

# Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

ABRIL · JUNIO

2018



[www.atagua.org](http://www.atagua.org)



# Sumitomo Drive Technologies

Parque Industrial Unisur, 0 Calle B 19-50 Zona 3, Bodega D - 1, Delta Bárcenas en Villa Nueva, Guatemala  
Tel. (502) 6648 - 0500



*Expertos en los  
Sectores Azucareros  
y Agroalimentarios*



SM Cyclo de Guatemala Ensambladora, Ltda.

[smme.mercadotecniaLATAM@shi-g.com](mailto:smme.mercadotecniaLATAM@shi-g.com)  
[www.facebook.com/sumitomodrive](https://www.facebook.com/sumitomodrive)  
[www.sumitomodrive.com](http://www.sumitomodrive.com)



Inicio y terminación de la época lluviosa (IELL, TELL) en los distintos estratos de la Zona Cañera de Guatemala.

Análisis Comparativo del Proceso de Preparación de Semilla para Cristalización de Azúcar.

Dr. Otto Rene Castro Loarca

## JUNTA DIRECTIVA

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

Lic. Luis Carlos Arroyo

## Estimados lectores:

Gracias a Dios recientemente hemos bajado el telón de la zafra 2017-2018, con mucha satisfacción y alegría por seguir otorgando ese gran beneficio económico a cientos de familias que año con año forman parte de este gran sector productivo. Esto nos compromete a seguir dando nuestro mayor esfuerzo y seguir informando, investigando, documentando y transformando todas las áreas involucradas directa o indirectamente en la producción de azúcar y sus derivados.

Como bien sabemos estamos afrontando nuevamente una crisis económica de precios de mercado internacional que obliga a ser más creativos y prudentes en la toma de decisiones en todos los niveles jerárquicos de nuestras empresas, un cambio climático que día a día nos condiciona y golpea fuertemente en la productividad y todo esto aunado a políticas ambientales, sociales y económicas que golpean directamente en el costo de cada producto elaborado.

Por eso La Asociación de Técnicos de Guatemala nuevamente les presenta la Revista "Atagua", fruto del esfuerzo y dedicación de los técnicos y personal administrativo comprometido con mostrar los avances tecnológicos, así como informar de las distintas actividades que se desarrollan para beneficio de sus asociados y técnicos en general de la agroindustria guatemalteca. En esta edición vamos a mostrar los trabajos realizados sobre el Inicio y Terminación de la Época Lluviosa (IELL, TELL) en los Distintos Estratos de la Zona Cañera de Guatemala, tema muy importante para la toma de decisiones en una labor de mucho impacto económico productivo, también se expone en la parte de fabricación: *Análisis Comparativo Del Proceso de Preparación de Semilla Para Cristalización de Azúcar*. También mostraremos el reportaje realizado al personaje del año: *El Dr. Otto René Castro, muy conocido por todo el gremio con muchos años de entrega y dedicación en beneficio del sector azucarero del país*.

Exhortamos a todos nuestros asociados y colaboradores en general a seguir en esta lucha por alcanzar nuestras metas y fijar nuestra mirada en lo más alto para que con la ayuda de Dios, logremos crecer y transformar sosteniblemente nuestras organizaciones, que son fuente de empleo de muchas familias y que día a día se levantan con la ilusión de dar lo mejor de sí en beneficio personal y de la sociedad.



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

(502) 5517-3878 · (502) 5436-3490

adminatagua@cengican.org  
secretatagua@cengican.org

### Nuestra portada:

Fotografía ganadora del tercer lugar:  
"Renovaciones de siembras de humedad, con estructura de conservación de suelo".  
Ing. Ricardo Antonio García Uñas, Ingenio Pantaleón

## Inicio y terminación de la época lluviosa (IELL, TELL) en los distintos estratos de la Zona Cañera de Guatemala

MSc. Paris Rivera  
INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO  
rivera@icc.org.gt

Palabras  
Clave



- Péntadas
- Inicio de época lluviosa
- Terminación de época lluviosa
- El Niño (ENSO)

## INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola en el sur de Guatemala está sujeta a las variaciones en la precipitación pluvial, por el gran requerimiento hídrico que requieren los cultivos de caña, principal actividad de producción en la región. En los últimos años cada vez más es evidentemente que la dinámica de la precipitación pluvial afecta las actividades agrícolas, según su temporalidad, cantidad e intensidad. En general, la agricultura es vulnerable a la variabilidad climática a través de los efectos de las condiciones climáticas como la temperatura y la precipitación. La reducción de la productividad de los cultivos es universal predicho en la mayoría de los informes de estado sobre los efectos del cambio climático (Zhao & Li, 2015).

En el caso de las precipitaciones, su temporalidad, cantidad e intensidad, definen en gran parte la producción, rendimiento y eficiencia de las actividades agrícolas. Los cambios en las variables climáticas relacionadas con la producción de cultivos posiblemente tendrá importantes influencias en la región también como producción mundial de alimentos (Kang, Khan, & Maa, 2009). Por lo tanto, el establecimiento cuantitativo de relaciones entre la variabilidad climática y los valores de rendimiento de los cultivos es vital por la importancia económica de los cultivos y el interés en futuro de la agricultura bajo posible cambio climático en el siglo veintiuno (Greenland, 2005).

## RESUMEN

Este estudio se enfocó en la planicie del Pacífico de Guatemala, que incluye la zona cañera, y tuvo el fin de caracterizar el comportamiento temporal de las precipitaciones pluviales (PP), determinando el inicio y la terminación de la época de lluvias en cada estrato altitudinal del cultivo de caña. Esta información es importante para la planificación del comienzo y fin de la zafra. Se utilizaron datos de precipitación diaria de 19 estaciones pluviométricas del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, las cuales fueron seleccionadas con base a su temporalidad y calidad de la información en el periodo de análisis, del año 2007 al 2017. La identificación del inicio de la época lluviosa (IELL) y terminación de la época lluviosa (TELL) requiere de la aplicación de criterios, que en este caso para cada estrato se estableció uno de péntadas y acumulación de perturbaciones de precipitación. Según éstos, en el estrato alto (300 a 700 msnm), el IELL se presenta entre el 20-25 de abril y la TELL entre el 5-10 de noviembre, con una duración promedio de 201 días. De manera similar, el IELL en el estrato medio (100 a 300 msnm) se observa entre 25-30 abril y la TELL 5-10 noviembre con una duración de 196 días. En el caso del estrato bajo (40 a 100 msnm), el IELL se establece entre el 5-10 mayo y la TELL entre 1-5 noviembre con una duración de 176 días. De manera parecida, en el estrato litoral (debajo de 40 msnm) el IELL se presenta del 20-25 mayo y la TELL del 25-30 octubre con una duración de 160 días. Existe variabilidad entre los años, la cual es más marcada para el estrato litoral. Se evaluó también la influencia del fenómeno El Niño-La Niña (ENSO) y las tendencias.

Se agradece el apoyo a través de la discusión y revisión al Dr. Alex Guerra y Dr. Luis Ferraté del Instituto Privado de Cambio Climático (ICC).

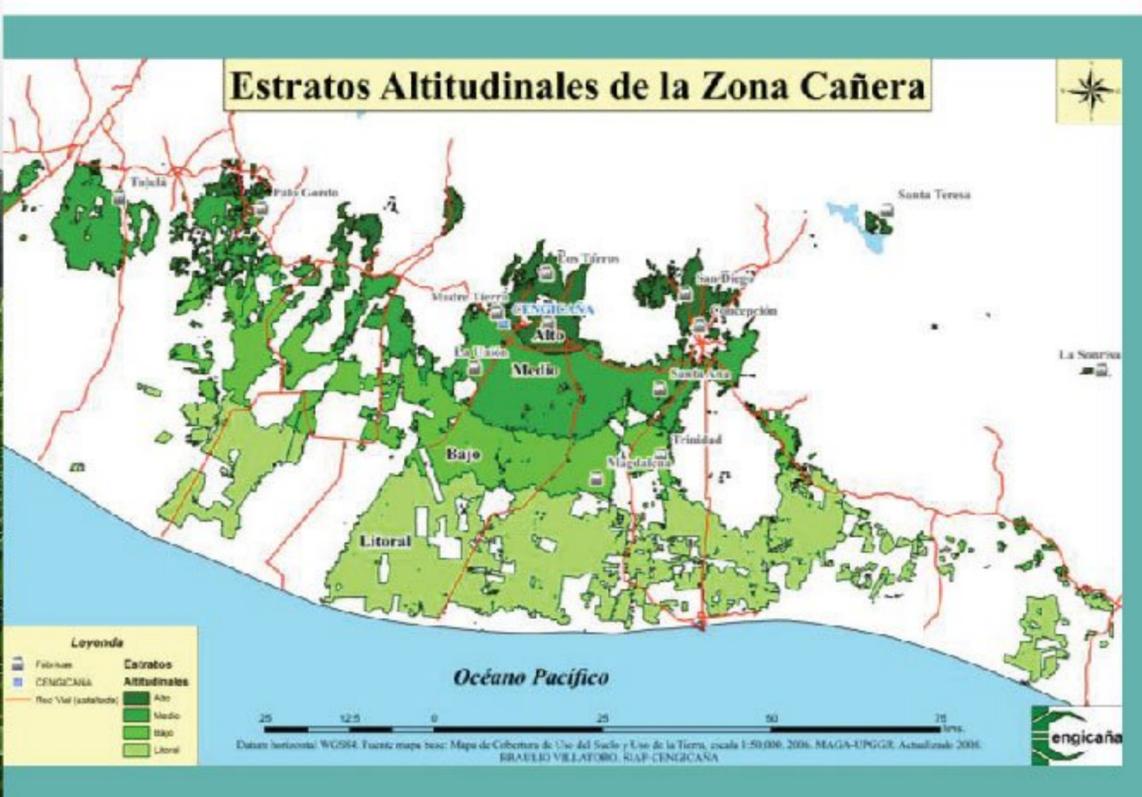
Países como Brasil han determinado que el clima ha sido el principal factor que afecta la producción de caña de azúcar en las últimas temporadas. La temporada 2009/10 estuvo marcada por varios períodos con un gran excedente de agua asociado con un evento El Niño, mientras que en los años 2010/11 presentó una intensa y prolongada sequía, asociada con un evento de La Niña (Cardozo & Sentelhas, 2013). En otros estudios se han definido que los factores climáticos explicaron el 43% de la variabilidad de la eficiencia del rendimiento de la caña de azúcar en el estado de São Paulo (Marin & Carvalh, 2012).

