

# Atagua



ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA

ABRIL · JUNIO

2022

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





# PARA QUE NO PERFOREN EL TALLO DE LA CAÑA

*Daño por  
barrenador*



**FMC** | PROTECCIÓN CONCIENCIA

[www.duwest.com](http://www.duwest.com)



## HERBICIDAS      INSECTICIDAS



Ing. Antonio Zamora  
Duwest Guatemala  
Distribuidor Autorizado  
Tel. 502 5966 4169  
[antonio.zamora@duwest.com](mailto:antonio.zamora@duwest.com)

Ing. Luis Orellana  
Bayer Guatemala  
Tel. 502 5205 7299  
[luisfernando.orellana@bayer.com](mailto:luisfernando.orellana@bayer.com)

Liberación de las variedades de caña de azúcar CG09-133119 y CG10-0974 para producción comercial en Guatemala

Evaluación de Tecnologías evaporativas en la industria azucarera y criterios para su selección

Como sacarle el máximo provecho a tu destilería

Uso de microorganismos en la agricultura, en época de precios altos de fertilizantes

Manejo agronómico del Barrenador

CONTENIDO

## JUNTA DIRECTIVA

Dr. José Gerardo Espinoza  
Presidente

**Cengicaña**

Ing. Abimael Marino López  
Vicepresidente

**Ingenio Pantaleón**

Ing. César Amilcar Martínez  
Tesorero

**Ingenio La Unión**

Ing. Ivan Aguirre  
Profesorero

**Ingenio Madre Tierra**

Licda. Nancy Jeissel Monroy  
Secretaria

**Ingenio Trinidad**

Ing. Christian Omar Rodríguez  
Prosecretario

**Ingenio Trinidad**

Ing. René Santamaría Rojas  
Vocal I

**Ingenio Pantaleón**

Ing. Alejandro Velásquez  
Vocal II

**Ingenio Tululá**

Ing. Marco Tax  
Vocal III

**ICC**

José Gerardo Espinoza Véliz

## Estimado socio:

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

Como siempre nos hemos caracterizado en llevar a cada uno de ustedes las tendencias tecnológicas para campo y fábrica, tanto nacionales como internacionales para el cultivo de caña de azúcar, con mucho entusiasmo les presentamos nuestra edición de la revista, con información técnica de interés, contribuyendo a la agroindustria azucarera.

Sabemos que los últimos años han sido llenos de desafíos, no solamente desde el punto de vista técnico, sino también de salud. La pandemia de COVID-19, nos ha mostrado que podemos hacer cosas diferentes que podemos innovar para mejorar nuestros procesos, reducir costos de producción, aun cuando la disponibilidad de mano de obra se reduce. Por lo tanto, debemos continuar en la búsqueda de la optimización y digitalización, buscando alternativas diferentes y ambientalmente más amigables.

Ante lo anterior, en esta edición les presentamos dos estudios de gran importancia en el proceso productivo de caña de azúcar, tanto en la producción de campo como en la fabricación de azúcar. El primero de ellos es la Evaluación y criterios para la selección de tecnologías de evaporación en la industria azucarera, un aporte para fase industrial o fabricación de azúcar, mientras que el segundo estudio para la fase de campo es Liberación de las variedades de caña de azúcar CG09-133119 y CG10-0974 para producción comercial en Guatemala, estudio importante dado la necesidad de materiales genéticos para los diversos ambientes de producción de la zona cañera de guatemalteca.

Por otro lado, en la misma línea de contribución ATAGUA, ha implementado una serie de Webinar con diversos temas de campo y fabrica que han contribuido a la capacitación de técnicos no solo nacionales sino internacionales, tales como: Uso de microorganismos para mejorar la producción en tiempos de altos costos de fertilizantes minerales, como sacarle el máximo provecho a tu destilería, Manejo Agronómico del Barrenador.

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

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



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

(502) 5517-3978

administracion@atagua.org

secretaria@atagua.org

NUUESTRA PORTADA:

Fotografía proporcionada por el Dr. Gerardo Espinoza.

CENGICAÑA

**Liberación de las variedades de caña de azúcar CG09-133119 y CG10-0974 para producción comercial en Guatemala****Por:**

**Héctor Orozco**, Coordinador Programa de Variedades de CENGICAÑA · **Rafael Buc**, Técnico Fitomejorador, CENGICAÑA · **Salomón García**, Fitopatólogo, CENGICAÑA · **José Quemé**, Fitomejorador-CENGICAÑA · **Victor Azañón**, Personal de Departamentos de Investigación de Ingenio La Unión, · **Alejandro Velásquez**, Personal de Departamentos de Investigación de Ingenio Tuluá, · **Stephanie Soto**, Personal de Departamentos de Investigación de Corporación San Diego-Trinidad

- Variedades de caña
- Estrato altitudinal

**R E S U M E N**

Las variedades de caña de azúcar CG09-133119 y CG10-0974 (híbridos complejos de *Saccharum* spp.) fueron obtenidas y desarrolladas por el Programa de Variedades del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) y en este reporte se documenta la información que permitió liberarlas para producción comercial en fincas de los ingenios asociados a CENGICAÑA en la Agroindustria Azucarera (AIA) de Guatemala. La variedad CG09-133119 se seleccionó del cruzamiento entre CC85-92 como madre y CP65-357/Mex79-431/CP57-603 variedades como padre y la variedad CG10-0974 se seleccionó del cruzamiento entre CP65-357 como madre y CG97-61/CG97-97 variedades como padre. Los cruzamientos de CG09-133119 y CG10-0974 se realizaron en CENGICAÑA-Guatemala en diciembre de 2006 y 2007, respectivamente. Las dos variedades liberadas se evaluaron en ensayos replicados de campo del estado V en diferentes localidades de la AIA de Guatemala en tres ciclos de cultivo. Como resultado las variedades CG09-133119 y CG10-0974 fueron liberadas porque cumplieron los requisitos establecidos con el Comité Técnico Agrícola de CENGICAÑA; alta productividad de azúcar en toneladas de azúcar por hectárea (TAH), alta productividad de fibra en toneladas de fibra por hectárea (TFH), resistencia a enfermedades, características agronómicas adecuadas para el manejo de campo y adaptabilidad a las condiciones de clima y suelo locales. Ambas variedades superaron a la variedad comercial más importante CP72-2086 utilizada como testigo en los experimentos de campo. Los criterios de selección fueron los requisitos establecidos por Comité Técnico Agrícola de CENGICAÑA. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en TAH, TFH, resistencia a las enfermedades Carbón [*Ustilago scitaminea* (Sydow & P. Sydow)], Caña seca [*Cephalosporium sacchari* = *Fusarium sacchari*], Escaldadura foliar [*Xanthomonas albilineans* (Ashb)], Roya marrón [*Puccinia melanocephala*] y Roya naranja [*Puccinia kuehnii*], Virus del mosaico y virus del Amarillamiento foliar [*Sugarcane yellow leaf virus* (ScYLV)]. De acuerdo con los resultados obtenidos se liberan las variedades CG09-133119 y CG10-0974 para producción comercial en los estratos altitudinales medio y litoral de la AIA de Guatemala.

**INTRODUCCIÓN**

Las variedades de caña de azúcar CG09-133119 y CG10-0974 (híbridos complejos de *Saccharum* spp.) fueron obtenidas y desarrolladas por el Programa de Variedades del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) y se liberaron para producción comercial en Guatemala en julio 2022. La variedad CG10-0974 se seleccionó del cruzamiento entre CP65-357 como madre y CG97-61/CG97-97 variedades como padre y la variedad CG09-133119 se seleccionó del cruzamiento entre CC85-92 como madre y CP65-357/Mex79-431/CP57-603 variedades como padre. Los cruzamientos de CG09-133119 y CG10-0974 se realizaron en CENGICAÑA-Guatemala en diciembre de 2006 y 2007, respectivamente.

