el máximo TAH se obtuvo con 68 m³/ha (derivado de $y = 13.032 + 0.0672x - 0.0005x^2$).

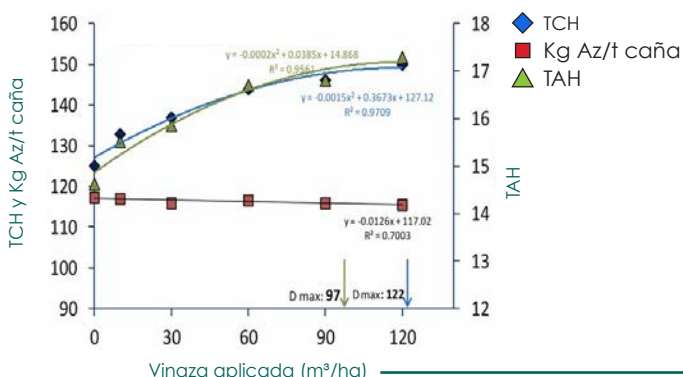
En la última zafra (2016/17) se observa que la aplicación de vinaza redujo en forma lineal los kg de azúcar/t de caña con el incremento de las dosis de vinaza. Se estima una reducción de 0.45 kg de azúcar/t de caña por cada 10 m³ de vinaza en la 12'ava aplicación.

La disminución de las dosis de vinaza para la obtención de los máximos rendimientos de caña y azúcar con las aplicaciones continuadas de vinaza y la reducción de la concentración de azúcar con el aumento de las dosis, indican la acumulación de la vinaza en el suelo y sus efectos en el cultivo en el largo plazo que hay que tener en cuenta para el manejo adecuado de este efluente. Es importante tener en cuenta el constante monitoreo de las bases cambiables del suelo y sus relaciones para mantener en el futuro una adecuada fertilidad de los suelos, aplicando dosis adecuadas de este importante recurso y mantener también de esta manera un control sobre la calidad de los jugos que se entregan a la Fabrica (Pérez et. al., 2013).

Figura 4

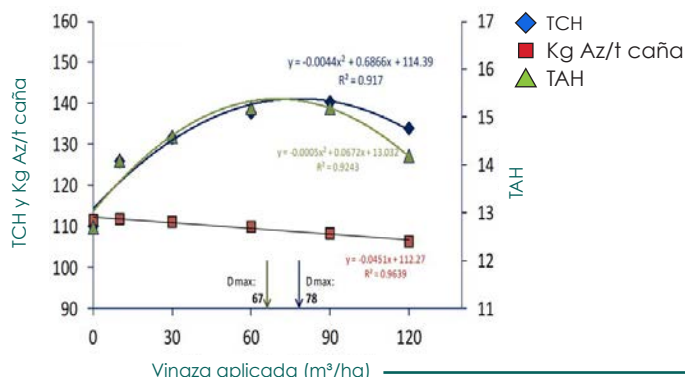
TCH, KgAz/t caña y TAH promedio de 12 cortes según dosis de vinaza aplicadas durante 12 años.

Promedio 12 años

**Figura 5**

TCH, KgAz/t caña y TAH promedio de la zafra 2016/17 después de 12 aplicaciones consecutivas de vinaza en diferentes dosis.

Zafra 2016/17



Interacción vinaza nitrógeno

En la Figura 6 se observa que la respuesta a nitrógeno fue diferente según el nivel de vinaza aplicado. En ausencia de vinaza (0 vinaza), la aplicación de 100 kg de N incrementó en promedio 7 TCH con relación a no aplicar N. Sin embargo estas diferencias se fueron reduciendo conforme se aumentó la dosis de vinaza hasta ser casi imperceptibles con la dosis más alta aplicada, lo que es un indicativo de que la vinaza está aportando las necesidades de nitrógeno del cultivo y al mismo tiempo está corrigiendo otras limitantes nutricionales que hay en estos suelos como ya fue indicado en la parte correspondiente.

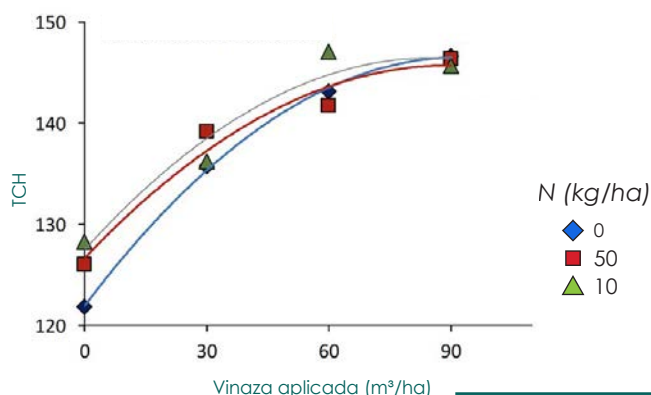
Las aportaciones de nitrógeno probablemente provengan además de los contenidos de N de la vinaza, de una mayor mineralización de la materia orgánica del suelo al proveer la vinaza, carbono fácilmente descomponible por los microorganismos del suelo.

Los resultados de este trabajo son interesantes en cuanto indica la posibilidad potencial de reducir las necesidades de aplicación de nitrógeno hasta el 100 por ciento con aplicaciones de 90 m³ de vinaza o más y del 50 por ciento con la aplicación de 60 m³/ha. En otros lugares se reporta que la vinaza puede sustituir parte o todo el nitrógeno que requiere el cultivo de caña de azúcar (Gloria y Magro, 1976; Gomez y Rodriguez, 2000).

Figura 6

Efecto de la interacción vinaza x N en el rendimiento de caña promedio de 12 cortes.

Interacción vinaza x N



CONCLUSIONES

Las vinaza incrementó exponencialmente las concentración de K del suelo al aumentar la dosis. Este incremento ha provocado desbalances en las relaciones de bases con aplicaciones anuales por arriba de 30 m³ de vinaza/ha. La relación Ca/K disminuyo de 11 a 1.5 y la de Mg/K de 4 a 0.6 con la dosis de 120 m³/ha, de vinaza en la capa superficial del suelo, aunque estos niveles no han afectado el rendimiento de caña en forma signnificativa. Se observaron ligeros incrementos del pH, MO y Mn del suelo al aumentar las dosis de vinaza.