En Guatemala, la region sur ha sido considerada muy estable en sus patrones de lluvia, siendo un buen lugar para la implementación de la agricultura, pero la dinámica y crecimiento de la actividad agrícola ha ido de la mano con la manifestación de variables locales

del clima que cada vez son más evidentes. En los últimos años se han generado periodos secos y periodos lluviosos, relacionados con las fases cálida y fría del sistema ENOS (El Niño y la Niña), lo cual incrementa el riesgo de sequías o inundaciones. Estudios como el del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático han encontrado relación entre variables climáticas como el ENOS y los rendimientos de la caña de azúcar a nivel mensual (ICC, 2013) y otros publicados por CENGICAÑA (agregar). La identificación del inicio y fin de la estación lluviosa será el primer paso en la comprensión la variabilidad del clima y en este caso la lluvia en distintos estratos altitudinales, definidos para agroindustria azucarera de Guatemala. Este tema es de vital importancia para la planificación del comienzo y finalización de la zafra, pues la presencia de lluvia complica las labores de cosecha e incide en la baja del rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

## METODOLOGÍA

### a) Área de Estudio



**Figura 1**

Estratos altitudinales de la Zona Cañera.  
Fuente: CENGICAÑA (2014)

El área de estudio es la planicie costera del sur de Guatemala que incluye la zona cañera y en donde se ubican las estaciones del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), totaliza una extensión de aproximadamente 10,930 km<sup>2</sup>. La combinación del relieve y los patrones de circulación de vientos locales existentes dan como resultado variabilidades en los campos de precipitación de los distintos estratos altitudinales. A fin de obtener las distribuciones de precipitación presentes en el área de estudio, se evaluó el comportamiento de la estación lluviosa en los cuatro estratos del cultivo de la caña de azúcar. El estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm (CENGICAÑA, 2014). La ubicación de los cuatro estratos en la zona cañera se presenta en la Figura 1.



## b) Datos Utilizados

En el presente estudio se utilizaron los datos de precipitación diaria de 19 estaciones pluviométricas del ICC (ver el Cuadro 1) para el período 2007-2017. Estas estaciones fueron seleccionadas en función de su caracterización de estrato y su registro continuo de datos. Con base en ellos, se construyeron las series de acumulados de precipitación cada cinco días. Las series fueron sometidas a un proceso de completado de datos en los casos que faltaban, dado que la metodología a utilizarse en este trabajo no admite datos faltantes. Este procedimiento consistió en reemplazar los datos faltantes por su promedio por triangulación de estaciones cercanas.

## c) Criterio para la identificación de la Estación Lluviosa

Para determinar las fechas de inicio y fin de la estación lluviosa en cada región, se utilizaron dos criterios modificados basados en datos de precipitación. El primer criterio modificado es el que define un umbral para los valores de precipitación pluvial en pénta-días (5 días). Es decir, el comienzo de la estación lluviosa será, cuando se cumpla la siguiente condición: la PP supere o iguale 50 milímetros (mm) en dos penta-días (10 días) consecutivos y que el tercer penta-día presente lluvia de por lo menos 0.5 mm.

Para utilizarlo, se crearon series de acumulados de 5 días para definir los 73 péntadas o penta-días. En su forma original, el criterio considera que la estación lluviosa se ha iniciado si la péntada en estudio tiene un valor de 25 mm o más (5 mm/día) de lluvia, al menos una de las dos péntadas siguientes (en orden creciente) también tiene(n) un valor de 25 mm o más de lluvia y que las péntadas anterior y posterior a esta última, tengan más de 0.5 mm de lluvia acumulada (Alfaro, Cid & Enfiel, 1999). Para la identificación del término de la estación lluviosa se aplicó el mismo método pero de manera regresiva (de atrás hacia adelante).

El detalle de las fechas encontradas se detalla en un rango de cinco días calendario. Los datos de precipitación fueron analizados a nivel de estratos, además se agregó el fenómeno ENOS imperante en la primera y segunda parte de cada año analizado. En tal sentido se evalúa la influencia del fenómeno en el IELL o el TELL.

Con base en el resultado de la generación de acumulados de lluvia cada 5 días, se utilizó el criterio de acumulación de perturbaciones; que son las diferencias entre el valor promedio anual de precipitación pluvial y el valor de PP de cada péntada (Marengo, Liebmann, Kousky & Fili, 2001). Esto permitió representar de manera adecuada el comportamiento de la precipitación. La acumulación se define como:

$$A(p) = \sum_{i=1}^p R(i) - \bar{R} \times p$$

Donde  $p$  es la péntada del año considerada,  $R(i)$  es la precipitación para la péntada  $i$  y  $\bar{R}$  es la precipitación péntada media anual. Este criterio considera que en la estación lluviosa corresponde al período en el cual la precipitación excede su promedio climatológico anual, entonces una pendiente positiva indica el inicio de la estación lluviosa.

Para afinar la identificación del criterio anterior se utilizaron promedios móviles de quince días como técnica de suavizado de las sumas acumuladas (para obtener gráficas que parezcan continuas). El valor mínimo de los promedios móviles de las sumas acumuladas de las perturbaciones, identifica la fecha de inicio de la temporada de lluvias, esta fecha se identifica en las gráficas de las diferencias de las sumas acumuladas. La fecha de inicio ocurre cuando la diferencia es igual a cero (el cruce de la curva de las diferencias acumuladas con el eje X).

Como comparación, el inicio y terminación de la estación lluviosa es muy similar al balance entre la lluvia y la evapotranspiración potencial (ETP), para lo cual el IELL sería cuando la precipitación supera el valor de EPT. Mediante la aplicación de estos criterios se logró identificar las fechas promedio de inicio y finalización de la temporada de lluvias para los distintos estratos de la región sur de Guatemala.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los criterios antes presentados, en los siguientes cuadros y figuras se presentan los resultados.

**Cuadro 1** / Fechas de inicio de estación lluviosa, años del 2007 al 2017.

	Alto	Medio	Bajo	Litoral	ENOS (1ra mitad del año)
2007	01-may	26-abr	11-may	11-may	Niño
2008	15-abr	15-abr	16-may	04-jun	Niña
2009	01-may	06-may	16-may	16-may	Neutro
2010	21-abr	06-may	26-may	26-may	Niño
2011	16-abr	16-abr	31-may	26-may	Niña
2012	15-abr	15-abr	15-abr	15-may	Niña
2013	26-abr	01-may	01-may	01-may	Neutro
2014	26-abr	26-abr	06-may	31-may	Neutro
2015	21-abr	21-abr	21-abr	10-jun	Niño
2016	25-abr	30-abr	20-may	20-may	Niño
2017	16-abr	26-abr	04-may	16-may	Niña

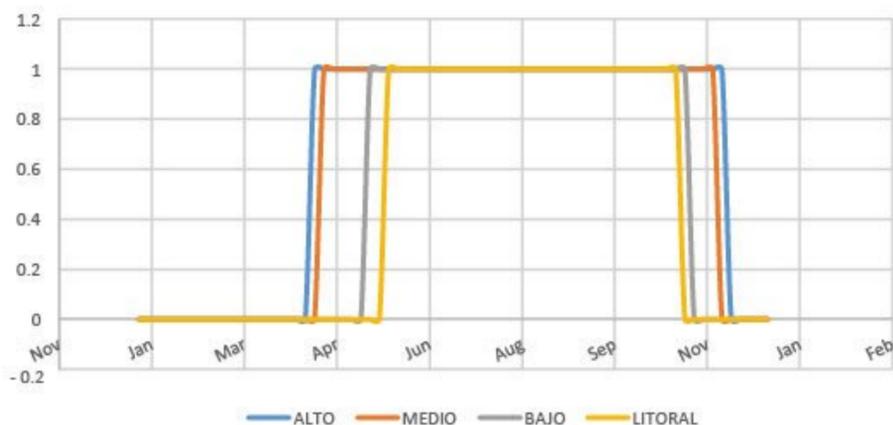
Fuente: elaboración propia basado en el Sistema Meteorológico ICC