Las variedades CG09-133119 y CG10-0974 fueron liberadas para producción comercial en la Agroindustria Azucarera de Guatemala por superar a la variedad comercial más importante CP72-2086 en TAH y TFH en plantía, primera y segunda soca, por su resistencia a las enfermedades a caña seca causado principalmente por Carbón [*Ustilago scitaminea* (Sydow & P. Sydow)], Escaldadura foliar [*Xanthomonas albilineans* (Ashb)] Roya marrón [*Puccinia melanocephala*] y Roya naranja [*Puccinia kuehnii*], virus del Mosaico y virus del Amarillamiento foliar [*Sugarcane yellow leaf virus* (ScYLV)] por sus adecuadas características agronómicas para su manejo comercial y por su adaptabilidad a las condiciones de clima y suelo de la Agroindustria azucarera guatemalteca.

El objetivo de este trabajo está relacionado con el objetivo de calidad del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001-2015 de CENGICAÑA el cual es liberar al menos dos variedades CG o variedades introducidas para producción comercial en las condiciones de clima, suelo y manejo de la Agroindustria azucarera guatemalteca.

## METODOLOGÍA

### *Variedades evaluadas, localidades y manejo experimental*

Las variedades evaluadas en este estudio se originaron de dos grupos de maduración natural; sin flor o tardías y con flor o tempranas. Estas variedades fueron seleccionadas categorizadas como promisorias por haber superado a las variedades testigo de acuerdo con los criterios de selección utilizados en el estado IV de selección (García et al., 2016 y 2017). Este estudio corresponde a la evaluación de variedades en la Décima y Onceava Prueba-Semicomerciales (10PSC y 11PSC) de CENGICAÑA. La variedad testigo fue CP72-2086 y otras de interés de los ingenios participantes en el estudio dentro de las se incluyó la CG02-163.

La 10 PSC se conformó por variedades sin flor o tardías de las cuales se presentan resultados de la variedad CG09-133119 evaluada en dos localidades representativas del estrato medio de la zona cañera guatemalteca. Del grupo de variedades con flor o tempranas de la 11PSC se presentan resultados de la variedad CG10-0974 evaluada en cinco localidades representativas distribuidas dos en el estrato altitudinal medio y tres en el litoral. Los ensayos de campo fueron ubicados tratando de seguir el criterio de zonas agroecológicas propuesto por Villatoro et al., (2010).

Los aspectos del manejo experimental de los ensayos de campo que más se controlaron fueron la aplicación de maduradores químicos en cuanto a edad de aplicación, tipo de producto y edad de cosecha. En general los dos ensayos de campo de la 10 PSC y los cinco de la 11 PSC se manejaron adecuadamente en términos de edad de corte.

### *Período de estudio*

Las variedades de la 10 PSC se evaluaron durante las zafras 2017-18, 2018-19 y 2019-20 en plantía, primera y segunda soca. Particularmente el ensayo de campo de finca Peralta se evaluó en cinco ciclos de cultivo: plantía y cuatro socas. Las variedades de la 11 PSC se evaluaron durante las zafras 2018-19, 2019-20 y 2020-21 en plantía, primera y segunda soca. El ensayo de campo de finca San Luis se evaluó en cuatro ciclos de cultivo: plantía y tres socas.

### *Diseño experimental*

El diseño experimental de los ensayos de campo fue en Bloques Completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental varió de 0.15 a 0.5 ha. El ancho de la unidad experimental fue de cinco surcos distanciados a 1.5 m por el largo del lote que varió entre 200 y 300 m lineales.

### *Criterios de selección*

Los criterios utilizados para la selección de las variedades se basaron en los requisitos establecidos con el cliente (ingenios asociados a CENGICAÑA) y descritos en la Lista de Requisitos del Cliente (LRC) del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA: rendimiento de azúcar por hectárea (ha) expresado en toneladas (t) de azúcar por ha (TAH) y rendimiento de fibra por ha expresado en t de fibra por ha (TFH), concentración de sacarosa (CS) medido en Pol % caña (en pre cosecha), rendimiento de

caña por ha expresado en toneladas de caña por ha (TCH), reacción a las principales enfermedades; características de manejo: emergencia y/o rebrote, cierre natural, aspecto de planta o valor agronómico e incidencia de floración y corcho.

Para estimar la productividad de azúcar (TAH) se multiplicaron los valores del TCH por la concentración de sacarosa de pre-cosecha y para estimar el TCH se cortó y pesó cada una de las unidades experimentales. El peso se obtuvo en la báscula de los ingenios participantes en el estudio. Los valores de CS en pre-cosecha se obtuvieron mediante tres muestras aleatorias por unidad experimental. Cada muestra se conformó de cinco tallos molederos extraídas una semana antes de la cosecha y analizados en el Laboratorio Agronómico de CENGICAÑA. Para el TAH y sus componentes TCH y CS se calculó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia de 0.05 (DMS0.05). Los valores obtenidos experimentalmente por localidad para las variedades de maduración tardía y temprana se presentan en los Anexos III y IV, respectivamente.

La reacción a enfermedades se midió de acuerdo con escalas para cada enfermedad y los criterios de aceptación están de acuerdo con lo especificado en la Lista de requisitos del cliente. El aspecto de planta se midió visualmente mediante una escala de uno a cinco en donde 1 corresponde a muy bueno, 2 bueno, 3 regular, 4 malo y 5 muy malo. El valor de aspecto de planta expresa la cantidad y calidad de tallos molederos en el momento de la cosecha. La evaluación de la calidad de los tallos está enfocada en calificar los tallos como materia prima para molienda e incluye entre otros: presencia de mamones, presencia de raíces aéreas, rajaduras de tallos, etc.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Productividad de azúcar y fibra y adaptabilidad

#### Variedad CG09-133119, estrato altitudinal medio

Los resultados en TAH, CS en Pol % caña y TCH promedio de dos localidades del estrato medio (100-300 msnm) se presentan en el Cuadro 1. En la localidad de finca Peralta se presentan datos de plantía, cuatro socas y promedio de estos ciclos de cultivo mientras que en San Carlos se obtuvieron datos de la plantía y las primeras dos socas. La variedad CG09-133119 en el promedio de las dos localidades supero en TAH y TCH a la variedad CP72-2086 con diferencias estadísticamente significativas y cuando se comparó con la CG02-163 la diferencia resulto estadísticamente no significativa (Cuadro 1). El resultado promedio de localidades en CS

muestra que las diferencias entre CG09-133119 y las variedades testigo CP72-2086 y CG02-163 no fueron estadísticamente significativas. Por localidad, la respuesta de CG09-133119 respecto a CP72-2086 fue similar en las dos localidades de evaluación, pero diferente respecto a CG02-163. En la comparación con CP72-2086, el TAH promedio de ciclos de cultivo de CG09-133119 fue superior y estadísticamente significativo a CP72-2086 en Peralta y San Carlos principalmente por la vía del TCH. En la comparación con CG02-163, el TAH de la variedad CG09-133119 resultó inferior con diferencias estadísticamente significativas en Peralta muy asociado a la baja respuesta en CS puesto que las diferencias en TCH resultaron no significativas. En finca San Carlos el TAH, CS

y TCH de CG09-133119 resultaron sin diferencias estadísticamente significativas respecto a CG02-163. El comportamiento del CS de CG09-133119 en estas localidades confirman a lo reportado en los libros de campo de los ensayos de maduración natural en la plataforma CENGIDOC de CENGICAÑA y por lo estudios de la calidad industrial de las variedades por Quemé et al., 2018.

### Resistencia a enfermedades de CG09-133119

En cuanto a resistencia a enfermedades, la variedad CG09-133119 presentó buena resistencia a las principales enfermedades evaluadas con valores similares a los de la variedad testigo CP72-2086 en las tres localidades evaluadas. La variedad CG09-133119 presentó bajo condiciones de inóculo natural resistencia adecuada a las enfermedades importantes Carbón (*Ustilago scitaminea* (Sydow & P. Sydow), Caña seca (*Cephalosporium sacchari* = *Fusarium sacchari*), Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashb), Roya marrón (*Puccinia melanocephala*) y Roya naranja (*Puccinia kuehnii*), y Mosaico (ScMv) (Cuadros 1 al 3, Anexo III). Bajo condiciones de inoculación artificial la variedad CG09-133119 resultó resistente a Carbón, Escaldadura foliar y a Roya marrón mientras que a Roya naranja su reacción fue de Medianamente Resistente cuyos síntomas característicos son pequeñas pústulas con muy poca esporulación (Ovalle et al., 2018).