La vinaza mejoro la nutrición del cultivo, aumentando los niveles de N, P, K y Mn a niveles óptimos con aplicaciones de 90 y 120 m³/ha, y se observaron disminuciones de los niveles de Ca que pasaron de niveles suficientes a niveles deficientes con la aplicaciones de 90 y 120 m³ de vinaza/ha.

En promedio la vinaza ha incrementado significativamente el rendimiento de caña. Se obtuvo un incremento promedio anual de 22 TCH mas con la aplicación de 120 m³/ha con relación al testigo sin vinaza en el periodo evaluado. Sin embargo en términos de contenido de azúcar, es evidente una ligera disminución en la medida que se aumentaron las dosis de vinaza, de tal manera que se determino que la dosis máxima de aplicación promedio durante el periodo fue de 97 m³/ha para no afectar el rendimiento de azúcar por ha.

Los resultados indican que las dosis máximas para obtener los máximos rendimientos de caña y azúcar varían con el tiempo. Se estimo que después de la 12'ava aplicación las máximas dosis fueron de 78 y 68 m³/ha de vinaza para maximizar TCH y TAH respectivamente.

Se determino que la vinaza aporta las necesidades de N del cultivo con aplicaciones por arriba de 90 m³/ha, y que sugiere la posibilidad de reducir las aplicaciones de N del 50 %.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Licenciada Wendy de Cano y al personal de Laboratorio Agronómico de CENGICAÑA por su apoyo en los análisis químicos realizados y al departamento de investigación de ingenio Pantaleón por su apoyo logístico en la realización de la investigación.



Referencias Bibiográficas

Anderson D. y Bowen J. 1994. *Nutricion de la caña de azúcar. Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS). Quito Ecuador, 40p.*

Dantur, N. ; Scandaliaris, J. ; Pérez, F.; Roncedo, M. 1996. *Aprovechamiento agrícola de los residuos de la agroindustria de la caña de azúcar. Parte II: El uso de la vinaza. Avance Agroindustrial, Argentina. pp. 38 41.*

Gloria, N.A.; Magro, J.A. 1976. *Utilizacao agrícola de residuos da usina de Acucar e destilaria na usina da Pedra. In: Seminario Copersucar da Agroindustria Acucareira. Sao Paulo. P. 163-180.*

Gomez J. y Rodriguez O. 2000. *Effects of vinasse on sugarcane (Saccharum officinarum) productivity. Ver. Fac. Agron. (LUZ). 14:318-326.*

Perez, O. 2012. *Nutricion y Fertilizacion. Em: Libro "El Cultivo de la Caña de Azucar em Guatemala". Guatemala, Cengicaña. PP. 149-176*

Penatti, C. P.; De Araujo, J.V.; Donzelli, J.L.; De Souza S.A.V.; Forti, J.A. and Ribeiro R. 2005. *Vinasse: A liquid fertilizer. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 25 (1):403-411.*

Pérez, O.; Natareno, E.; Hernández, F. 2003. *Evaluación de las aplicaciones de vinaza y fertilización mineral con nitrógeno y potasio en la producción de caña en un suelo Andisol. En: Memoria de presentación de resultados de investigación zafra 2002-2003. CENGICAÑA, Guatemala. pp 128-133.*

Pérez, O. López A.; Hernández F. y Ralda G. 2009. *Evaluación de las aplicaciones continuadas de vinaza en el cultivo de caña de azúcar y su efecto en un suelo Andisol de Guatemala. En. Memoria de presentación de resultados de investigación zafra 2008-2009. CENGICAÑA, Guatemala pp. 173-181p.*

Perez, O.; C. Ufer; V. Azañon and E. Solares. 2013. *Strategies for the optimal use of nitrogen fertilizers in the sugarcane crop in Guatemala. In. Proc. Int. Soc.*

ANEXO

Análisis combinado del rendimiento de caña y contenido de azúcar de 12 zafras.

Fuente de variación	Gl	Rendimiento de caña (Pr > F)	Sacarosa (Pr > F)
Zafra	11	0.0001 (**)	0.0001 (**)
Rep (zafra)	36	-----	-----
Vinaza	4	0.0001 (**)	0.13
Zafra x vinaza	44	0.0003 (**)	0.71
N	2	0.21	0.28
Zafra x N	22	0.49	0.51
Vinaza x N	8	0.09 (*)	0.80
Zafra x Vinaza x N	88	0.99	0.41
CV (%)		8.5	4.7



Mayoral 35 SL



Un nuevo concepto en el control de malezas.

El socio ideal para la protección de caña de azúcar.

ADAMA

Conoce más en:



www.adama.com/central-america/es

- Control de malezas desde el inicio.
- Se puede aplicar en seco.
- Baja carga química.
- Permite aplicaciones sobre mulch o rastrojo.
- Control efectivo y residual de las principales malezas.

Evaluando la Operación de Molinos de un Ingenio

Byron De Jesús López
CORPORACIÓN SAN DIEGO
blopez@sandiego.com.gt

Palabras
Clave



- Extracción de sacarosa
- Pol de bagazo
- Eficiencia de imbibición

RESUMEN

Se creó un método de evaluación primaria de la operación del tándem de molinos en los que se obtuvieron muestras de caña ingresando al tándem, bagazo saliendo del tándem, jugo primario, jugo de molino 2, jugo diluido y jugo residual de bagacera de último molino. Las muestras se tomaron en los tiempos aproximados, donde tanto los jugos como el bagazo, representen a la caña ingresando, para poder conocer: *Extracción de sacarosa, Extracción 12.5% Fibra, Eficiencia de la imbibición, Porcentaje de jugo extraído por el molino 1, Porcentaje de Pol extraído por el molino 1, Extracción global del Molino 1, Fibra en caña, fibra en bagazo.*

Con los valores analíticos de los flujos ingresando y saliendo del tándem, se calculó por medio de sistema de ecuaciones simultáneas, el valor porcentual para el jugo diluido (*Extracción Diluida*), bagazo y agua de imbibición, con respecto a una masa de caña ingresando, con lo cual se puede relacionar la extracción de sacarosa tomando en cuenta el bagazo saliendo hacia calderas y el jugo diluido saliendo del tándem hacia la fábrica. Para determinar Pol%caña se utilizó el método DAC.