**Cuadro 2** / Fechas de terminación de la estación lluviosa, años del 2007 al 2016.

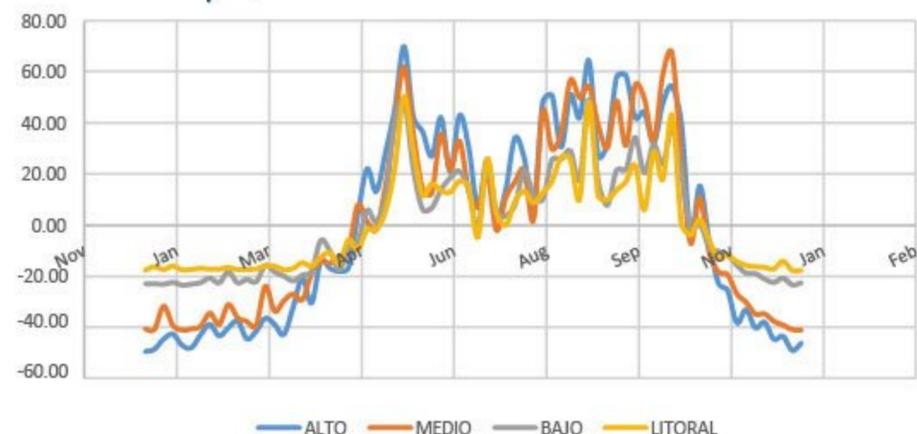
	Alto	Medio	Bajo	Litoral	ENOS (2da mitad del año)
2007	28-oct	23-oct	23-oct	18-oct	Neutro
2008	22-oct	22-oct	22-oct	22-oct	Niña
2009	17-nov	12-nov	07-nov	08-nov	Neutro
2010	12-nov	07-nov	23-oct	03-oct	Niño
2011	23-oct	28-oct	23-oct	23-oct	Niña
2012	15-nov	06-nov	07-nov	01-nov	Neutro
2013	27-nov	22-nov	17-nov	12-nov	Neutro
2014	07-nov	11-nov	02-nov	02-nov	Neutro
2015	17-nov	12-nov	07-nov	02-nov	Niño
2016	21-nov	26-nov	11-nov	11-nov	Niño

Fuente: elaboración propia basado en el Sistema Meteorológico ICC

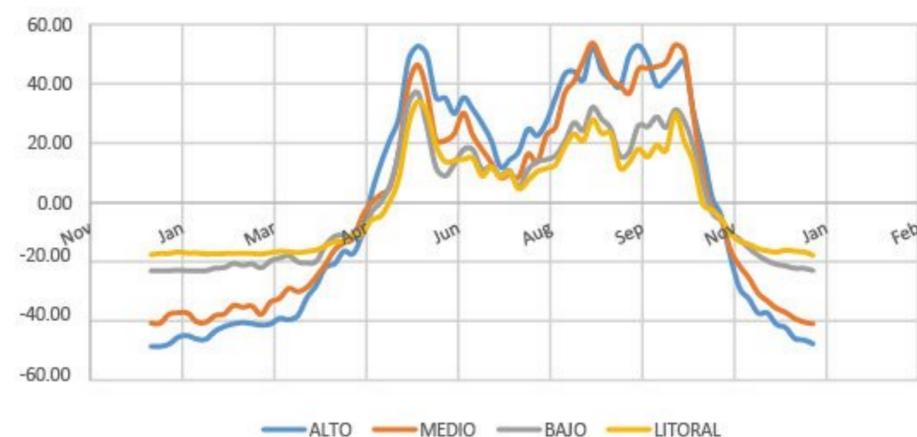
**Figura 2** / Inicio y terminación de la estación lluviosa para cada estrato



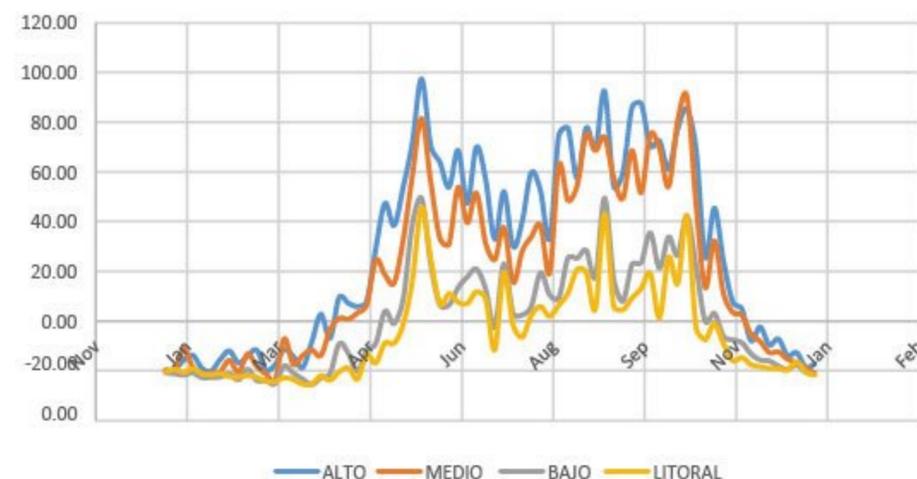
**Figura 3** / Inicio y terminación de la estación lluviosa, método acumulación de perturbaciones.



**Figura 4** / Inicio y terminación de la estación lluviosa, suavizado en promedios de 15 días



**Figura 5** / Inicio y terminación de la estación lluviosa, basado en diferencias entre PP y ETP.



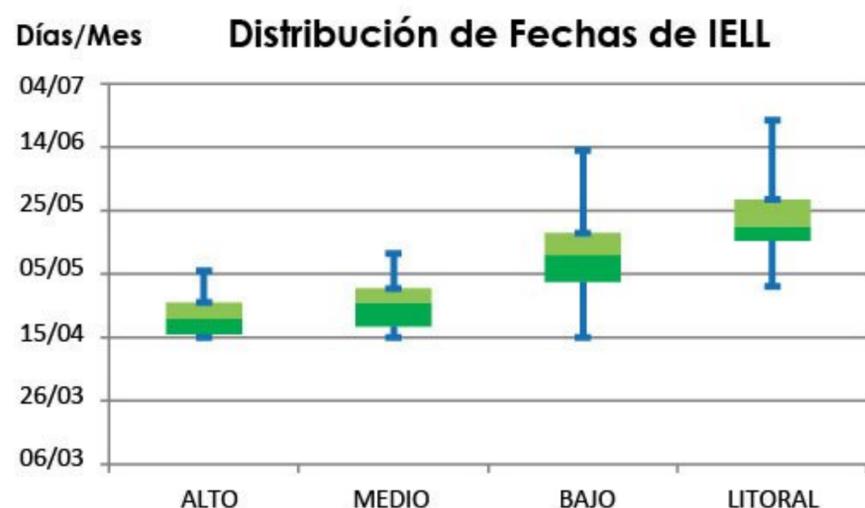
## VARIABILIDAD

Para estimar la variabilidad del inicio y terminación de la estación lluviosa para cada estrato, se determinaron los valores máximos y mínimos de cada fecha de inicio y terminación y por aparte se calculó la media y el primer y tercer cuartil. Con esos datos se generó la gráfica de caja de bigotes en la que se puede apreciar la variación de los inicios de la estación lluviosa para cada estrato.

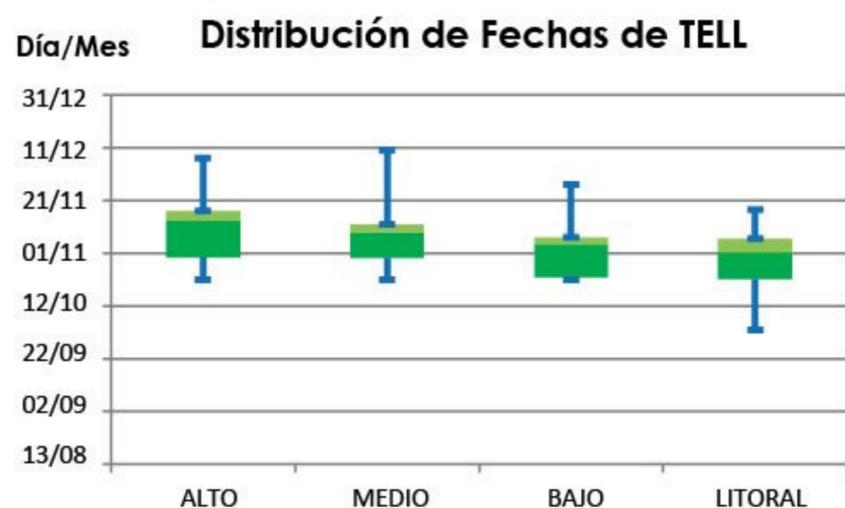
En la imagen se puede observar que el estrato bajo y litoral son los más irregulares, quiere decir que varía mucho el inicio de la estación lluviosa, al contrario se puede observar que el estrato alto y medio son más regulares en su inicio de lluvias.

En el caso de la terminación de la temporada de lluvias, se puede notar que hay más regularidad en las fechas en todos los estratos que generalmente oscilan entre finales de octubre y principios de noviembre.

**Figura 6** / Gráfica de caja de bigotes para IELL de cada estrato.



**Figura 7** / Gráfica de caja de bigotes para TELL de cada estrato.



## RELACIÓN CON EL FENÓMENO EL NIÑO-LA NIÑA (ENOS)

Aparte de la identificación de las fechas de inicio y terminación de la temporada de lluvias, este estudio compara los resultados con el fenómeno ENOS, generando así un análisis que trata de identificar los adelantos y retrasos del inicio o terminación de la temporada de lluvias bajo las condiciones de: Niño, Niña y condición neutra de este fenómeno. Para la identificación de los años considerados como Niño, Niña y Neutro se visitó la página de la NOAA.