**Cuadro 1: Productividad de azúcar de la variedad CG09-133119, estrato medio**

\*DMS (LSD) = Diferencia Mínima Significativa al 0.05 nivel de significancia.

(Least Significance Difference 0.05 Significance Level)

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Variedad	Peralta lote: 13-382.170 Ingenio La Unión					Media	San Carlos lote: 08-1200101 Ingenio Tululá				Media
	Plantía	1 Soca	2 Soca	3 Soca	4 Soca		Plantía	1 Soca	2 Soca	Media	
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>											
CG09-133119	13.9 BC	17.0 BC	16.6 CD	19.7 D	15.4 AB	16.5 B	13.9 D	17.9 AB	21.9 AB	17.9 ABC	17.0 AB
CP72-2086	11.7 D	14.7 D	14.6 E	14.7 E	12.9 B	13.7 E	13.6 DE	16.5 AB	16.8 CD	15.6 DEFG	14.4 CD
CG02-163	17.2 A	19.6 A	19.2 A	17.2 DE	16.1 AB	17.9 A	17.9 A	19.6 A	18.2 CD	18.6 AB	18.1 A
CV %	6.1	7.6	4.4	11.2	13.5	9.0	3.4	15.6	10.4	11.8	17.6
DMS (0.05)	1.4	2.2	1.3	3.5	3.4	1.1	0.8	4.6	3.3	1.8	2.1
<b>Concentración de sacarosa en Pol % Caña</b>											
CG09-133119	16.6 A	14.9 BC	16.0 DE	14.9 D	10.8 BC	14.7 CDE	15.4 CD	17.1 ABC	16.5 BC	16.3 CDE	15.3 BC
CP72-2086	16.4 AB	16.2 A	17.5 AB	14.8 D	11.4 ABC	15.3 AB	15.5 BC	16.4 C	16.8 BC	16.2 CDE	15.6 BC
CG02-163	16.5 AB	15.3 A	17.3 ABC	15.1 D	11.5 ABC	15.1 B	16.8 A	17.4 AB	17.2 AB	17.1 AB	15.9 AB
CV %	2.7	4.1	4.3	6.8	5.7	4.6	3.5	2.9	3.0	3.1	11.1
DMS (0.05)	0.7	1.1	1.2	1.8	1.1	0.5	0.9	0.8	0.8	0.5	1.2
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>											
CG09-133119	84 CD	115 ABCD	104 ABC	132 D	143 AB	115 AB	91 -	105 AB	133 A	110 ABC	113 AB
CP72-2086	71 E	92 E	83 D	99 F	113 BC	92 D	88 -	101 AB	100 C	96 EFG	93 CDE
CG02-163	104 A	129 A	111 A	114 F	140 AB	120 A	106 -	113 A	106 BC	108 BC	115 AB
CV %	5.6	8.3	6.4	7.6	12.9	9.5	-	15.0	9.4	10.8	18.9
DMS (0.05)	8.1	16.1	11.0	15.7	29.4	7.8	-	26.4	18.2	10.3	14.5

## Características agronómicas de CG09-133119

Las características agronómicas de la variedad CG09-133119 resultaron aceptables para su manejo agronómico y comparativamente con las variedades testigo CP72-2086 y CG02-163 su valor agronómico o aspecto de planta fue similar en las tres localidades evaluadas. Del aspecto de planta de CG09-133119 destaca su emergencia, hábito de crecimiento erecto y buen cierre natural, población de tallos en macollas uniformes y follaje abundante. La emergencia de CG09-133119 fue superior al de las variedades CP72-2086 y CG02-163. El cierre natural de CG09-133119 evaluado en tres localidades fue mejor que CP72-2086 y similar a CG02-163. La incidencia de floración de la variedad CG09-133119 resulto nula e igual que las variedades CP72-2086 y CG02-163 en las dos localidades evaluadas. El rebrote de CG09-133119 fue similar al de la variedad CP72-2086 pero inferior al de CG02-163.

## Variedad CG10-0974 en el estrato altitudinal medio.

Del grupo de variedades con flor o tempranas de la 11 PSC destacó la variedad CG10-0974 cuyos resultados en TAH, CS en Pol % caña y TCH en plantía, primera y segunda soca y promedio de estos ciclos de cultivo evaluados en el estrato altitudinal medio (100-300 msnm) se muestra en el Cuadro 2. La variedad CG10-0974 en el promedio de las dos localidades del estrato medio supero en TAH, CS y TCH a la variedad CP72-2086 sin diferencias estadísticamente significativas.

**Cuadro 2: Productividad de azúcar de la variedad CG10-0974, Estrato Medio**

\*DMS (LSD) = Diferencia Mínima Significativa al 0.05 nivel de significancia.  
(Least Significance Difference 0.05 Significance Level)

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Variedad	Finca Santa Eligia lotes: 19-0470103, 19-0470105 Ingenio San Diego/Trinidad				Finca Santa Teresa lote: 08-0040101 Ingenio Tululá				Media
	Plantía	1 Soca	2 Soca	Media	Plantía	1 Soca	2 Soca	Media	
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>									
CG10-0974	18.0 ABC	18.7 AB	13.9 A	16.9 ABC	14.6 BC	20.4 AB	22.3 AB	19.1 A	18.0 ABC
CP72-2086	17.4 ABC	17.1 B	12.7 A	15.5 BC	15.8 AB	22.0 A	20.3 ABC	19.4 A	17.6 ABC
CV %	16.9	22.2	26.0	21.7	16.9	11.9	25.1	18.6	24.1
DMS (0.05)	5.8	6.7	6.1	3.4	4.7	3.9	7.7	3.2	3.4
<b>Concentración de sacarosa en Pol % Caña</b>									
CG10-0974	15.5 ABC	15.3 AB	15.1 A	15.3 AB	14.2 A	14.5 B	14.7 A	14.5 A	14.9 BC
CP72-2086	15.1 ABC	15.0 AB	15.2 A	15.1 AB	13.8 A	15.1 A	14.3 ABC	14.3 AB	14.7 BC
CV %	8.6	6.2	3.6	6.4	6.7	2.5	4.6	4.8	6.3
DMS (0.05)	2.4	1.6	0.9	0.9	1.5	0.6	1.1	0.6	0.7
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>									
CG10-0974	116 BC	122 AB	92 A	110 AB	102 CD	141 AB	151 AB	131 AB	121 ABC
CP72-2086	115 BC	114 B	84 A	103 B	115 BCD	146 AB	142 ABC	134 AB	120 BC
CV %	12.2	19.8	23.6	18.6	15.5	12.8	23.6	17.7	22.0
DMS (0.05)	26.4	39.7	36.5	19.3	32.4	29.8	50.8	21.6	21.5

Este comportamiento también se presentó en las localidades de finca Santa Elígia y finca Santa Teresa. El buen CS de la variedad CG10-0974 comparada con CP72-2086 en este estrato altitudinal y a partir del mes de diciembre ha sido reportado por Quemé et. al. 2019 y García et al., 2019. Estos resultados confirman la adaptabilidad de la variedad CG10-0974 al estrato medio de la AIA de Guatemala por ambas vías TCH y CS.

### Variedad CG10-0974 en el estrato altitudinal litoral.

Los resultados en TAH, CS en Pol % caña y TCH en plantía, primera y segunda soca y promedio de estos ciclos de cultivo evaluados de la variedad CG10-0974 en el estrato altitudinal litoral (0-40 msnm) se muestran en el Cuadro 3. El TAH, CS y TCH promedio de ciclos de cultivo y localidades de la variedad CG10-0974 resultó sin diferencias estadísticamente significativas respecto a CP72-2086 y CG02-163 utilizadas como testigos en este estrato altitudinal. El resultado en TAH, CS y TCH de CG10-0974 fue similar en las comparaciones a nivel de las tres localidades. Los resultados anteriores sugieren la buena adaptabilidad de la variedad CG10-0974 al estrato litoral de la AIA de Guatemala por ambas vías TCH y CS.