El objetivo de este estudio es el cambiar el paradigma guatemalteco sobre la operación de molinos donde la eficiencia del molino es el valor del Pol de bagazo, por la extracción de sacarosa, conocida por una evaluación que en un tiempo menor a 90 minutos, pueda generar dicho valor.

INTRODUCCIÓN

¿Cuál es o debería ser el parámetro de evaluación de la eficiencia operacional del tándem de molinos y qué factores influyen en dicha eficiencia? En Guatemala, es de uso común en la mayoría de ingenios, la mayoría de técnicos y hasta asesores, el tomar el valor del Pol en bagazo, como el parámetro al que se le debe fijar una meta a alcanzar. Incluso en algún ingenio, antes de la zafra, se puede leer un cartel con la meta fijada de disminuir el Pol de bagazo de un valor, a uno menor en promedio.

Fue muy interesante conocer, durante un evento de capacitación del año 2016 (*Curso avanzado de Extracción y Fabricación de ATAGUA 2016*) con un asesor brasileño del área de preparación y extracción, que en ningún momento de la capacitación él menciona el Pol de bagazo como parámetro operacional. Él mencionaba la extracción de Brix y la extracción de sacarosa como valores a maximizar.

En la figura se muestra el proceso de extracción como una caja de proceso donde lo que entra suma lo mismo que lo que sale. Si en las 100 TM de caña ingresara un 13% de Pol (13 TM) y de este Pol, se lograra extraer el 97% hacia el jugo diluido, las 100 TM de jugo diluido contendrían 12.61TM de Pol. El Pol en bagazo, tendría un valor de $1.56\%((13-12.61)*100/25)$.

Sin embargo, se sabe que si el valor del Pol en caña fuera 14% y se tuviera la misma extracción, el jugo diluido contendría 13.58 TM de Pol y el valor del Pol en bagazo sería 1.68.

Este sencillo ejemplo indica, que al no contar con valores constantes de Pol en caña, el valor de Pol en bagazo variaría para operaciones de extracción similares. Por lo mismo, se puede también pensar que la pérdida de Pol en bagazo no puede ser colocada como meta a menos que sea por medio de rangos en base a los valores máximos y mínimos históricos para el contenido de Pol de la caña y la extracción. En el segundo caso, la pérdida de Pol en bagazo sería superior pero la cantidad de azúcar recuperada en el jugo diluido, sería considerablemente mayor que para el primer ejemplo (13.58 TM de Pol contra 12.61TM de Pol).

Hulletts(1975) muestra los fenómenos y parámetros para comprender si la operación de extracción es eficiente. Se analiza la extracción de sacarosa, Jugo absoluto perdido%Fibra, Extracción12.5%Fibra, Extracción del molino1, Eficiencia de la imbibición, etc.

La eficiencia de la imbibición, la plantean, desde el conocimiento que en esos años tenían acerca de que los valores del jugo que está dentro del bagazo (verdadero concepto de jugo residual, Chen, 1991) eran distintos a los valores del jugo que cae de la maza bagacera del último molino, e idearon dicho valor como el Pol del jugo residual de la maza bagacera, dividido entre el valor de Pol del jugo residual dentro del bagazo. Rein (2012) menciona el fenómeno por el cual existe dicho índice y se explica en los siguientes párrafos.

La extracción de sacarosa al ser un parámetro muchas veces secundario, como se comentó, se llega a conocer hasta el siguiente día que se hace el balance del ingenio. Para la determinación de la extracción de sacarosa, se utilizaron los valores de Pol%caña, Pol%bagazo, Bagazo%caña según la fórmula 1:

$$\text{Ext\%Sacarosa} = \frac{(\text{Pol\%caña} - (\text{Pol\%Bagazo} * \text{Bagazo\%} \frac{\text{Caña}}{100})) * 100}{\text{Pol\%caña}}$$

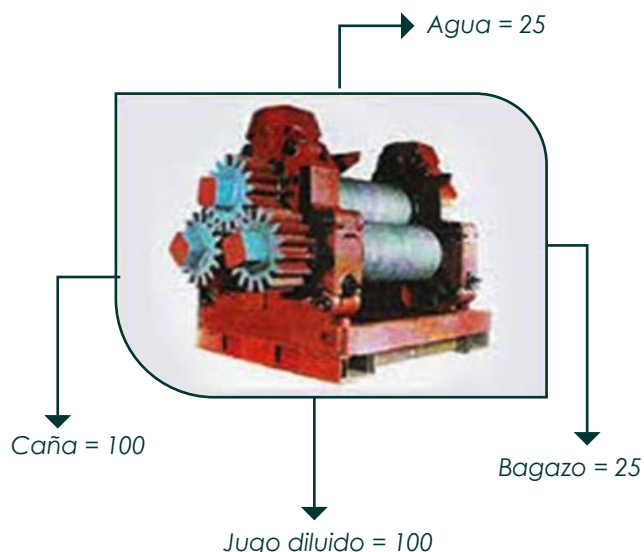
Ec1.

Esta ecuación no necesita flujos conocidos, sino sólo datos de análisis en vista que el valor de Bagazo%Caña se puede calcular por la ecuación 2.

$$\text{Bagazo\%Caña} = \frac{\text{Bagazo\%Caña} * 100}{\text{Fibra\%Bagazo}}$$

Ec2.

Flujos de proceso de extracción en molinos.
Fuente: Realización propia.



Cabe hacer notar que cuando se utiliza la ecuación 1 para calcular la Extracción de Sacarosa, se supone que no existen pérdidas de sacarosa por razones microbianas, enzimáticas u otras y por lo tanto, algunos ingenios reportan la extracción de sacarosa a partir del valor de peso de jugo diluido y su componente Pol, lo cual requiere también mucha exactitud y si es posible un muestreo continuo, debido a las variaciones en la caña y a factores como el lavado con agua caliente de molinos y otros flujos de agua no contabilizados que diluyen más el jugo y que si no se muestrean, dan una falsa noción también de la extracción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos y cristalería

Refractómetro, Polarímetro, Estufa Spencer, Horno de convección, Balanza semi-analítica, Balanza infrarroja para secado, beakers, balones de boca ancha, piceta, bandejas para secado, prensa hidráulica, digestor, vasos tomamuestra de 1000 ml, cronómetro.