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)

**Cuadro 3** / Fechas de IELL en episodios ENOS, años del 2007 al 2017.

ENOS	Estratos		
	Alto	Medio	IELL
El Niño	20-25 Abr	20-30 Abr	Normal
La Niña	15-20 Abr	15-20 Abr	Adelanto de 5 días
Neutro	25-30 Abr	25-30 Abr	Normal

Fuente: elaboración propia basado en el Sistema Meteorológico ICC

Se ha establecido que cuando se está en una condición cálida en el fenómeno ENOS, para Guatemala se espera que las lluvias sean deficitarias y que además puedan influir en algún retraso del inicio de la estación lluviosa. Este análisis pretendió encontrar la influencia de este fenómeno en el IELL de la región sur de Guatemala, pero es importante aclarar que para ello se necesitan más datos para lograr definirlo mejor. Pese a esa falta de datos, se comparan los inicios bajo las condiciones del fenómeno. En tal sentido se puede mencionar que solo los estratos Alto y Medio generaron señales de alguna influencia bajo este fenómeno, y solo para el caso de condiciones La Niña, se puede suponer que bajo esta condición, el IELL se adelanta 5 días. Bajo condiciones Niño y Neutro no se encontró señales de alguna influencia.

En el caso del fenómeno de La Niña el posible adelanto detectado de la temporada de lluvias no influye en el número de días de la estación lluviosa, ya que durante el año, el fenómeno ENOS suele tener cambios.

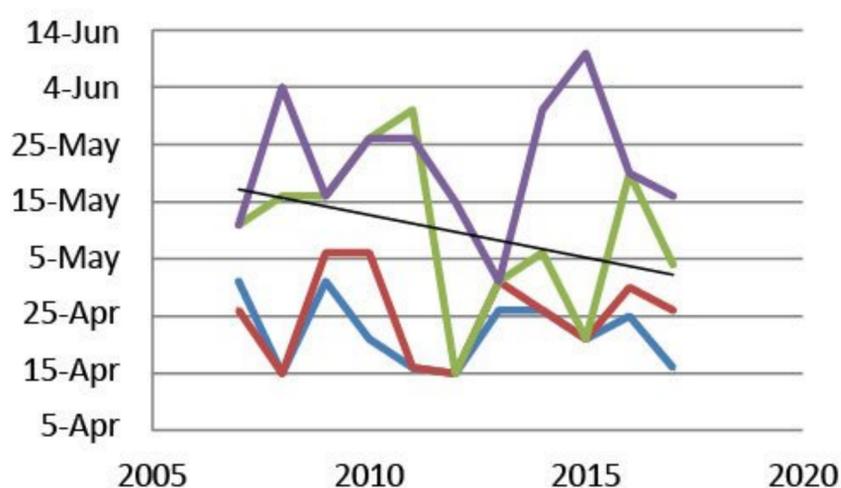
La terminación de la estación lluviosa en todos los estratos es muy uniforme y no se ven señales de la influencia del fenómeno. Esta terminación suele ser entre el 5 al 10 de noviembre para los estratos Alto y Medio. En cambio que para el estrato Bajo suele ser entre el 1 al 5 de noviembre y el estrato del litoral entre el 25 al 31 de octubre.

## TENDENCIAS

También se generaron graficas en las cuales se puede observar la tendencia que tienen el inicio y terminación de la estación lluviosa para los distintos estratos, esto para tratar de identificar si hay algún cambio en los años estudiados.

El análisis de la variabilidad interanual de las series temporales de inicio y fin de la época lluviosa para el período 2007-2017 (Figuras 4) muestra que los estratos no poseen tendencias hacia un comienzo más temprano de las precipitaciones ni más tardío. Pero la terminación sí posee una tendencia hacia un término más tardío. Esto significa que la longitud de la época lluviosa se incrementó en el tiempo en los últimos años, como consecuencia de un atraso en la finalización de la misma.

### a) Serie de IELL



### b) Serie de TELL

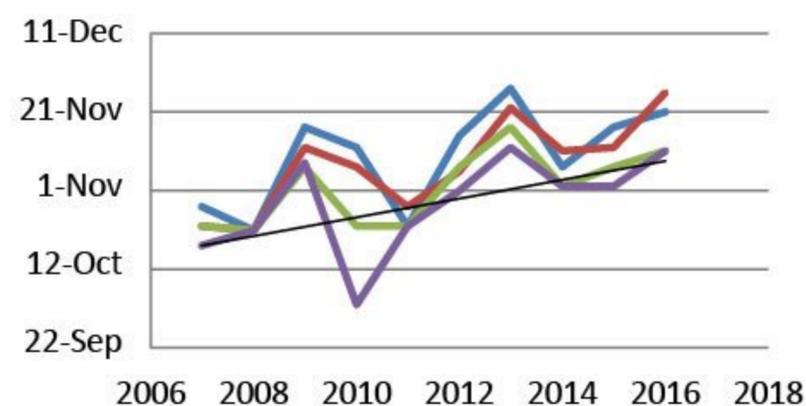


Figura 9

Series temporales de duración de la estación lluviosa para el período 2007-2016

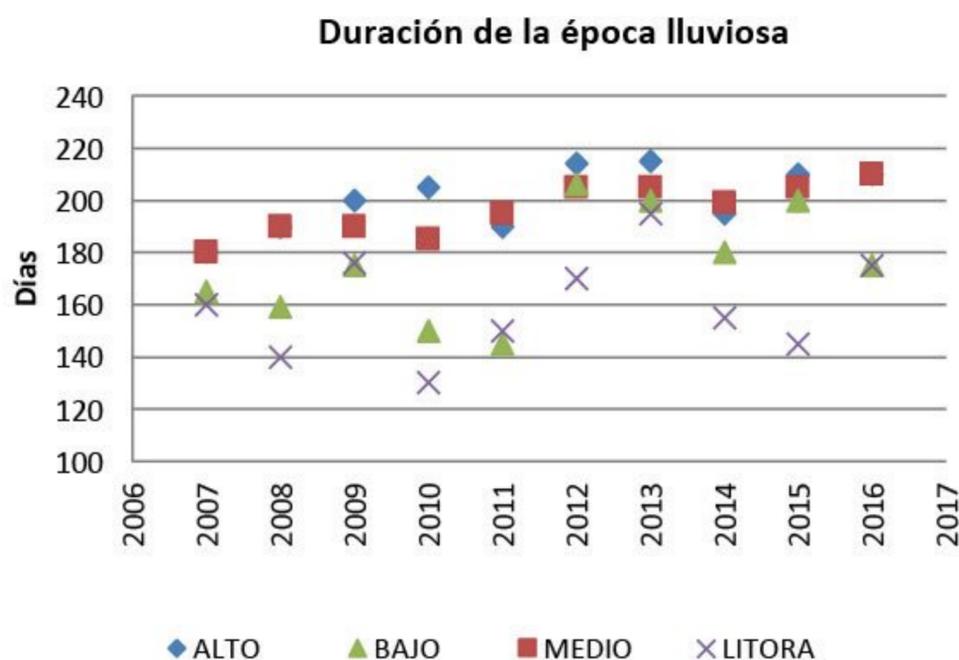
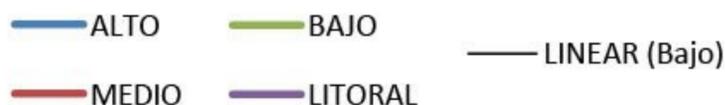


Figura 8

Series temporales de las fechas de inicio (a) y de fin (b) de la estación lluviosa para el período 2007-2017 para los distintos estratos altitudinales. En línea negra se muestra la tendencia.



La identificación de las fechas de inicio y terminación de la temporada de lluvias con el método modificado de los péntadas proporciona fechas muy similares al método modificado de perturbaciones de precipitación, lo que facilitó identificar con mayor precisión las fechas de inicio y terminación de la temporada de lluvias.

El método utilizado principal es el de péntadas modificado por la generación de acumulados de lluvia de 5 días. Considerando los valores acumulados entre 50 o más mm para dos péntadas y que el tercero presenta lluvia de por lo menos 0.5 mm el resultado es la siguiente tabla que indica el inicio de la temporada de lluvias y terminaciones para los distintos estratos de la planicie del Pacífico de Guatemala, además se determinó la duración en días de los periodos lluviosos para cada estrato.

El criterio para identificar la finalización de la estación lluviosa fue el mismo pero analizado de atrás para adelante. Es decir que la péntada evaluada presenta lluvia de por lo menos 0.5 mm y las siguientes dos acumulados de 50 o más mm. Se estimaron los días promedio de la estación lluviosa, lo cual no está relacionado con la cantidad de lluvia, por lo que será necesario generar comparativos para la temporada de lluvias en otros estudios.

**Cuadro 4**

Fechas de inicio y terminación de la estación lluviosa para cada estrato.