Respecto a la productividad de TFH la variedad CG10-0974 supero a la variedad CP72-2086 en la localidad Santa Eligia, pero fue inferior a CG02-163 en tres localidades evaluadas. En general el comportamiento de la variedad temprana CG10-0974 comparativamente con las variedades testigo CP72-2086 y CG02-163 en los estratos altitudinales medio y litoral reúne los requisitos de selección de productividad de azúcar y fibra y adaptabilidad a las condiciones de clima, suelo y manejo de los estratos altitudinales medio y litoral de la AIA de Guatemala.

**Cuadro 3. Productividad de azúcar de la variedad CG10-0974, estrato litoral**

\*DMS (LSD) = Diferencia Mínima Significativa al 0.05 nivel de significancia.  
(Least Significance Difference 0.05 Significance Level)  
\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

Variedad	Peralta lote: 13-382.170 Ingenio La Unión					Media	San Carlos lote: 08-1200101 Ingenio Tzulá				Media
	Plantía	1 Soca	2 Soca	3 Soca	4 Soca		Plantía	1 Soca	2 Soca	Media	
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>											
CG09-133119	13.9 BC	17.0 BC	16.6 CD	19.7 D	15.4 AB	16.5 B	13.9 D	17.9 AB	21.9 AB	17.9 ABC	17.0 AB
CP72-2086	11.7 D	14.7 D	14.6 E	14.7 E	12.9 B	13.7 E	13.6 DE	16.5 AB	16.8 CD	15.6 DEFG	14.4 CD
CG02-163	17.2 A	19.6 A	19.2 A	17.2 DE	16.1 AB	17.9 A	17.9 A	19.6 A	18.2 CD	18.6 AB	18.1 A
CV %	6.1	7.6	4.4	11.2	13.5	9.0	3.4	15.6	10.4	11.8	17.6
DMS (0.05)	1.4	2.2	1.3	3.5	3.4	1.1	0.8	4.6	3.3	1.8	2.1
<b>Concentración de sacarosa en Pol % Caña</b>											
CG09-133119	16.6 A	14.9 BC	16.0 DE	14.9 D	10.8 BC	14.7 CDE	15.4 CD	17.1 ABC	16.5 BC	16.3 CDE	15.3 BC
CP72-2086	16.4 AB	16.2 A	17.5 AB	14.8 D	11.4 ABC	15.3 AB	15.5 BC	16.4 C	16.8 BC	16.2 CDE	15.6 BC
CG02-163	16.5 AB	15.3 A	17.3 ABC	15.1 D	11.5 ABC	15.1 B	16.8 A	17.4 AB	17.2 AB	17.1 AB	15.9 AB
CV %	2.7	4.1	4.3	6.8	5.7	4.6	3.5	2.9	3.0	3.1	11.1
DMS (0.05)	0.7	1.1	1.2	1.8	1.1	0.5	0.9	0.8	0.8	0.5	1.2
<b>Tonelada de azúcar por hectárea (TCH)</b>											
CG09-133119	84 CD	115 ABCD	104 ABC	132 D	143 AB	115 AB	91 -	105 AB	133 A	110 ABC	113 AB
CP72-2086	71 E	92 E	83 D	99 F	113 BC	92 D	88 -	101 AB	100 C	96 EFG	93 CDE
CG02-163	104 A	129 A	111 A	114 F	140 AB	120 A	106 -	113 A	106 BC	108 BC	115 AB
CV %	5.6	8.3	6.4	7.6	12.9	9.5	-	15.0	9.4	10.8	18.9
DMS (0.05)	8.1	16.1	11.0	15.7	29.4	7.8	-	26.4	18.2	10.3	14.5

## Resistencia a enfermedades de CG10-0974

La variedad CG10-0974 evaluada en cinco localidades presentó bajo presión de inoculo natural resistencia adecuada a las enfermedades más importantes Carbón (*Ustilago scitaminea* (Sydow & P. Sydow), Caña seca (*Cephalosporium sacchari* = *Fusarium sacchari*), Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashb), Roya marrón (*Puccinia melanocephala*) y Roya naranja (*Puccinia kuehnii*), y Mosaico (ScMv) Carbón (*Ustilago scitaminea* (Sydow & P. Sydow), Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashb), (Cuadros 1 al 5 del Anexo IV). Bajo condiciones de inoculación artificial la variedad CG10-0974 resultó con resistencia combinada a Carbón, Escaldadura foliar, Roya marrón y Roya naranja (García et al., 2019). La resistencia se considera combinada a pesar su reacción de Medianamente Resistente a Roya marrón.

## Características agronómicas de CG10-0974

Las características agronómicas de la variedad CG10-0974 resultaron aceptables para su manejo agronómico y comparativamente con las variedades testigo CP72-2086 y CG02-163 su valor agronómico o aspecto de planta fue similar en las cinco localidades evaluadas. En general el aspecto de planta de CG10-0974 es similar al de CP72-2086. El cierre natural de CG10-0974 evaluado en dos localidades fue mejor que CP72-2086. La incidencia de floración de la variedad CG10-0974 a pesar de ser una variedad temprana resulto nula e igual que las variedades CP72-2086 y CG02-163. Este resultado lo confirma el estudio de García et al. 2019 en donde la incidencia de floración es casi nula a través de los meses de zafra similar a CP72-2086 e incidencias de corcho también muy bajas con valores intermedios entre CP72-2086 y CP73-1547. El rebrote de CG10-0974 fue similar al de la variedad CP72-2086. En la comparación entre CG10-0974 y CG02-163 a pesar del valor de rebrote los porcentajes de resiembra entre ambas variedades fue similar.

## Calidad industrial de las variedades CG09-133119 y CG10-0974

En cuanto a la calidad industrial de los tallos relacionada con los parámetros convencionales (Brix pol, pureza, rendimiento kg de azúcar/t, fibra y humedad) y no convencionales (azúcares reductores, pH, color, almidón, fosfatos y cenizas), las variedades CG09-133119 y CG10-0974 han presentado en términos generales, resultados sobresalientes a los promedios reportados en la literatura, mostrando valores similares o mejores a la variedad testigo CP72-2086 (Quemé et. al., 2018 y Quemé et. al., 2019).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se liberan las variedades CG09-133119 de maduración tardía para producción comercial en el estrato altitudinal medio y CG10-0974 de maduración temprana en los estratos altitudinales medio y litoral de la AIA de Guatemala debido a que cumplieron con los requisitos del cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA, los cuales están relacionados con alta productividad de azúcar, resistencia a enfermedades, buenas características de manejo y con adaptabilidad general o específica a la zona cañera de Guatemala.

De acuerdo con los resultados obtenidos se liberan las variedades CG09-133119 de maduración tardía para producción comercial en el estrato altitudinal medio y CG10-0974 de maduración temprana en los estratos altitudinales medio y litoral de la AIA de Guatemala debido a que cumplieron con los requisitos del cliente del Sistema de Gestión de la Calidad de CENGICAÑA, los cuales están relacionados con alta productividad de azúcar, resistencia a enfermedades, buenas características de manejo y con adaptabilidad general o específica a la zona cañera de Guatemala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *García, S; H. Orozco; W. Ovalle; J. Quemé; V. Paz; V. Azañon; E. Solares; A. Ortiz; M. Cancino; L. Ampudia, E. Colaj y O. Castro. 2016. Evaluación y selección de variedades en la doceava prueba regional de variedades de CENGICAÑA en tres cortes. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2016-2017. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 77-94.*
- *García, S; H. Orozco; W. Ovalle; J. Quemé; V. Paz; V. Azañon; M. Hip; A. Ortiz; A. Velásquez; M. Cancino; L. Ampudia y E. Colaj. 2017. Evaluación y selección de variedades en la treceava prueba regional de variedades de CENGICAÑA. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2016-2017. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 66-90.*
- *García, S; E. Colaj; E. Chajil y N. Valey. 2019. Maduración natural de variedades promisorias seleccionadas de la 12va prueba regional. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2018-2019. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 144-152.*
- *García, S; M. Catalán, L. Hernández y W. Ovalle. 2019. Inoculación de variedades promisorias CG09, CG10 e Introducidas, con carbón, escaldadura foliar, roya marrón y roya naranja. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2018-2019. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 249-253.*
- *Quemé, J. L; H. Orozco; S. García; A. Salazar y D. Santiago. 2018. Evaluación de la calidad industrial de variedades promisorias de caña de azúcar CG08, CG09 y una introducida como parte de la calidad de la materia prima industrial. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2018-2019. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 79-89.*
- *Quemé, J. L; H. Orozco; S. García; A. Salazar y E. Chajil. 2019. Evaluación de la calidad industrial de variedades promisorias de caña de azúcar CG09, CG10 e introducidas como parte de la calidad de la materia prima industrial. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2018-2019. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 153-164.*
- *Ovalle, W; M. Catalán y L. Hernández. 2018. Inoculación de variedades promisorias de las series CG08, CG09 e Introducidas, con carbón, escaldadura foliar, roya marrón y roya naranja. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2017-2018. CENGICAÑA. Guatemala. Pp 207-219.*
- *Villatoro, B, O. Pérez, A. Suárez, O. Castro, M. Rodríguez y C. Ufer. 2010. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala - Primera Aproximación. En: Memoria Presentación de Resultados de Investigación Zafra 2009-2010. CENGICAÑA. Guatemala. 325 p.*