Reactivos y materiales

Octapol, papel filtro.

Métodos

- Para la determinación de Pol y Brix en caña se utilizó el Método ICUMSA GS5/7-1.
- Determinación de humedad en caña y Bagazo por método ICUMSA GS7-5
- Humedad de caña por medio de estufa Spencer, 100 gramos durante 1 hora a 105°C.
- Pol de jugos por medio del Método horne.

Muestreo

Análisis realizados:
Los datos se analizaron con Estadística descriptiva de Microsoft Excel, Distribución de Frecuencias para datos agrupados, gráficas de Microsoft Excel y regresiones múltiples por medio de Minitab.

El procedimiento de toma de muestras consistió en tomar una muestra de caña a lo largo de 30 segundos, antes de entrar al molino 1 y obtener una muestra de bagazo a lo largo de 30 segundos luego de cronometrar 2min10seg desde la toma de la caña. Las muestras de jugo primario, jugo de molino 2 y jugo diluido, fueron tomadas en base a los valores cronometrados para el tiempo que tarda la caña en entrar y salir de cada molino.

La muestra de jugo residual de bagacera fue tomada en el mismo instante de ser tomada la muestra de bagazo.

Las muestras se tomaron con pocos segundos de diferencia entre ellas para tratar de tener el mismo lote.

Cuadro 1 / *Formato de muestreo para corridas de molinos.*
Fuente: Realización propia

FECHA	#CORRIDA	ANÁLISIS	CAÑA PREPARADA	JUGO PRIMARIO	JUGO SEGUNDO	JUGO DILUIDO	JUGO RESIDUAL	BAGAZO	JUGO RESIDUAL DE BAGAZO
		BRIX	X	X	X	X	X		X
		POL	X	X	X	X	X	X	X
		HUMEDAD	X					X	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

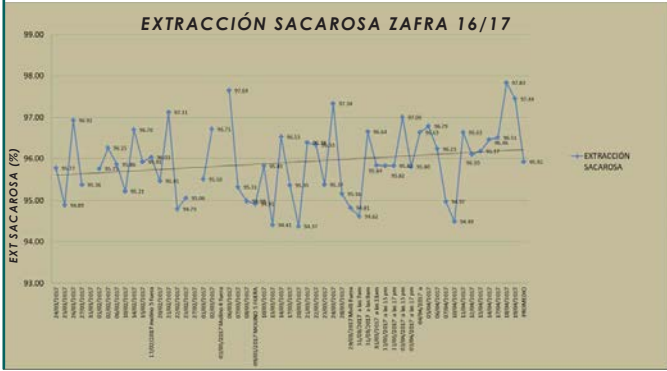
Uno de los objetivos de este estudio fue conocer el valor instantáneo de la extracción de sacarosa del tándem de molinos y comprender con una cantidad de datos estadísticamente aceptables, los factores que influyen en dicho valor.

La figura 2, muestra los valores obtenidos para la extracción de sacarosa en el tándem, utilizando en método de desintegración húmeda para conocer el valor de Pol en caña. El promedio de todos los datos fue de 95.92% con una mediana de 95.84%. Dichos valores tuvieron una diferencia con el valor de reporte en vista que no se maneja el término de Pol en caña industrial y el balance se hacía desde el valor del Pol de core sampler.

Desde el inicio de los muestreos hasta el final, se observa una tendencia al incremento de la extracción aunque la variación fue alta a la escala mostrada. Para conocer cómo podía ser el comportamiento en el transcurso de un día de operación y ya contando con la estufa Spencer de secado rápido, se hicieron una serie de muestreos a cada dos horas. Los resultados de extracción de sacarosa, se muestran en la Figura 3.

Figura 2

Resultados de Extracción de Sacarosa para corridas de molinos.
Fuente: Elaboración propia.



Coincidentemente, el valor promedio para extracción (95.80%) fue un valor muy similar a la mediana de todos los datos (95.84%).

La fibra se menciona en los textos como un factor muy influyente en la extracción y para lo cual, existe el índice de Extracción Reducida o 12.5%Pol, que indica cual debería ser la extracción de sacarosa si la fibra tuviera un valor de 12.5%. Se observa en la Figura 4 que el valor promedio de fibra fue 15.32 y el 95% de los datos estuvo entre valores de 12.32 y 18.32%. Muchos settings de molinos se realizan basados en una fibra probable de 12.5%. El cuartil 1 para la fibra de las corridas realizadas estuvo en 14.22%, con lo cual, el 75% de los datos tuvo un valor superior a 14.22%.

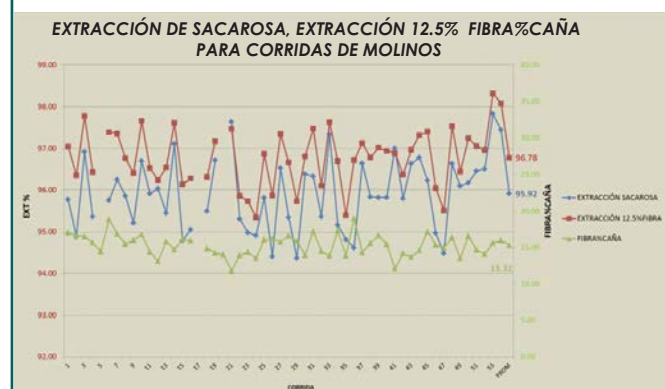
Figura 3

Extracción de sacarosa, Pol de bagazo y rendimiento potencial de caña ingresando para un día de molienda. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4

Extracción de sacarosa, Extracción 12.5% fibra y Fibra%Caña para corridas de molinos. Fuente: Elaboración propia.