Estrato	IELL	FELL	DELL (días)
Alto	20 - 25 Abr	05 - 10 Nov	201
Medio	25 - 30 Abr	05 - 10 Nov	196
Bajo	05 - 10 May	01 - 05 Nov	176
Litoral	20 - 25 May	25 - 30 Oct	160

Fuente: elaboración propia basado en el Sistema Meteorológico ICC

## CONCLUSIONES

- Este estudio permitió identificar la evolución de la estación lluviosa en los distintos estratos a través de un criterio basado en umbrales de precipitación y el basado en perturbaciones de precipitación. Ambos métodos se relacionan con el balance entre PP y ETP, coincidiendo en los inicios de superávit de lluvia y déficit.
- En el estrato alto (300 a 700 metros sobre el nivel del mar- msnm), el inicio de la época lluviosa (IELL) se presenta entre el 20-25 de abril y la terminación (TELL) entre el 5-10 de noviembre, con una duración promedio de 201 días. De manera similar, el IELL en el estrato medio (100 a 300 msnm) se observa entre 25-30 abril y la TELL 5-10 noviembre con una duración de 196 días. En el caso del estrato bajo (40 a 100 msnm), el IELL se establece entre el 5-10 mayo y la TELL entre 1-5 noviembre con una duración de 176 días. De manera parecida, en el estrato litoral (debajo de 40 msnm) el IELL se presenta del 20-25 mayo y la TELL del 25-30 octubre con una duración de 160 días. Existe variabilidad entre los años, la cual es más marcada para el estrato litoral.
- Mediante el análisis de las series temporales de las fechas de terminación de estación de lluvia para el período 2007-2017, se identificaron tendencias hacia un incremento en la longitud. Teniendo en cuenta este resultado, a priori podría inferirse una relación entre el aumento en los totales anuales de precipitación. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la relación entre los acumulados totales de precipitación y la extensión de la estación lluviosa no es directa y deben tenerse en cuenta otros factores tales como la variabilidad interanual e intra-estacional de la precipitación.
- En el estrato litoral, al momento de utilizar el método de péntadas, se generaron muchos casos en lo que no se cumple la condición, por lo que este método no explica del todo la precipitación en el litoral. Esto debido a la gran variabilidad que existe en las parte costeras que son influenciadas por las brisas de mar a playa y de playa a mar.
- Existe la limitante de series largas de datos para comparar y definir de mejor forma la influencia que tiene el fenómeno ENOS, para los inicios y terminaciones de la estación lluviosa. Por lo tanto, los resultados mostrados aquí son indicativos y no proveen conclusiones robustas sobre dicha influencia. Los datos existentes no indican una influencia de El Niño sobre el inicio ni la terminación de la época de lluvias. La Niña solamente mostró una influencia sobre el estrato alto y el medio, con un adelanto en el inicio de la época lluviosa de cinco días.



## Referencias Bibliográficas

- Alfaro, E., Cid, L., & Enfiel, D. (1999). Relaciones entre el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Invest. Mar., Valparaíso*, 26: 59-69R, e 11a9c9i8ones, 11.
- Cardozo, N. P., & Sentelhas, P. C. (2013). Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. *Scientia Agricola*, 449.
- CENGICAÑA. (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Guatemala: Artemis Edinter, S.A.
- Greenland, D. (2005). *Climate Variability and Sugarcane Yield in Louisiana*. American Meteorological Society, 165.
- ICC. (2013). *Relación entre el índice El Niño 3.4 y los rendimientos de caña de azúcar en la zona cañera del sur de Guatemala*. Guatemala.
- Kang, Y., Khan, S., & Maa, X. (2009). *Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review*. *El Servir*, 1667.
- Marengo, J., Liebmann, B., Kousky, V., & Fli. (2001). Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *American Meteorological Society*, 14(5): 833-852.
- Marin, F. R., & Carvalh, G. L. (2012). Spatio-temporal variability of sugarcane yield efficiency in the state of São Paulo, Brazil. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 149.
- Zhao, D., & Li, Y. R. (2015). *Climate Change and Sugarcane Production: Potential Impact and Mitigation Strategies*. Hindawi Publishing Corporation, *International Journal of Agronomy*, 1.

# Análisis Comparativo del Proceso de Preparación de Semilla para Cristalización de Azúcar

Fernando Rosales  
Raisa Vega  
Recuperación de Sacarosa  
CENGICAÑA

En la industria azucarera se utilizan varios métodos para preparar semilla. Por ejemplo, se tiene la formación por medio de rompimiento mecánico de azúcar suspendida en alcohol dentro de un molino de bolas, también se puede obtener por la mezcla de azúcar pulverizado tipo fondant con alcohol y un tercer método para la preparación implica utilizar medios fisicoquímicos, en el cual la semilla se forma por el enfriamiento rápido de una solución sobresaturada de azúcar al verterle un solvente en donde el azúcar es insoluble y se encuentra a menor temperatura.

Varios estudios y artículos internacionales han abordado el tema para mejorar los métodos de preparación y obtener semilla que permita un mayor agotamiento de mieles en los tachos, mantener un mejor control en la cristalización, obtener granos con distribución de tamaño más homogéneo y disminuir pérdidas de sacarosa en centrífugas.

En el caso de Guatemala, son muy pocos los investigadores interesados en evaluar mejoras en la preparación de semilla, a pesar de la gran importancia que tiene la misma en el proceso de recuperación de azúcar en tachos. Actualmente los ingenios de Guatemala manejan el método de rompimiento de azúcar por medio de molinos para preparar semilla, sin embargo, se encuentran variaciones en cuanto al equipo utilizado y receta de preparación; derivado a ello se obtienen productos con distintas características. Por lo anterior se reconoce la necesidad de evaluar los métodos empleados y establecer uno solo que garantice un producto de alta calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los equipos utilizados en la preparación de semilla son de dos tipos.

1) **Molino de bolas horizontal:** movimiento de balines en efecto de cascada que permite la disminución del tamaño del material a moler.

2) **Molino de bolas vertical tipo atritor:** rotación de balines a alta velocidad que chocan con el material induciendo una molienda por impacto.

Para caracterizar la semilla obtenida se empleó un Morphologi G3 y un microscopio marca Meiji provisto del software Image Pro-Plus, ambos equipos funcionan bajo el principio de análisis digital de imágenes.



Figura 1

a) Molino de bolas horizontal.  
b) Molino de bolas vertical tipo atritor.



Figura 2

a) Morphologi G3  
b) Microscopio marca Meiji con software Image Pro-Plus.



En el Cuadro 1, se detalla el tipo de molino con el que cuenta cada ingenio para preparar su propia semilla. Además, se especifica el cristalógrafo utilizado para el análisis de la misma, es importante mencionar que no todos los ingenios poseen un equipo propio para esto, por lo tanto, algunas muestras fueron caracterizadas con el Morphologi G3.

La investigación desarrollada a lo largo de la Zafra 16-17, consistió en visitar los 6 ingenios involucrados en este estudio; inicialmente para observar, recolectar, conocer y evaluar información acerca del procedimiento que efectúan. Posteriormente se tomaron muestras para determinar la incidencia de cada una de las variables sobre el tipo de semilla que se genera y para caracterizar el producto final del proceso (cristales).

**Cuadro 1** / Equipo utilizado por cada ingenio.

Ingenio	Tipo de Molino	Cristalógrafo	
			Propio
A	Molino de bolas horizontal	Morphologi G3 marca Malvem	X
B	Molino de bolas horizontal	Morphologi G3 marca Malvem	X
C	Molino de bolas vertical tipo atritor	Microscopio marca Meiji modelo MT4300H con Software Image Pro-Plus	X
D	Molino de bolas vertical tipo atritor	Morphologi G3 marca Malvem	X
E	Molino de bolas vertical tipo atritor	Microscopio marca Meiji modelo MT4300H con Software Image Pro-Plus	X
F	Molino de bolas vertical tipo atritor	Microscopio marca Meiji modelo MT4300H con Software Image Pro-Plus	X

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Recolección de datos y evaluación de métodos

En el Cuadro 2 se tabulan las variables de mayor incidencia en la preparación de semilla, para el caso de rompimiento mecánico de azúcar por acción de un molino de bolas horizontal (*ingenios A y B*) y molino de bolas vertical tipo atritor (*ingenios C, D, E y F*).

Para los ingenios que cuentan con molinos de bolas horizontales (*A y B*) se observa que las variables del proceso coinciden en su mayoría, con excepción del tamizado de azúcar, la capacidad del molino, el volumen del molino ocupado y el tiempo de maduración de semilla. Con estas diferencias se ve afectado el producto final obtenido en el tamaño medio y el CV, lo cual se verá más adelante en detalle.

Para los ingenios que tienen molinos de bolas verticales tipo atritor (*C, D, E y F*) se observa que la mayoría de variables son distintas entre uno y otro. Se utilizan dos tipos de azúcar, morena y blanco estándar; alcohol etílico al 96% (*con 4% de agua*) e isopropílico al 99% (*1% de agua*); los tamaños de azúcar tamizado son muy diversos, existiendo rangos muy cerrados de 425-600  $\mu\text{m}$  y rangos muy amplios de 850-1700  $\mu\text{m}$ ; las relaciones de azúcar/alcohol son similares ya que todos tienden a agregar 1 parte de azúcar por 2 partes de alcohol; los tiempos de molienda también son variables, van desde 1.5 hasta 5 horas; algunos molinos operan con velocidades mayores a otros; el volumen del molino ocupado va desde 55.75% hasta 84.73%; todos lavan sus molinos luego de ser utilizados, solamente un ingenio madura su semilla.