HAZ MÁS INTELIGENTE TU PRODUCCIÓN

# HAZLO SMART

## BENEFICIOS

### DEL USO DE BIOESTIMULANTES

Contribuyen a una producción más sostenible, ya que mejoran el metabolismo, induciendo a mejores rendimientos y calidad de los cultivos. ☑

Mejoran la absorción, movimiento y uso de nutrientes por parte del cultivo. ☑

Incrementan la tolerancia de la planta frente a condiciones de estrés. ☑



www.dlsagro.com



# ¡SUELO VIVO!



Atlanticell  
Pochomix

Micorrizas y Pochonia

Atlanticell  
Micomix

Micorrizas y Bacterias

Atlanticell  
Trichomix

Micorrizas y Trichoderma

#AgriculturaPositiva

www.atlanticaagricola.com



## PROTEC SOL®

Madurante en caña de azúcar

Producto apto para su uso en agricultura orgánica bajo los reglamentos NOP-USDA, CEE 834/2007, CEE 889/2008 y JAS.

Más información: [www.grupoenlasa.com](http://www.grupoenlasa.com)

### PRODUCTOS CONTROL DE BARRENADOR

**TAKUMI 20 WG** La Flubendiamida altera equilibrio del sistema, manteniendo abierto los canales Rianodina, de modo que libera

todo el calcio. La consecuencia es dramática, tras perder el control de los músculos, se ven afectado por una fuerte contracción muscular y finalmente una parálisis generalizada.



**MIMIC 24 SC** El Tebufenozide actúa como RCI, ya que se liga a los receptores de ECDYSONA (hormona de la muda) e imita su acción. Esta propiedad desencadena un proceso de muda prematura y letal, acompañado de cese en la alimentación.

**COSTAR 18 WG** *Bacillus thuringiensis*, ingrediente activo del CoStar, es conocida desde hace mucho tiempo por su efectividad para el combate, en los primeros estadios (L1 y L2) de larvas de Lepidopteros.

Mayor Información:

(502)50028375 o [lceballos@promoagro.com.gt](mailto:lceballos@promoagro.com.gt)

## Evaluación de Tecnologías evaporativas en la industria azucarera y criterios para su selección

Por:

**Fernando Rosales Dubón**

CENGICAÑA



- Evaporación
- Tecnologías
- Pérdidas

En la industria azucarera todas las tecnologías encontradas en cada etapa desde las mesas de limpieza de caña, hasta las centrífugas de lavado de azúcar han sido sustituidas por equipos con mejor eficiencia durante los últimos años. Sin embargo, los evaporadores para concentrar el jugo de caña no han corrido con la misma suerte, ya que fueron quedando relegados a segundo plano en cuanto a la adquisición de equipos que permitan menor pérdida de sacarosa en el proceso.

Debería prestarse la atención necesaria porque la etapa de evaporación es de suma importancia en la fabricación de azúcar. En esta se da el mayor gradiente de concentración del jugo de caña, así mismo, las extracciones de vapor representan fuentes de energía para otros equipos dentro del ingenio como evaporadores en efectos posteriores, tachos batch y continuos, calentadores, etc. Para lograr dicha concentración se extraen grandes cantidades de agua en forma de vapor utilizando temperaturas por encima de su punto de ebullición.

Con tecnologías más eficientes no solo se mejoraría la producción de azúcar al disminuir las pérdidas, sino que permitiría un mayor aprovechamiento del vapor proveniente de las calderas para ser utilizado posteriormente como fuente de calentamiento en el ingenio.

## TECNOLOGÍAS DE EVAPORACIÓN

La evaporación es una operación unitaria de carácter físico que se da cuando un líquido pasa a estado gaseoso debido a que su energía molecular, transmitida por temperatura, supera la tensión superficial, permitiendo que sus moléculas se liberen en forma de vapor. Se utiliza para concentrar soluciones o para separar un solvente volátil de un soluto no volátil. En la industria azucarera la etapa de evaporación del jugo de caña se efectúa para extraerle en forma de vapor un alto contenido de agua y concentrarlo de 15 a 65 °Brix.

Generalmente la evaporación se realiza con múltiples efectos, que no es más que un conjunto de evaporadores arreglados secuencialmente, ya sea de forma serial o paralela. Estos funcionan de acuerdo al principio desarrollado por Rillieux, el cual consiste en que el vapor obtenido en un evaporador puede ser utilizado para calentar

el jugo que recorre el siguiente evaporador y así sucesivamente hasta llegar al último cuerpo. Las corrientes de vapor extraídas se conocen como vapores vegetales y son utilizadas como fuente de calentamiento en otros equipos de la fábrica.

En el mercado existen varias tecnologías de evaporación, sin embargo, unas se aplican mejor a algunos procesos productivos que otros. Con la finalidad de dilucidar cuales son más efectivos para ser utilizados en la industria azucarera se analizarán 4 tecnologías diferentes, siendo estos: Kestner de película ascendente, de película descendente, de placas y SRI (Roberts de nuevo diseño). Los evaporadores utilizados en Guatemala son del tipo Roberts exclusivamente, pero en esta investigación solo se detallarán sus ventajas y desventajas en un cuadro comparativo ya que son ampliamente conocidos.

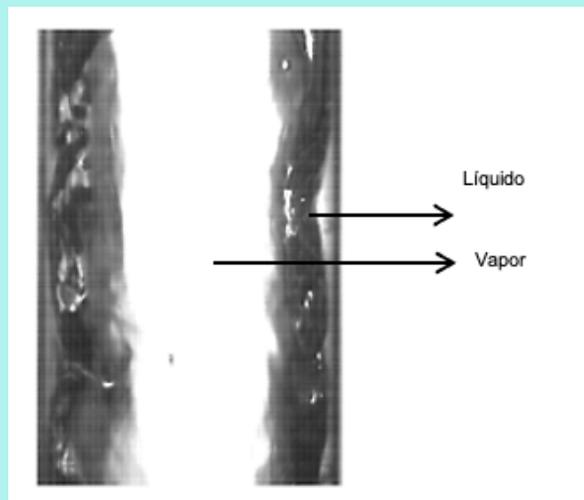
## 1. Evaporadores Kestner o de película ascendente

Este tipo es conocido también como evaporador de tubos largos. Introducido en 1909, funciona bajo el principio de circulación tipo película. Los tubos tienen típicamente de 2.5 a 5 cm de diámetro. Cuando se requieren evaporadores de gran capacidad, el evaporador Kestner puede proporcionar arreglos de evaporación compactos y de menor costo a través del empleo de tubos de mayor longitud, en el rango de 6 a 7.5 m. Por ejemplo, un Kestner de 2000 m<sup>2</sup> tiene un diámetro de 3 m, en comparación con 5.2 m para un evaporador Roberts equivalente. Sin embargo, en algunos diseños el Kestner requiere conectarse a un cuerpo separador de arrastres adicional, pero que es de diámetro pequeño. Normalmente se encuentran como primer o segundo efecto cuando se requieren grandes áreas de calentamiento para efectuar grandes extracciones de vapor. Los Kestner comparten con los evaporadores Roberts las propiedades de simplicidad y baja demanda de control por parte de operadores (Rein, 2012).