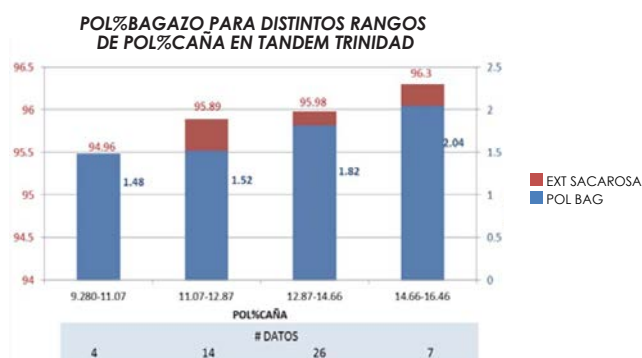


Pol de Bagazo

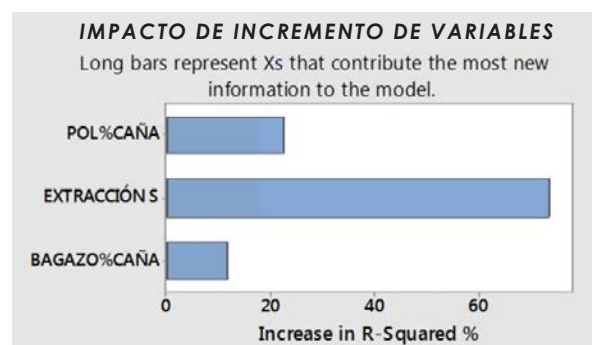
Los valores de Pol de bagazo estuvieron en el rango entre 1.09 y 2.73%. La Figura 5a muestra para distintos intervalos de Pol%caña, cómo se comportan los valores de extracción de sacarosa y Pol en bagazo. Los datos indican que cuando el Pol en caña es mayor, se tiene la posibilidad de tener una mayor extracción. El Pol en bagazo naturalmente, también será mayor.

Figura 5

A) Distribución de frecuencias para distintos intervalos de Pol en caña. Fuente: Elaboración propia.



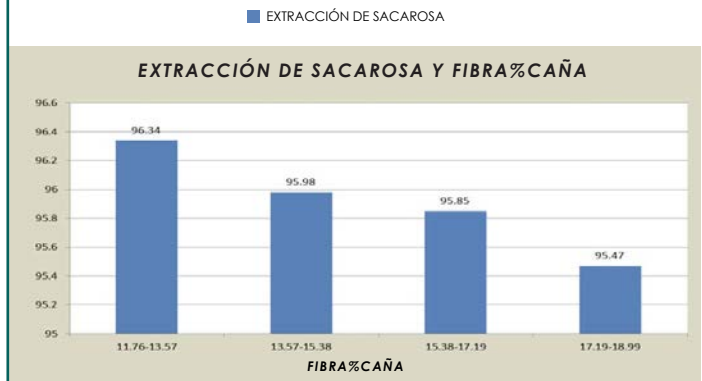
b) Regresión múltiple de variables que pueden afectar el valor de Pol en bagazo. Fuente: Elaboración propia.



Un análisis de regresión múltiple señala que el valor de Pol en bagazo, tiene una mayor de dependencia de la extracción (operación del molino) y luego del valor de Pol en caña, el valor de Bagazo en caña, dependiente de la fibra, tiene la menor contribución de las tres variables. Chen y Chou (1993) reportan un autor que indicó que el incremento de 1% en la fibra reducía 0.6% la extracción. La Figura 6, relaciona la extracción de sacarosa y el contenido de fibra para los datos obtenidos, aunque cambios más drásticos en fibra en caña, reportan comportamientos menos drásticos que los indicados en la literatura, pero una mayor fibra sí se nota que dificulta la extracción de sacarosa.

Figura 6

Extracción de sacarosa para intervalos de Fibra%caña.
Fuente: Elaboración propia.



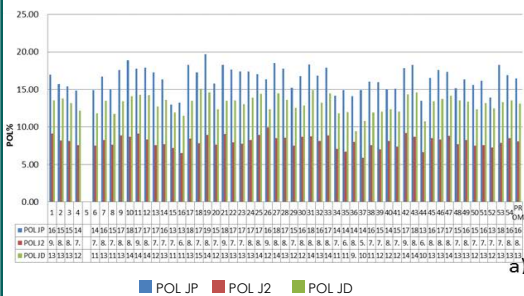
Extracción en molino

Hullets(1975), plantea una serie de índices para conocer la operación del tándem. Entre estos índices, indica los que muestran la eficiencia de extracción del molino 1 con respecto al resto del tándem.

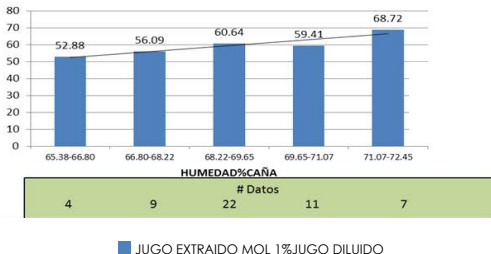
En dichos índices, las muestras necesarias son del jugo del molino 1 (Jugo primario), jugo de molino 2 y jugo diluido. La Figura 7 muestra los resultados obtenidos de los muestreos mencionados, para obtener los parámetros de extracción del molino 1 y las relaciones obtenidas con la humedad de caña y con la extracción de sacarosa.

Figura 7

a) POL DE JUGO PRIMARIO, JUGO MOLIDO 2 Y JUGO DILUIDO



c) JUGO EXTRAIDO MOL1%JUGO DILUIDO PARA RANGOS DE HUMEDAD DE CAÑA

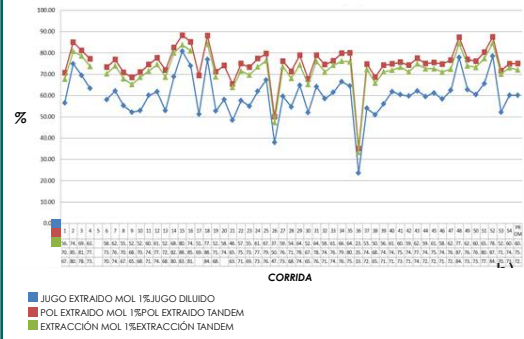


Valores de jugos de molinos e índices de operación de molino 1.

- a) Jugos de molinos,
- b) Parámetros de operación de molinos.
- c) Relación entre jugo extraído en molino 1 y la humedad en caña. ,
- d) Relación entre la extracción de sacarosa y Pol extraído en molino 1%pol extraído tándem.