Ingenio Variable	A	B	C	D	E	F
Tipo de azúcar	Blanco estándar	Blanco estándar	Morena	Blanco estándar	Blanco estándar	Blanco estándar
Tipo de alcohol	Etílico al 96%	Etílico al 96%	Isopropílico al 99%	Etílico al 96%	Isopropílico al 99%	Isopropílico al 99%
Tamaño de azúcar tamizado ( $\mu\text{m}$ )	600-1000	No tamizan	850-1700	600-850	425-600	425-710
Cantidad de Azúcar (kg)	1.6	3.18	3.14	2.27	2.18	3.64
Cantidad de alcohol (L)	4	7	8	5	5	8
Relación azúcar alcohol	1:2	1.14:2	1:2	1.14:2	1.11:2	1.16:2
Tiempo de Molienda (h)	8	8	5	3	1.5	5
Velocidad del molino (rpm)	~63	~65	162	143	145	159
Número de balines	5000	5000	4330	~2375	~2184	4500
Volumen del Molino (L)	8	20.6	15	12	12	15
Volumen de molino ocupado (%)	83.13	51.65	84.73	55.75	56.08	73.53
Lavado de molino	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Maduración</b>						
Tiempo de Maduración (h)	12	24	No maduran	168	No maduran	No maduran
Velocidad de madurador (rpm)	~18	~16	---	~25	---	---

## ► Cuadro 2

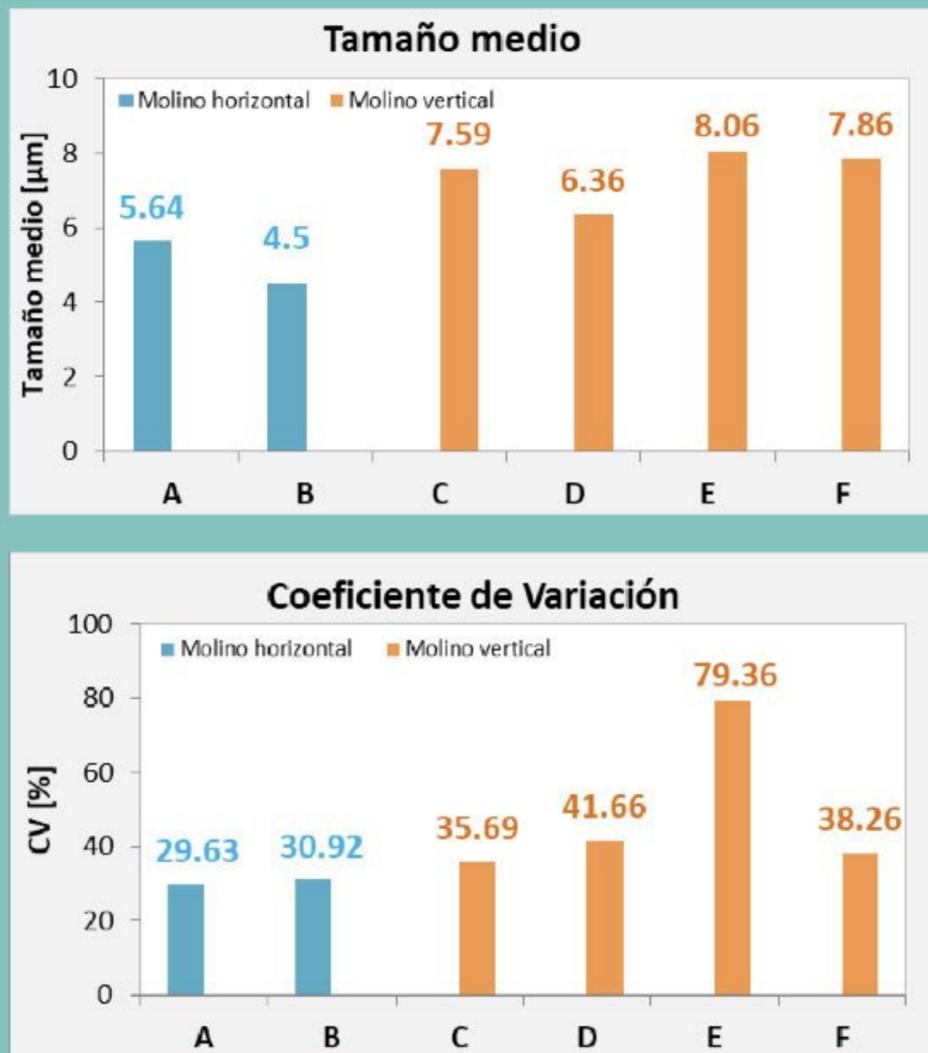
Comparativo entre variables de ingenios con molinos de bolas horizontal y vertical tipo atritor.

Para concluir con cuál de las dos tecnologías se obtienen mejores resultados de calidad, se realizó un análisis cristalográfico tanto en el molino de bolas horizontal como en el vertical. Las variables para determinar la calidad del producto fueron: tamaño medio de los cristales, coeficiente de variación (CV), distribución de tamaños y morfología del cristal.

En la Figura 3, se muestran los tamaños medios de los cristales de sacarosa que se obtuvieron al salir de los molinos, estos datos son sin maduración. Los resultados de los molinos horizontales (*azul*) son menores que los verticales (*anaranjado*). Un tamaño ideal de semilla debe estar dentro del rango de 5-10  $\mu\text{m}$  ya que el área superficial puesta a disposición permite que incremente la proporción en la adsorción de moléculas hacia la red cristalina de la partícula en crecimiento. Fuera de este rango se encuentra únicamente el ingenio B, con un valor inferior al requerido, esto puede ajustarse con la disminución del tiempo de molienda para no obtener partículas tan pequeñas. Por lo anterior se puede decir que con respecto a los tamaños medios de semilla obtenidos, ambas tecnologías son efectivas.

El siguiente factor de calidad analizado fue el coeficiente de variación (CV) de la semilla, que indica la homogeneidad y dispersión entre el tamaño de los cristales. Dichos resultados se observan en la Figura 4. Los ingenios A y B, que utilizan la tecnología del molino de bolas horizontal presentan CV's menores a 31%, mientras que con los molinos de bolas verticales tipo atritor se obtienen valores mayores de 35% y pueden llegar hasta 80%. Para que los cristales de azúcar que se desarrollan en los tachos tengan un tamaño homogéneo y que no existan pérdidas de los más pequeños en las centrífugas, es importante mantener valores de CV inferiores a 30% (Ziegler, 2013).

## Análisis Cristalográfico y selección de la mejor tecnología



**Figura 4** / CV de semilla obtenida en cada ingenio.

La morfología de los cristales de la semilla lograda con el molino de bolas horizontal y molino de bolas vertical aparecen en la Figura 6. En ella se observa claramente que con el primero se obtienen partículas de forma regular, de bordes redondeados, que contribuye al crecimiento del cristal en la misma proporción en todas sus caras. Por otro lado, la morfología irregular o triangular conseguida con el molino vertical puede atribuirse a que éste quebranta el grano.

Por todo lo anteriormente mencionado; tamaño medio de los cristales entre 5 y 10 µm, CV de la semilla inferior a 30%, distribución normal de datos con curva estilizada y cristales de forma regular con bordes redondeados, se concluye que el molino de bolas horizontal es la mejor opción tecnológica para preparar semilla en los ingenios azucareros.

**Figura 3** / Tamaño medio de semilla obtenida en cada ingenio.

Con respecto a los resultados de CV, se evidencia que con molinos de bolas horizontales se obtienen cristales más homogéneos en tamaño, esto se atribuye a que la acción dentro de estos equipos es más controlada por el efecto cascada de los balines sobre el material a moler.

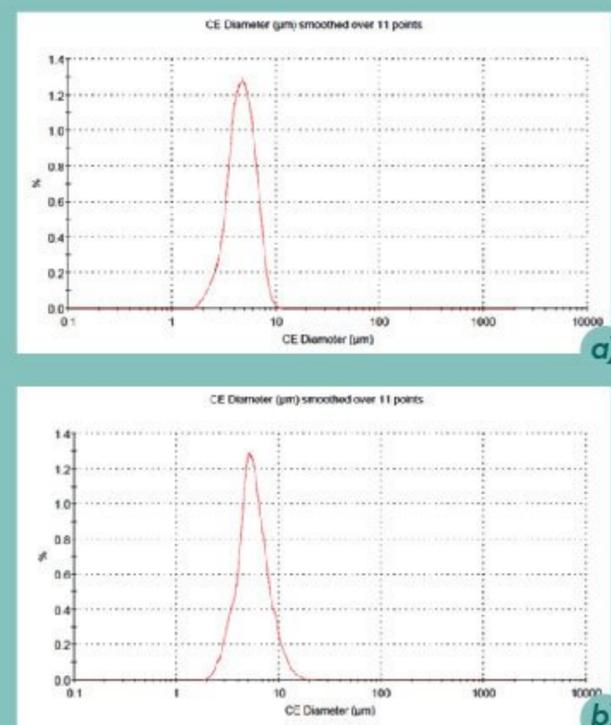
La Figura 5, demuestra el comportamiento del tamaño medio de la población de cristales obtenidas por las dos tecnologías. Con ambos molinos se consigue una distribución normal de datos, sin embargo, con el molino de bolas horizontal (a) la curva es más estilizada y con menor variabilidad de los tamaños con respecto al valor medio.

**Figura 5** /

Distribución de tamaños medios de semilla obtenida con:

- a) molino de bolas horizontal
- b) molino de bolas vertical tipo atritor.

Fuente: Datos obtenidos con Morphologi G3.



**Figura 6** /

Morfología de semilla obtenida con:

- a) molino de bolas horizontal
- b) molino de bolas vertical tipo atritor.

Fuente: Datos obtenidos con Morphologi G3.



## Puntos recomendados para obtención de mejores prácticas

En los Cuadro 2, se compararon las diferencias existentes entre los procedimientos de molienda utilizados en los ingenios, a continuación se explican los aspectos a tomar en cuenta para cada variable involucrada con las que se alcanzan los mejores resultados, se abordan únicamente las del molino horizontal, dado que se determinó que es la mejor tecnología.