### Funcionamiento

El jugo ingresa por la parte inferior, y una mezcla de vapor y jugo arrastrado sale por la parte superior y entra en un separador, generalmente del tipo tangencial. El vapor sale en el extremo superior y el líquido por la parte inferior del separador. En los primeros modelos, el líquido concentrado se recirculaba a través de la unidad, aunque ahora el sistema de un solo paso se usa normalmente (Ver Figura 2).

La evaporación progresiva de un líquido, mientras pasa a través de un tubo, da lugar a una serie de regímenes de flujo. En el evaporador de tubo largo, el régimen de flujo anular o película ascendente se observa a lo largo de casi toda la longitud del tubo, manteniéndose la película ascendente por arrastre inducido por el núcleo de vapor que se mueve a alta velocidad con respecto a la película líquida (ver Figura 1).



**Figura 1: Flujo de película en tubo vertical.**

(Fuente: Gayón et al., 2015)

Sin embargo, con muchos materiales viscosos, las tasas de transferencia de calor en esta unidad son bajas porque hay poca turbulencia en la película, el grosor de la misma es demasiado grande para permitir una gran evaporación de la película como resultado de la conducción a través de ella (Evaporator operation, 2011).

## 2. Evaporadores de película descendente

### Funcionamiento

Un evaporador de película descendente, con el líquido moviéndose hacia abajo, funciona de manera similar al Kestner, como se muestra en la Figura 2 del centro. En este el jugo fluye bajo la fuerza gravitacional como una película delgada en el interior de los tubos verticales calentados, el vapor resultante normalmente fluye en forma coexistente con el líquido en el centro de los tubos.

Un equipo completo de este tipo está constituido por un evaporador, un separador de arrastres para separar los vapores del líquido residual y un condensador. Cuando se requieren altas proporciones de evaporación, parte del líquido concentrado se recircula nuevamente a la entrada del evaporador para garantizar que los tubos estén suficientemente húmedos. Una parte esencial de cada evaporador de película descendente es el sistema de distribución de líquido, ya que la alimentación de este no solo debe distribuirse uniformemente a todos los tubos, sino que también debe formar una película continua en la circunferencia interna de los tubos (Evaporator operation, 2011).

En el caso de productos sensibles al calor es conveniente operar con velocidades másicas bajas en cada tubo, lo que conduce a películas más finas y coeficientes de transferencia de calor equivalentes con menores gradientes de temperatura. Aunque, esta alternativa presenta la desventaja de favorecer en mayor medida el ensuciamiento (Mariani et al., 2018).

De acuerdo con Rein (2012) estos evaporadores ofrecen algunas de las ventajas del evaporador Kestner, específicamente el uso de tubos largos y cuerpos más compactos. Sin embargo, estos demandan una distribución apropiada y uniforme del jugo en los tubos, y por lo tanto tienen la complicación de requerir recirculación del jugo y un sistema de distribución que alimente igual cantidad de jugo a cada tubo. Se debe contar con un sistema de alimentación de agua

de emergencia, en caso falle el suministro de jugo; la ausencia de alimentación adecuada, incluso durante un breve periodo, puede resultar en incrustación severa de los tubos. El sistema de bombeo y los controles de nivel constituyen complicaciones adicionales.

## 3. Evaporadores de placas

Constructivamente son similares a los intercambiadores de placas, pero se diferencian en su forma de operación. Consiste en una serie de placas empaquetadas montadas dentro de un marco de soporte, como se muestra en la Figura 2 de la derecha. Se encuentran disponibles para operar en dos configuraciones distintas: en película ascendente y película descendente (Mariani et al., 2018). A continuación se detallan estas configuraciones.

### 3.1. Evaporadores de placas de película ascendente

Cada unidad comprende una placa de producto y una placa de vapor, esta disposición se repite para proporcionar el área de transferencia de calor requerida. Los diseños más recientes consisten de dos placas adyacentes soldadas entre sí que conforman espacios para el paso del vapor, mientras que los pasos de jugo se forman entre placas de vapor adyacentes separadas por una empaquetadura (Rein, 2012).

En los evaporadores de placas de película ascendente el jugo se alimenta desde abajo y su ebullición comienza dentro del conjunto de placas a medida que asciende. La mezcla líquido-vapor que sale del paquete de placas pasa a un cuerpo en el cual el líquido es separado del vapor y donde se cuenta con algún tipo de separador de arrastres. Estos evaporadores se utilizan frecuentemente para adición de superficie de calentamiento a efectos evaporadores existentes, pero en algunas instancias se utilizan como único evaporador de algunos efectos (Rein, 2012).

### 3.2. Evaporadores de placas de película descendente

Éste es el diseño más reciente de evaporadores, que consiste de un paquete de placas corrugadas de acero inoxidable soldadas entre sí, sin que sea necesario utilizar empaquetaduras. Se diseñan de manera que los pasajes para el paso del jugo se aproximen a una serie de tubos verticales, típicamente de 9 mm de diámetro, a través de los cuales el líquido fluye en forma descendente. Como en el caso del sistema de película ascendente, el vapor o escape se alimenta entre placas alternadas, y de nuevo, se logra un sistema de calentamiento compacto (Rein, 2012).

Requiere de un sistema distribuidor de jugo y contar con un mínimo flujo descendente a través de cada "tubo", pero los requerimientos no son tan críticos como en el caso de los evaporadores tubulares de película descendente. En caso de una alimentación desigual localizada o taponamiento entre placas, el jugo puede en teoría fluir desde un "tubo" a otro, a través de pasajes interconectores horizontales. Las primeras instalaciones mostraron que en la práctica es crítico lograr una buena distribución del líquido en el paquete de placas. Los paquetes de placas son relativamente cortos, de alrededor de 300 mm de longitud, luego de lo cual se efectúa una redistribución del jugo (Rein, 2012).

### 4. Evaporadores SRI -Roberts de nuevo diseño-

Este es un evaporador desarrollado por el Instituto de Investigación del Azúcar (Sugar Research Institute -SRI- en inglés) de Australia, que cuenta con el mismo diseño robusto del evaporador Roberts, pero con modificaciones que hacen más eficiente el proceso.

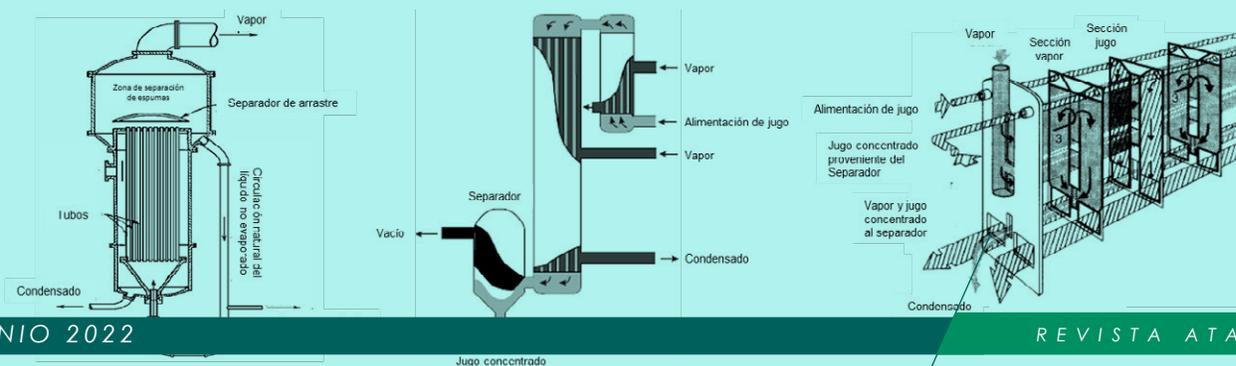
El rendimiento de transferencia de calor de muchos evaporadores Roberts en Colombia e India es entre un 20 y un 40 % más bajo que el típico de las instalaciones de evaporadores multiefectos australianos. Esto motivó a realizar una examinación más de cerca sobre las diferencias físicas en la práctica del diseño y dio lugar a sugerencias para modificaciones del diseño que enfatizan sobre principios de diseño que brindan patrones de circulación

mejorados y un rendimiento de transferencia de calor más alto (Wright et al., 2003).