Fuente: Elaboración propia.

b) INDICADORES DE OPERACIÓN DE MOLINO 1 (%)



d) EXTRACCIÓN DE SACAROSA PARA INTERVALOS DE POL EXTRAIDO EN MOLINO 1% POL EXTRAIDO TANDEM



Se observa alta variación, así como variables fueron las propiedades de la caña y también los parámetros de molienda y la razón de molida. La humedad en caña da muchos indicios de favorecer la extracción de jugo y pol del molino 1 (Figura 7c), mientras que la Figura 7d, muestra un comportamiento poco comprensible al llegarse a menor extracción de sacarosa cuando la extracción del molino 1 es superior. Esto se debe analizar a profundidad, aunque se tiene la hipótesis que una mayor extracción del molino 1 elimina tanto

volumen másico que el volumen residual no logra llenar los espacios en los otros molinos, si no se modula adecuadamente la velocidad del molino. Los promedio y mediana de Extracción de jugo en molino 1 jugo diluido fueron 60.09 y 60.14% respectivamente; la Extracción de Pol%extracciónPol del Tandem fue de 75 como promedio y mediana, mientras que la contribución del molino 1 a la extracción de tandem fue de 72%.

Eficiencia de la imbibición

En Chen (1999) se menciona que el jugo residual es el jugo que se encuentra dentro del bagazo y el cual debería ser extraído para analizarlo, sin embargo, se menciona que al no contar muchos laboratorios de fábrica con prensas, se puede tomar el jugo que cae de la maza bagacera. Huletts (1975) menciona el concepto de la eficiencia de la imbibición para relacionar el valor Pol del jugo residual de bagacera y el Pol del jugo residual de bagazo en forma de porcentaje.

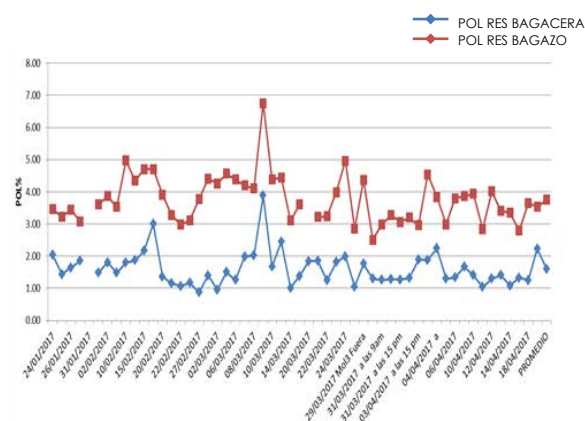
La Figura 8, muestra los valores de Eficiencia de la Imbibición, la cual tuvo un promedio de 42.60% con una desviación estándar de 9.97. La diferencia entre ambos valores de Pol es mencionado en Rein (2012) como efecto de una mala distribución del agua de imbibición dentro de la fibra, por lo cual no se logra diluir suficientemente el jugo de la caña. Los experimentos realizados con agua a la mayor temperatura debería mejorar este índice debido a que el agua a mayor temperatura, tiene una menor tensión superficial y esto le aumenta la capacidad de humectar. Se cree que si la mezcla es deficiente en el último molino, en los anteriores, con las maceraciones se podría tener la misma deficiencia. Experimentos con tensoactivos podrían hacerse para disminuir la tensión superficial y permitir mayor humectación. Los valores promedio para Pol de jugo residual de bagacera y jugo residual de bagazo fueron 1.61% y 3.76% respectivamente.

Figura 8

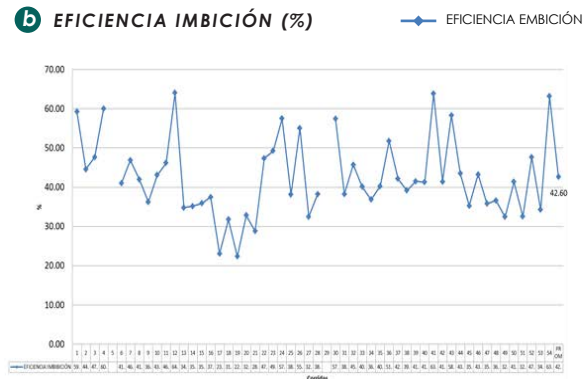
- a) Valores de Pol de jugo residual bagacera y jugo residual bagazo.
b) Eficiencia de la Imbibición.

Fuente: Elaboración propia.

a) VALORES DE POL DE JUGO RESIDUAL DE BAGACERA Y JUGO RESIDUAL DE BAGAZO



b) EFICIENCIA IMBICIÓN (%)



El muestreo realizado permitió hacer balances de materiales por medio de ecuaciones simultáneas, al contar con datos para los flujos de bagazo, caña y jugo diluido. Las variables escogidas fueron la humedad (100 – Brix para el caso del jugo diluido) y el Pol.

El Cuadro 2, muestra los flujos utilizados para el balance, sistema de ecuaciones simultáneas y resultados de balances, para los valores de agua de imbibición, jugo diluido y bagazo, con respecto a 100 unidades o porcentaje de caña. El promedio y mediana de los flujos de Jugo Diluido y Bagazo fueron similares (95.57% y 30.41 respectivamente), mientras que para el Agua de Imbibición los valores fueron 25.98 y 27.66 respectivamente, diferencia en base a algunos valores muy bajos de Agua determinados.

Cuadro 2

Variables para balance de materiales en molinos y sistema de ecuaciones.
Fuente:
Realización propia

RESULTADOS	
Agua	25.98
Jugo Diluido	95.57
Bagazo	30.41

FECHA	HUMEDAD			POL		
	JUGO DILUIDO	BAGAZO	CAÑA	JUGO DILUIDO	BAGAZO	CAÑA
24/01/17	83.94	47.06	68.76	13.55	1.64	13.06
25/01/17	83.90	47.92	70.20	13.82	1.72	11.26
26/01/17	84.51	47.20	70.24	13.17	1.12	11.73
27/01/17	85.90	46.24	71.31	12.20	1.67	10.94
01/02/17	85.11	49.11	67.35	11.81	1.23	11.10
02/02/17	84.55	48.90	68.96	13.51	1.47	13.47
06/02/17	86.34	45.20	70.45	11.72	1.64	11.63
10/02/17	84.11	48.02	69.00	13.40	1.91	12.91
14/02/17	83.61	43.98	65.74	14.09	1.64	15.40
15/02/17	83.80	46.88	68.91	14.20	2.05	14.29

RESOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES				
	A	JD	B	CAÑA
Corrientes	-1	1	1	100
Pol	0	13.07	1.75	1302.65
Humedad	-100	84.49	47.29	6914.62