### Evaluación de Materia Prima

**Tipo de azúcar:** El parámetro relevante en la preparación de semilla es la pureza, ya que mientras menor sea, existirá mayor contenido de no sacarosas que luego de la molienda pueden formar falsos núcleos (no constituidos por sacarosa), lo cual da lugar al crecimiento del cristal sobre una impureza. Por esta razón no se recomienda el uso de azúcar moreno, si no mejor blanco estándar.

**Tipo de alcohol:** La molienda del azúcar es en medio húmedo, por eso se utilizan líquidos orgánicos donde éste no sea soluble tal como el alcohol etílico. Los alcoholes no absolutos tienen un pequeño porcentaje de agua en donde el azúcar es altamente soluble, lo que lleva a una formación de una cantidad más reducida de cristales, sin embargo, esta agua es aprovechada en la posterior maduración, ya que el agua se sobresatura con azúcar y luego al mantenerse en constante agitación por un tiempo determinado, las moléculas de sacarosa migran a la red cristalina de los núcleos de azúcar. Se recomienda el uso de alcohol etílico ya que contiene más porcentaje de agua (favorable al fenómeno de maduración) que el isopropílico y puede ser adquirido con relativa facilidad en la industria azucarera ya que algunos ingenios producen el mismo.

### Preparación previa de azúcar

Antes de introducir el azúcar al molino, es necesario realizar una homogenización por medio de tamices para que la distribución de tamaños sea lo menos variable posible y que al introducir un material irregular, termine afectando el coeficiente de variación final de la semilla. Otra razón por la cual debe tamizarse el azúcar es para obtener granos de azúcar de un tamaño determinado, mientras más pequeño sea este, menor será el tiempo que necesitará el molino para llegar al valor especificado. El tamaño del azúcar se recomienda entre 600-850  $\mu\text{m}$ , con número de mesh entre 30 y 20 respectivamente.

### Relación azúcar/alcohol

En la literatura consultada se describe la relación 1:2 de azúcar y alcohol como la correcta para preparar semilla. Esta permite el mejor rendimiento de molienda, manejo y transporte adecuado de la semilla. Con dicha proporción introducida al molino, se favorece una buena dispersión de los granos de azúcar en el alcohol, la dilución no debe ser tan elevada que impida o dificulte el choque de las bolas con los granos, ni tan concentrada que espese o apelmace la solución.

## Carga del Molino

**Número de balines:** La cantidad debe ser la necesaria para formar una capa de balines que dé lugar a colisiones balín-azúcar en su interior a una proporción adecuada. Para un molino horizontal se considera que la cantidad de balines apropiada debe ser aproximadamente 30% del volumen total del molino.

**Volumen de molino ocupado:** Para una adecuada molienda, el volumen ocupado del molino debe ser aproximadamente un 93%.

## Tiempo de Molienda

El comportamiento del tamaño de los cristales de semilla en función del tiempo de molienda se representa en la *Figura 8*, como se observa, la tendencia desciende rápidamente (*molienda de partículas grandes*) hasta llegar a un punto constante donde los balines ya no logran la disminución de tamaño. El tiempo de molienda requerido para alcanzar el tamaño de semilla adecuado (*entre 5 y 10  $\mu\text{m}$* ) varía de un ingenio a otro y depende de la tecnología utilizada, condiciones de las materias primas, carga del molino, entre otros; por lo tanto, es necesario hacer pruebas en fábrica hasta determinar dicho tiempo.

### Perfil de Tamaño de Semilla



## Maduración

La maduración es un proceso que consiste en introducir la semilla dentro de un cilindro horizontal desprovisto de aspas, deflectores y balines que debe funcionar por un tiempo de 24 horas. La rotación del madurador es lenta, con una velocidad entre 15 y 20 rpm. El tamaño del madurador debe ser tal que la relación largo/diámetro sea de 2. Y el volumen ocupado por la semilla dentro del madurador debe ser 80%.

Al madurar la semilla se aumenta el tamaño del cristal por presencia de una cantidad mínima de agua en el alcohol etílico que permite disolución de las partículas más finas de azúcar y posterior migración a la superficie de los cristales de sacarosa existentes. Otro efecto observado es la disminución del CV debido a que los microcristales de menor tamaño son los que se disuelven, por ello se recomienda realizar la maduración de la semilla.

## Lavado de Molino

El lavado del molino se realiza con agua y alcohol. El primero de ellos se utiliza para disolver cualquier resto de semilla que haya quedado adherido a las paredes internas del molino o a los balines luego de su operación. El alcohol, al ser completamente miscible con el agua, se utiliza para atrapar partículas remanentes del segundo lavado al molino para que en el lote posterior no existan residuos de agua que puedan disolver el azúcar.

### ► Figura 8

Tamaño de semilla en función del tiempo de molienda (Calichman, 2011).

## CONCLUSIONES

1. Con ambas tecnologías para preparación de semilla existentes en Guatemala, molino de bolas horizontal y molino de bolas vertical tipo atritor, se obtiene un tamaño de partícula adecuado, que está contenido dentro del rango de 5-10  $\mu\text{m}$ .
2. Se considera que el molino de bolas horizontal es la mejor opción tecnológica debido a que logra un menor CV, curvas normales estilizadas y cristales con morfología regular.
3. Es posible estandarizar el método para preparar semilla en todos los ingenios de la agroindustria.

## RECOMENDACIONES

1. Es necesario que los ingenios que utilizan el molino de bolas vertical tipo atritor cambien su tecnología por molinos de bolas horizontales para obtener semilla de mejor calidad.
2. El proceso de maduración presenta beneficios en la calidad de la semilla, por lo tanto se recomienda a los ingenios implementar esta etapa, se debe utilizar un alcohol no absoluto (*etílico*).
3. Ampliar las investigaciones para determinar la cantidad adecuada de semilla que debe inyectarse en los tachos para asegurar un óptimo proceso de cristalización.



### Referencias Bibliográficas

- Byron López. 2014. *Análisis de agotamiento de miel final en ingenios de Guatemala: Métodos para hacer semilla, análisis cristalográfico y variables de agotamiento*. Guatemala. 25 p.
- Eduardo Calichman. 2011. *Fabricación de azúcar. Cocimiento discontinuo*. Brasil: STAB. 70 p.
- Elfego Bautista, Sergio Cabrera, Estiven Recinos, Ligia Rivas, Violeta Castañeda, Cupertino Mejía, Hugo Barrera, Freddy Rodríguez, Ramiro Cifuentes, Edgar Bonilla, Ennio Melgar, Víctor Linares, Luis Lezana, Becy Oviedo, Marina Elías. 2011. *Desarrollo de métodos eficaces para la obtención de semillas para la cristalización de masas B de blanco y masa A de blanco*. Guatemala. pp 1-147.
- Emilio A. Blanco. *Molienda*. Cantabria: Universidad de Cantabria. 55 p.
- Ninela M. y Rajoo N. 2006. *Practical steps taken at Tongaat-Hulett sugar factories to achieve low target differences*. Sudáfrica. pp 448-461.
- Oscar Monzón. 2012. *Tópicos y comentarios generales para la elaboración de semilla en la industria azucarera*. Guatemala. 12 p.
- Pieter Honig. 1982. *Principios de tecnología azucarera*. Nueva York: Elsevier Publishing Companu. pp 229-248.
- Rahiman S. N., Madho S., Davis S. B. 2012. *Assessing the quality of ball-milled slurries*. Sudáfrica. pp 312-328.
- Van der Poel, P. W. 1998. *Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture*. Berlin: Bartens. pp 649-702.
- Ziegler, J. G. 2013. *Cristalización en tachos*. 35 p.



**PETERSEN**  
INGENIERIA Y CONSULTORIA

45 Años de

**PROYECTOS  
E INNOVACIONES  
PARA LA INDUSTRIA**

**AZÚCAR · ETANOL · ENERGÍA**

Especialistas en

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



**MÁS DE 6 AÑOS TRABAJANDO EN CENTRO AMÉRICA**

Remi A. Meléndez Vanderplasschen

+503 7860-0811



info@amvrepresent.com  
EL SALVADOR · CENTRO AMÉRICA

www.petersenengenharia.wixsite.com/petersenengenharia



## OTTO RENE CASTRO LOARCA

El personaje de la agroindustria de la presente edición, es el Doctor Castro quien nos compartió parte de sus experiencias y anécdotas más importantes de su vida.

Nació en el departamento de Retalhuleu el 14 de marzo de 1955. Cuenta que estudió en el instituto "Carlos Dubón", donde obtuvo el título de maestro de educación primaria urbana. Posteriormente se graduó de ingeniero agrónomo en la universidad de San Carlos de Guatemala. En los años 1988 y 1989 estudió en el colegio de post-graduados Chapingo, México, donde obtuvo su maestría en hidrociencias con énfasis en riegos. Tiene posgrados en investigación y desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivos y agrometeorología aplicada que estudió en Costa Rica. En el año 2018 obtuvo el doctorado en ciencias agrícolas y medio ambientales, en la universidad de Santiago de Compostela en España.

Dentro de su experiencia laboral, comentó que ha trabajado en varias instituciones dentro de las cuales se mencionan: El instituto de ciencia y tecnología agrícola (ICTA), en el Centro universitario de occidente (CUNOC), en la universidad Rafael Landívar de Quetzaltenango y Cengicaña que es donde labora actualmente.