Las consideraciones de diseño se describen a continuación:

- Los sistemas de alimentación de jugo.
- Sistemas de extracción de jugo y control de nivel.
- La entrada de vapor y el flujo de vapor a través de la calandria.
- Extracción de condensado.
- Descarga de gases incondensables de la calandria.
- Las rutas del vapor en la calandria.

**Figura 2:** Evaporador Kestner (izquierda, Fuente: Mariani et al., 2018) · Evaporador de película descendente (centro, Fuente: Evaporator operation, 2011) · Evaporador de placas (derecha, Fuente: Evaporator operation, 2011)



Los equipos utilizados para concentrar el jugo dentro de los ingenios guatemaltecos han sido durante décadas los evaporadores tipo Roberts de tubos cortos. Con el desarrollo de nuevas tecnologías emergentes se han elaborado unidades más eficientes, tanto en el uso de vapor como en la concentración de la solución, principalmente al disminuir tiempos de residencia sobre las superficies de calentamiento.

Según Ramaru et al. (2018) la inversión de la sacarosa es más severa a bajo °Brix, altas temperaturas, bajo pH y altos tiempos de retención, condiciones que generalmente pertenecen a los primeros efectos de las estaciones de evaporación. Los grandes evaporadores del primer y segundo efecto contribuyen inevitablemente a pérdidas indeterminadas por la degradación de la sacarosa. Purchase et al. (1987) informaron que existe una correlación entre el tamaño relativo de los dos primeros efectos y la pérdida de sacarosa indeterminada. Utilizando datos de fábricas sudafricanas, se observó que las fábricas con áreas de calentamiento más grandes en los dos primeros efectos experimentaron pérdidas de inversión de sacarosa relativamente más altas (Purchase et al., 1987).

## Experiencias prácticas en evaporadores Roberts

Con respecto a evaporadores Roberts, algunas fábricas han adoptado grandes cuerpos de este tipo. Su tamaño físico es a menudo una limitación en las fábricas ya existentes con poco espacio para crecimiento. Rein y Love (1995) midieron un tiempo de retención promedio mediante pruebas de rastreo en cuatro cuerpos pequeños de primer efecto Roberts (superficie de calentamiento total de 1074 m<sup>2</sup>) de 27.6 minutos. A un °Brix promedio en el recipiente de 18 %, la temperatura del jugo de 116 °C (presión V1 170 kPa abs) y un pH real de 6.7, la pérdida de sacarosa calculada fue 0.72 %.

Eggleston y Monge (2005) encontraron pérdidas de sacarosa promedio de 0.55 % en los evaporadores Roberts en una fábrica de Estados Unidos. Más recientemente, Rackemann y Broadfoot (2016) predijeron una destrucción de sacarosa de 1.1 a 1.2 %, lo que resultó en una pérdida de hasta 2.0 % de la producción de azúcar, en una fábrica

de cogeneración australiana con grandes evaporadores Roberts en el extremo frontal del sistema. Estos autores afirmaron que tales condiciones eran comunes a varios ingenios australianos.

En un estudio realizado por CENGICAÑA en Guatemala, durante la zafra 2019-2020, se cuantificaron las pérdidas globales en evaporadores de toda la industria, la cual utiliza equipos tipo Roberts. El resultado gremial fue de 0.66 % (0.76 kg/t).

En general los tiempos de retención prolongados en los evaporadores Roberts se atribuyen al gran volumen de plato de fondo y jugo en los tubos en relación con la superficie de calentamiento. Estos tiempos son mucho más largos que el tiempo de residencia en Kestner de película ascendente (incluidos sus separadores) medido por Rein y Love (1995) o en evaporadores de película descendente.

## Experiencias prácticas en evaporadores Kestner o de película ascendente

Estos han sido ampliamente adoptados como la solución preferida en Sudáfrica, Colombia y varios otros países debido a su corto tiempo de retención. La corta retención en estos cuerpos se debe a que tienen tubos largos que permiten altas cargas de evaporación por pasada única, lo que da como resultado altas velocidades que conducen a altos coeficientes de transferencia de calor. El nivel aparente de jugo en funcionamiento suele ser del 10 al 15 % de la altura del tubo (que se compara con el 30-40 % en el Roberts). En comparación con los evaporadores Roberts grandes, las pérdidas por inversión (según la fórmula de Vukov) en estos equipos de tubo largo son un 80-90 % menos (Ramaru et al., 2018).

Se ha demostrado que un evaporador Kestner de planta piloto con tubos de 7 m de largo exhibía mejores coeficientes de transferencia de calor que los equipos Roberts convencionales de tubos cortos en todos los efectos de la estación de evaporación del ingenio Illovo. Los evaporadores Kestner constituyen ahora el 90 % de la superficie de calentamiento total de primer efecto en la industria sudafricana. (Ramaru et al., 2018).

Bosch Projects se ha basado en las ventajas comprobadas del diseño de Kestner para desarrollar un evaporador de tubo largo mejorado. En lugar del separador de arrastre común en los Kestner de la industria azucarera, su diseño tiene una zona de alta separación situada por encima de la calandria, seguida de un separador de persiana eficiente. El diseño incluye recirculación impulsada por gravedad para garantizar una tasa de humectación adecuada del tubo. El funcionamiento y los coeficientes de transferencia de calor son similares a los Kestner convencionales, pero

con un tiempo de retención de jugo más bajo (menos de 2.5 minutos) debido a que no se detiene en un recipiente separador (Ramaru et al., 2018).

## Experiencias prácticas en evaporadores de película descendente

De acuerdo con Ramaru et al. (2018) para asegurar una humectación adecuada en todo momento, se requiere un flujo de jugo mínimo de 30 litros por hora por centímetro de longitud periférica del tubo. Para ello, es necesario un bombeo constante de recirculación de alto volumen, que utiliza unos 12.5 kW de potencia por 1000 m<sup>2</sup> de superficie de calentamiento.

Los coeficientes de transferencia de calor pueden ser considerados altos, estos son una ventaja de los evaporadores tubulares de película descendente (limpios); sin embargo, investigadores encontraron que esto se compensa con tasas de ensuciamiento bastante altas. Registraron los coeficientes de transferencia en un equipo de primer efecto que disminuyeron de 2.4 a 1 kW/m<sup>2</sup>K en el transcurso de un ciclo de limpieza de tres semanas (Ramaru et al., 2018).

## Experiencias prácticas en evaporadores de placas

Los evaporadores de placas proporcionan una solución potencial al problema de la destrucción de sacarosa debido a los largos tiempos de retención y se han utilizado con éxito en la industria de la remolacha. Sin embargo, el jugo claro de caña que no se trata excepto por adición de cal tiene un potencial mucho mayor de ensuciamiento

en las superficies calientes que el jugo de remolacha, y la mayoría de los diseños de evaporadores de placas son extremadamente difíciles o imposibles de limpiar cuando están severamente sucios (Ramaru et al., 2018).

Se han reportado experiencias de ensuciamiento extremo en evaporadores de placa de película ascendente en Ubombo en Suazilandia y Hippo Valley en Zimbabue, y de igual forma en evaporadores de placa de película descendente en Riche En Eau en Mauricio y La Gloria en México. Los dos últimos de estos dieron como resultado que se tuviera que construir una nueva y costosa área de evaporación. (Ramaru et al., 2018).