MATRIZ INVERSA		
0.71053	25.98	-0.01711
-0.26456	95.57	0.00265
1.97510	30.41	-0.01975

FECHA	CAÑA	AGUA	JD	BAGAZO	EXTSAC CON JD	EXTSAC BAGAZO
24/01/17	100	23.54	92.63	30.91	96.12	95.77
25/01/17	100	10.63	77.32	33.32	94.91	94.89
26/01/17	100	17.43	86.41	31.01	97.04	96.92
27/01/17	100	14.41	85.41	30.95	95.28	95.36
01/02/17	100	27.86	90.05	37.81	95.81	95.75
02/02/17	100	27.90	96.26	31.64	96.55	96.25
06/02/17	100	25.26	95.02	30.24	95.74	95.86
10/02/17	100	23.39	91.82	31.57	95.33	95.21
14/02/17	100	35.98	105.76	30.21	96.78	96.70
15/02/17	100	25.10	95.78	29.32	95.79	95.91
17/02/17	100	28.29	99.36	28.92	95.74	96.03
20/02/17	100	24.40	91.00	33.39	95.19	95.45
21/02/17	100	22.70	93.70	29.00	96.98	97.11
22/02/17	100	8.74	73.75	34.99	94.53	94.79
23/02/17	100	12.56	80.15	32.41	94.99	95.06
01/03/17	100	19.86	90.26	29.60	95.58	95.50
02/03/17	100	37.30	108.77	28.53	96.55	96.71
06/03/17	100	19.56	96.58	22.98	97.64	97.64
07/03/17	100	30.86	102.22	28.64	95.15	95.31
08/03/17	100	29.33	98.60	30.73	95.05	94.98

Balance en molinos por medio de datos analíticos

CONCLUSIONES

Los muestreos cronometrados para los flujos del área de molinos pueden indicar el desempeño en un tiempo que permita el tomar decisiones para la mejora de la operación o permita conocer si hay características de la caña que no favorecen la extracción. El Método directo para determinación de componentes de la caña al no utilizar factores ni ecuaciones para determinar fibra, es un método confiable para analizar caña industrial preparada. La eficiencia de la imbibición señala el desempeño del agua de imbibición y su mejora permitiría aumentar la extracción.



Referencias Bibliográficas

Chen James C. P. and Chou C. C. 1993. Cane Sugar Handbook. Twelfth Edition. John Wiley & Sons. USA.

Chen, James C. P. 1999. Manual del Azúcar de Caña. Editorial Limusa. México.

Hulletts. 1975. Sugar Technology. Hulletts Sugar Limited. South Africa.

ICUMSA. 2011. Libro de Métodos. Editorial Bartens. Alemania.

Rein, Peter. 2012. Ingeniería de la Caña de Azúcar. Editorial Bartens. Berlín, Alemania.



ARTURO BAUTISTA

Con su Ingenio y talento le ha sacado el jugo a la caña, impactando los resultados de Ingenio La Unión y de esta forma a la Industria Azucarera de Guatemala...

Gerente Industrial de Ingenio La Unión

El ingeniero Bautista nos comparte cómo inició su carrera y de los primeros granos de azúcar que produjo

Comencé trabajando desde los 21 años en 1988, estaba en tercer año de ingeniería cuando ingresé a la empresa alemana BIDEFORD como laboratorista. Era una compañía muy bien estructurada, en los años 90's era la Casa Matriz que definía todos los lineamientos y manuales de operación y de seguridad industrial entre otros. Era parecido al nivel de estructura que tenemos ahora en Ingenio La Unión. BIDEFORD es una compañía muy antigua, fue la primera en el mundo que creó la crema cosmética marca NIVEA, en la cual trabajé durante 2 años y en el resto de los cosméticos que se producían bajo la marca. En 1990 trabajé en LANCASCO como jefe de planta de fármacos durante 2 años, es posiblemente la industria farmacéutica más grande a nivel nacional.

Durante mis estudios de Universidad viví en el Centro Universitario Ciudad Vieja en la Zona 12, allí conocí al Ing. Rodolfo Villafuerte que trabajaba en Ingenio La Unión, en una ocasión me comentó que había una oportunidad en la empresa. Yo no conocía los ingenios, en ese entonces trabajaba en la industria farmacéutica y pensaba que era parecido, al salir de mi trabajo me dirigí a la entrevista; en ese entonces conocí al Gerente de Fábrica Walter Montejo, el Jefe de Fábrica el Ing. Erick Aragón, actualmente el Gerente General de Tululá, y el Ing. Pedro Debroy hijo de don Chepe Debroy que fue un colaborador muy antiguo de la empresa, los tres me entrevistaron, dimos una vuelta por el ingenio, nos fuimos a cenar y como a la media noche me dijeron: "Bueno, sí estas contratado", me sentí muy emocionado.

Luego regresé a Guatemala para renunciar a la compañía en que trabajaba pero antes llamé para ver si estaba confirmada mi contratación en el Ingenio, así fue y después del tiempo razonable para retirarme vine a Santa Lucía Cotzumalguapa el 5 de mayo de 1990, casi terminando la zafra e iniciando la reparación. Ingresé como jefe de laboratorio, en ese entonces no existía la gestión de calidad, en la planta estaban a cargo; el superintendente, un ingeniero mecánico para ver toda la parte de molinos y calderas, un ingeniero electricista para ver la parte de generación y distribución de energía, aún no se vendía energía eléctrica, había dos ingenieros químicos a cargo de toda la fábrica y otro a cargo del laboratorio de caña y fábrica.

Nos relata la experiencia más memorable de todas, durante su inicio en la Agroindustria, momentos críticos, los cuales enfrentó con temple y experiencia, logrando superarlos impactando el negocio azucarero.