### **Cómo inició su vida en la agroindustria azucarera?**

Mi vida en la agroindustria azucarera empezó en junio de 1997 como investigador del área de agrometeorología de Cengicaña.

### **¿Qué instituciones en donde ha laborado recuerda con cariño y aprecio?**

Sin lugar a dudas, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), instituto en el cual trabajé por 17 años, donde además de adquirir la experiencia de investigador agrícola en sus tres procesos: generación, validación y transferencia de tecnología, también me brindó la oportunidad de seguir superándome como profesional, fue ahí donde obtuve la Maestría en Ciencias (MsC) y muchas participaciones a nivel de postgrados. A la vez, esta superación profesional me permitió incrementar las posibilidades de ingresar a la agroindustria azucarera.

### **Alguna anécdota o experiencia memorable que recuerde de sus primeros años laborando en la industria azucarera, en dónde y que año?**

Anécdotas hay muchas, pero creo que la experiencia más memorable es la que sigue: inicié trabajando en Cengicaña como investigador del área de agrometeorología, el cual desempeñé por tres años; pero por decisión personal dejé la agroindustria. Sin embargo, 2 años después, el destino me trajo nuevamente a Cengicaña, pero no como agrometeorólogo, sino como investigador del área de riegos. Hoy en día soy investigador en estas dos áreas, ya con una acumulación de experiencia de 16 años.

## ¿Cuál es la satisfacción más grande que ha tenido en la industria azucarera?

La satisfacción más grande es estar contribuyendo en la generación del conocimiento en dos áreas: riegos y agrometeorología.

En el caso de riegos, tener resultados sobre: *la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación del agua para toda la zona cañera, tecnologías para la evaluación y mejora de sistemas de riego que buscan el ahorro de agua y energía, así mismo, recomendaciones técnicas para priorizar en riego según tipo de suelo, estrato altitudinal, etapa fenológica y época de corte.*

En agrometeorología, los estudios sobre las anomalías que producen los fenómenos naturales en el clima, sus causas y efectos en la producción agrícola para toda la zona productiva, entre otros, la oportunidad de participar en asesorías y realizar capacitaciones para la mayoría de ingenios de Centro América asociados a Cengicaña. En forma especial en la participación de estudios de casos específicos que siempre requieren los ingenios, principalmente, en los años donde existen mermas en la producción en las TCH y/o concentración de azúcar.

De manera general, la mayor satisfacción es haber participado en el desarrollo del Software Cengiriegos, herramienta que integra todo el conocimiento generado dentro y fuera de la agroindustria sobre la relación: agua, suelo, caña de azúcar, atmósfera y operación según sistemas de riego.

## ¿Cómo se visualiza usted en la agroindustria para los próximos años?

Las personas que trabajan en la agroindustria azucarera guatemalteca, tiene muchas virtudes: la capacidad para asociarse, su mística de trabajo, trabajar en equipo para la búsqueda de soluciones de los principales problemas a través de juntas y comités; visionarios y haber creado el Centro de investigación y capacitación, como Cengicaña, que ha facilitado la integración de cada uno de los ingenios, aunado a sus logros tecnológicos en cada una de sus áreas de trabajo; si sumamos todas estas virtudes, se puede visualizar que la industria logrará en poco tiempo una sostenibilidad tanto productiva como: económica, social y ambiental. Esto permitirá que la agroindustria azucarera sea un ejemplo para la nación. En el caso particular, me visualizo en el mismo barco, en el cual estamos todos comprometidos a seguir cosechando logros y ante todo, la mentalidad de seguir la superación personal, mantener siempre la humildad y atención para los profesionales que siempre nos toman en cuenta para que los apoyemos en las decisiones técnicas en la ejecución de labores.

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

Las actuales generaciones deben estar comprometidos a dejar plasmado sus experiencias técnicas para que las nuevas generaciones sean la sucesión de sus experiencias, en este sentido, los profesionales jóvenes no tendrán que emprender el proyecto de nuevo; para el cual, debe ser parte de un proyecto de sucesión ordenada que permita desarrollar capacidades a mediano y largo plazo. Con esta base, la mejor recomendación para los profesionales jóvenes, es que deben saber escuchar y entender el conocimiento básico ganado por las generaciones con experiencia, para que las nuevas prácticas sean compatibles y mejores que las convencionales. De esto, hoy en día, se observa que muchos de los profesionales jóvenes que vienen a la agroindustria traen nuevas ideas, pero no parten del entendimiento básico. La experiencia del conocimiento básico debe iniciarse en el campo, no en la oficina.

## Tiene un personaje líder (escritor, poeta, político, etc.) que lo ha inspirado para llegar a ser el profesional de éxito?

Siempre los personajes líderes son ejemplos en cada una de las generaciones, nos orientan de manera que no caigamos en los mismos errores.

Siempre me inspiran y me orientan en la realización de cada uno de los estudios que emprendo, los proverbios del científico Alberth Einstein, por ejemplo: *"La formulación de un problema es a menudo, más importante que su solución"*, o cuando buscamos los efectos a raíz de una causa encontrada o viceversa, en esto, nos ayuda lo que escribió también Einstein *"La imaginación es más importante que el conocimiento"*, así de esta manera, podemos agregar mas proverbios del científico Einstein.

En el caso de la agroindustria también existen muchos personajes líderes que inspiran a que tengamos éxitos; por ejemplo, la mística, el liderazgo, el carisma y disciplina de trabajo del Dr. Mario Melgar. Palabras que orientan y definen objetivos de trabajo, como lo indicado por el Ing. Max Zepeda, las aplicaciones tecnológicas modernas son importantes, pero es más importante que las labores básicas lo hagamos bien hecho. Así de esta manera, podemos mencionar a muchos personajes, que han contribuido a que los resultados de los objetivos propuestos tengan una tendencia lineal positiva.

# GIRA DE CAMPO

El jueves 12 de abril, se llevó a cabo la gira de campo con la participación de 200 técnicos de los diferentes ingenios y empresas relacionadas a la agroindustria azucarera. Gracias al apoyo de los ingenios: La Unión y Pantaleón, quienes prestaron espacio para hacer las respectivas demostraciones y personal profesional para hacer las exposiciones de los siguientes temas:

- Control de Malezas
- Siembra con toletes
- Siembra mecánica

También se contó con la participación de las empresas afines a la industria azucarera: Duwest, Agrológico, Foragro, Agrocentro; Arysta, Bayer, Coguma, Disagro/Basf; Inverflohsa, Raesa, Daho Pozos, Tecún; Soluciones

analíticas; Syngenta y Sediagro, quienes presentaron innovaciones de manejo del cultivo a los participantes. La actividad dio inicio a las 8:00 a.m. en el casco de la Finca Tehuantepec donde se trasladó a los participantes a las diferentes estaciones.

La exposición y demostración de la siembra con Toletes, estuvo a cargo de personal profesional de ingenio La Unión. El Ing. Oscar Méndez expuso las ventajas de esta siembra.

La siembra mecánica estuvo a cargo de personal profesional de Pantaleón. Fue el Ing. Fabricio Alvarado, quien expuso el tema y además hubo una demostración con maquinaria sobre este tipo de siembra.





En las parcelas demostrativas las casas comerciales tuvieron la oportunidad de aplicar con anticipación sus productos agroquímicos y presentar los resultados en el evento.

Al finalizar la parte técnica los participantes tuvieron la oportunidad de intercambiar experiencias en los stands de las casas comerciales y degustar de un almuerzo.

ATAGUA agradece a Ingenio Pantaleón y La Unión por el valioso apoyo.



# GIRA DE FÁBRICA

En las instalaciones de Ingenio Trinidad, el 17 de abril del presente año, se llevó a cabo la gira de fábrica, donde se dieron cita 84 profesionales de los diferentes ingenios del país.

A las 8:00 A.M. los participantes se dieron cita para recibir las charlas técnicas impartida por profesionales de dicho ingenio. En esta oportunidad los temas tratados fueron:

- *Parámetros operativos y eficiencia en el área de molienda.*
- *Parámetros operativos y eficiencia en el área de fabricación.*
- *Evolución del mantenimiento en fábrica.*
- *Integración de información campo-fábrica, para la toma de decisiones operativas.*

Posteriormente a las charlas se llevó a los participantes a un recorrido por las instalaciones del ingenio. Se les entregó equipo de seguridad industrial y en pequeños grupos, dirigidos por personal profesional del ingenio, tuvieron la oportunidad de ver el proceso de fabricación de azúcar.

Al finalizar la parte técnica todos se trasladaron a la finca Génova donde disfrutaron de un almuerzo y un show artístico.

En esta gira se contó con la participación de las casas comerciales: Simca, Prindusat, Horcalsa, Armarsa; ATS, Wet Chemical, Mobil y Soluciones Analíticas; a quienes ATAGUA agradece el interés e incondicional apoyo por participar en nuestros eventos.

Se agradece de manera especial a Ingenio Trinidad por permitir visitar sus instalaciones y a sus técnicos por la presentación de las charlas.



# DESDE EL INICIO, HASTA EL FINAL, produzca más

Biomass, explota al máximo el potencial de la planta y aporta micronutrientes, incrementando la producción por hectárea.

**Biomass**

NUTRICIÓN INNOVADORA  
**Poliquel**  
MULTI

**BIOZYME TF**

NUTRICIÓN INNOVADORA  
**Humitron**

**Arysta**  
LifeScience

# 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](mailto:Info@aerobots.gt) / +502 2300-5656 / [www.aerobots.gt](http://www.aerobots.gt)