A los ingenieros químicos nos enseñan las operaciones unitarias y en un Ingenio prácticamente están todas, por ello trabajar en un Ingenio es como el paraíso de un ingeniero químico, por esa razón cuando vine aquí dije... "Esto sí es todo lo que yo estudié"

Cuando salí de la última empresa donde trabajaba el gerente me dijo: "A los pocos días de estar en tu nuevo trabajo, escribí todo lo que no te gusta porque después se te va olvidar o te vas a acostumbrar y ya nunca lo vas a arreglar", así lo hice y después el ingeniero René Cifuentes me prestó un libro del autor Edward Deming, continúe buscando más libros y después de leer mucho escribí todo lo que quería arreglar de la fábrica en el año 93, a partir de eso en el transcurso de toda mi carrera en Ingenio La Unión he venido implementando mejoras que han funcionado dando resultados positivos a la empresa, esa es la mayor satisfacción y aumenta la confianza. Tuve la fortuna de haber adquirido experiencia y aplicar mis conocimientos, una de las cosas que vine a hacer al poco tiempo de ingresar a Ingenio La Unión fue realizar las primeras



pruebas de BPM, yo ya las conocía y hacía muchas cosas en el año 90 en la industria farmacéutica, por lo que fui promoviendo esos temas.

Hace aproximadamente 8 años estaba revisando mi computadora y organizando archivos, y la sorpresa que llevé fue que encontré esos documentos que había escrito en el año 93, después ya nunca los volví a ver, y al leerlos nuevamente, me sorprendí al ver que todo lo que había escrito fue todo lo que hice en mi carrera profesional en Ingenio La Unión durante los siguientes 20 años, es como si uno se programara a nivel inconsciente, comienza a trabajar, haciendo una guía mental. Hemos tenido muchos proyectos exitosos que obviamente no son solo míos, trabajando en equipo con la colaboración de todos los compañeros han sido posibles.

¿Cómo se visualiza en la agroindustria más adelante?

Me veo haciendo un trabajo importante de innovación tecnológica y sistemas administrativos para que los procesos mejoren y poder adaptarnos a la nueva realidad que afronta la agroindustria, permitiendo que la empresa siga siendo rentable y exitosa. Será de ir repensando todo el negocio, nos toca un trabajo complejo y muy retador.

¿Qué recomendaría usted a los profesionales jóvenes de la agroindustria para mantener la productividad y sostenibilidad?

Los jóvenes que vienen con una base firme de conocimientos técnicos y que se encuentren en la mejor disposición para adaptarse a los cambios, son los que podrán hacer mejor el trabajo en la agroindustria, ahora deben tener la mentalidad muy flexible a lo que viene; si ahora estamos trabajando a un estilo de control automático de operación y si necesitamos cambiarlo porque así conviene, ellos deberán adaptarse. Deben traer una gran voluntad para aprender.

¿Tiene un personaje que lo ha inspirado para llegar a ser el profesional de éxito?

Las lecturas de Edward Deming me impactaron cuando fui joven y por eso mucha de la parte de control del proceso dentro de la planta se ha implementado por mi iniciativa en algunos casos y por eso tengo mucho seguimiento a la parte estadística que es muy importante en esta industria y Erich Fromm, él es un psiquiatra social y filósofo humanista. Por ejemplo cuando hay problemas tienden a haber dos tipos de pensamiento: para simplificarlo lo primero que piensan es **"aquí alguien cometió un error"** en cambio las ideas de estos autores me han influenciado a pensar **"aquí hay un problema que resolver"** y al final como dicen ellos cuando hay problemas en una operación casi el 80% es porque algo está mal diseñado y el otro 20% porque las personas cometen negligencia. Las ideas de estos autores me han influenciado en la forma en que administro, depende mucho de lo que pienso de la gente, nunca pienso que está cometiendo un error, lo que normalmente pasa es que hay algo que impide que la gente haga su trabajo, cuando hay un problema dentro de la planta se realiza una investigación del caso, por eso he manejado mucho el tema de la política de salarios dentro de la planta y de sanciones. Por lo mismo creemos que no existe mucha rotación en el área, solo personal que se quiere ir por aspectos personales.

¿Cómo se siente al haber recibido el premio Portela?

Eusebio Portela era un ingeniero químico que vino de Cuba, todo el mundo le tenía mucha admiración, sabía aplicar sus conocimientos de ingeniería a la industria y tenía mucha experiencia, vino a enseñarle a todo mundo y dejó una gran imagen de maestro, realmente por el nombre del premio y aporte de la persona a que se refieren es un honor y orgullo recibirlo. Para mí fue una sorpresa, no sabía, todo el mundo se alegró y el que más se sintió orgulloso fue mi papá, yo solo le comente que me darían un premio pero no le di detalles, resulta que llegó un ingeniero agrónomo a visitarlo a su oficina y le fue a contar que me habían entregado un premio muy importante a nivel agroindustrial.

Eso me llena de una enorme satisfacción y me motiva a seguir adelante.



Los aportes del Ing. Arturo Bautista a Ingenio La Unión

Promover e implementar el desarrollo de la producción de nuevos productos para exportación.

Desarrollar e implementar una política salarial para el área industrial de Ingenio La Unión.

Promover e implementar sistemas para la reducción, recirculación y reutilización de agua en el área industrial de Ingenio La Unión, logrando minimizar el consumo hasta la fecha 0.16 m³ agua/t caña molida.

Planificación e implementación del sistema administrativo y operativo para iniciar las operaciones de la Refinería de Azúcar. Revisión y definición de los equipos y tecnologías necesarias para la construcción de la refinería de azúcar.

Desarrollar el sistema administrativo de la operación de fábrica y refinería teniendo como punto de partida el desarrollo de la

documentación, la definición de puestos, la administración de los salarios, el desarrollo de la organización y del personal (jefes de procesos, supervisores de turno, encargados de departamento, asistentes de procesos, operadores, etc.)

Propuesta de inversión e implementación de proyectos como: Cristalizadores Verticales para mejorar la recuperación de azúcar en aproximadamente 4 lb/tc, filtros de banda para el procesamiento de la cachaza, conversión de clarificadores tradicionales a clarificadores rápidos con 25 minutos de retención.

Coordinar grupo de investigación en proyecto sobre estrategias de cristalización en masa B blanco por medio de la implementación de un analizador de imágenes, el desarrollo de una estrategia de automatización de cristalización y la implementación de un nuevo método para la fabricación de semilla.

Mayor PRODUCTIVIDAD

COSECHADORA
CH570



TRACTOR 6155J
155HP

TRACTOR 6140M
140HP



ASPENSOR



PBX: 2476-0615
Atención las 24 horas
www.coguma.com.gt

Guatemala en zonas 9 y 12
Teculután • Retalhuleu • Petén



JOHN DEERE

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