Roberts	Película descendente	Placas	Kestner o película ascendente	Roberts SRI
No necesita bombas de circulación	Necesita bombas de circulación		No necesita bombas de circulación	No necesita bombas de circulación
Alto tiempo de residencia (10 min)	Bajo tiempo de residencia (3.5 min)	Bajo tiempo de residencia	Bajo tiempo de residencia (3 min)	Tiempo medio de residencia (5.5 min)
Baja velocidad de circulación del jugo		Alta velocidad de circulación del jugo		
Gran área de instalación	Instalaciones altas (20-25m)	Instalación compacta (6m)	Instalaciones altas	Gran área de instalación
Alto $\Delta T$ (6-10 °C)	Bajo $\Delta T$ (1-4 °C)	Bajo $\Delta T$ (2-4 °C)		$\Delta T$ mínima para un funcionamiento efectivo
Medio coeficiente de transferencia de calor (2.5 a 2.8 kW/m <sup>2</sup> K para 1er. efecto)	Bajo coeficiente de transferencia de calor (1 a 2.4 kW/m <sup>2</sup> K para 1er. efecto)	Muy alto coeficiente de transferencia de calor (2.6 a 5.5 kW/m <sup>2</sup> K para 1er. efecto y película descendente)	Alto coeficiente de transferencia de calor (2.9 kW/m <sup>2</sup> K para 1er. efecto)	Alto coeficiente de transferencia de calor
Área de calentamiento limitada (3,000 m <sup>2</sup> )	Área de calentamiento no es limitada (6,000 a 8,000 m <sup>2</sup> )	Área de calentamiento no es limitada (2,000 m <sup>2</sup> para película ascendente)	Área de calentamiento limitada (6,000 m <sup>2</sup> )	
Alta pérdida de sacarosa	Menor pérdida a Roberts	Menor pérdida a Roberts	Menor pérdida a Roberts	Menor pérdida a Roberts
Diseño robusto				Diseño robusto
Altas caídas de presión	Bajas caídas de presión	Bajas caídas de presión		
Limpieza mecánica y química	Limpieza mecánica y química, fácil de realizar	Limpieza química, fácil de realizar	Limpieza mecánica y química	Limpieza mecánica y química, fácil de realizar
	Alta tasa de recirculación			
	Alto riesgo de incrustaciones	Alto riesgo de incrustaciones		
Operación simple	Requiere buen control y manejo		Operación simple	Operación simple
		Bajo costo de inversión	Bajo costo de inversión	Costo relativamente alto de inversión
	Útiles para flujos grandes	Requiere varias unidades para flujos grandes		
0.55 a 2.00 % de pérdidas			Un 80 a 90 % menos pérdidas que en Roberts	

► **Cuadro 1: Comparación de ventajas y desventajas entre evaporadores.**

(Fuente: Elaboración propia, basado en Rein, 2012 y en Webinar organizado por CENGICAÑA)

## Comparación de tecnologías

La selección del equipo idóneo para concentración de una solución es una labor que debe tomar en cuenta varios parámetros. Distintos equipos se han desarrollado en un intento de abarcar uno o más de estos parámetros. En vista de la gran cantidad de tipos de evaporadores disponibles, la selección del equipo para una aplicación en particular solo se puede hacer después de un análisis detallado de todos los factores relevantes. En el Cuadro 1 se recopila un resumen de las ventajas y desventajas de cada tipo de evaporador para facilitar la selección.

Por otra parte, se ha realizado otra comparación en el documento de (Evaporator operation, 2011), donde se ha intentado probar la idoneidad de cada diseño básico para tratar los problemas encontrados en la práctica, y la información básica se presenta en el Cuadro 2. Los factores considerados incluyen la capacidad de manejar líquidos en tres rangos de viscosidad, para tratar espuma, incrustaciones, producción de cristales, sólidos en suspensión y materiales sensibles al calor. También se proporciona una comparación del tiempo de residencia y el volumen de operación. Es interesante notar que el evaporador de película agitada es el único que se muestra aplicable en todo el rango de condiciones cubiertas.

Categoría operacional	Tipo de evaporador	Condición de alimentación <sup>a</sup>						Adecuado para productos susceptibles al calor	Tiempo de retención <sup>b</sup> [s]	Volumen de retención <sup>c</sup> [m <sup>3</sup> ]
		Viscosidad alta (>2000 mN s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad media (100-1000 mN s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad baja (<100 mN s/m <sup>2</sup> )	Espuma	Incrustación o suciedad	Producción de cristales			
Recirculación	Calandria <sup>d</sup> (Tubo corto vertical)							No	168.0	3.0
	Circulación forzada							Si	41.6	12.8
	Película descendente							No <sup>e</sup>	No se dispone	No se dispone
	Circulación natural (termosifón)							No <sup>e</sup>	16.0	10.1
Un solo paso	Película agitada (vertical u horizontal)							Si	1.0	1.0
	Tubular (tubos largos) Película descendente							Si	No se dispone	No se dispone
	Tubular (tubos largos) Película ascendente							Si	No se dispone	No se dispone
Un solo paso tipo especial	Concentrador de película ascendente							Si	0.5	0.8
	Placas (puede ser con recirculación)							Si	No se dispone	No se dispone

Aplicable a las condiciones indicadas

Aplicable en la parte inferior del rango indicado

a: Las viscosidades están a temperatura de operación.

b: Basado en evaporador de película agitada=1.

c: Basado en evaporador de película agitada=1, a igual superficie.

d: Requiere un arreglo especial de separación para líquidos espumosos.

e: Puede ser utilizado en casos especiales.

► **Cuadro 2: Selección de evaporadores de acuerdo a propiedades del jugo y condiciones operativas.**  
(Fuente: Elaboración propia, basado en Evaporator operation, 2011)

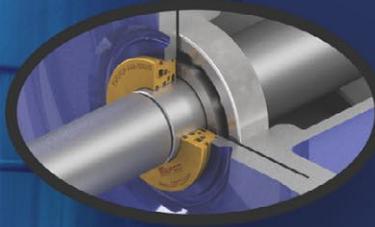
1. Los evaporadores Roberts han demostrado ser una tecnología que conlleva elevadas pérdidas de sacarosa, principalmente en los primeros efectos del sistema evaporativo, debido a las altas temperaturas y largos tiempos de retención manejados.
2. Con los evaporadores Kestner de tubos largos con película ascendente se ha reducido la problemática del tiempo de retención alto, ya que estudios en fábricas de otros países encontraron que dichos tiempos se reducen de 10 min, en Roberts, a 3 min en Kestner. Los coeficientes de transferencia de calor obtenidos son incluso mayores a los Roberts y de película descendente. Estos se han adoptado para ser colocados en los primeros efectos en países como Sudáfrica, Colombia, entre otros.
3. Los evaporadores de película descendente presentan bajos tiempos de retención, menores a los Roberts. Sin embargo, no tienen los mejores coeficientes de transferencia de calor, requieren control y uso de distribuidores de jugo para mantener un flujo constante, necesario para que todos los tubos permanezcan mojados y así evitar su incrustación severa.
4. Los evaporadores de placas presentan los mejores coeficientes de transferencia de calor, pero su gran inconveniente es su fácil taponamiento por incrustaciones. Esto hace muy difícil su limpieza, incluso en ocasiones se necesita el cambio del paquete de placas.
5. Para la instalación de los evaporadores SRI puede utilizarse como base la estructura de los evaporadores Roberts ya existentes. Comparados con los Roberts convencionales, cuentan con menor tiempo de retención y mejor coeficiente de transferencia de calor. Aún con estos beneficios, se logran menores pérdidas de sacarosa con otras tecnologías.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eggleston, G; Monge, A. 2005. Minimisation of seasonal sucrose losses across Robert's-type evaporators in raw sugar manufacture by pH optimisation. *Journal of Agriculture, Food and Chemistry* 53. p. 6332-6339.
- Evaporator operation. 2011. Descargado el 6 de enero de 2020. De: [http://www.uobabylon.edu.iq/uobColeges/ad\\_downloads/4\\_12948\\_558.pdf](http://www.uobabylon.edu.iq/uobColeges/ad_downloads/4_12948_558.pdf)
- Gayón, J; González, A; Vargas, P. 2015. Uso de imágenes de videos digitales para estimar el hold-up de líquido en tuberías verticales y reconocer los patrones de flujo. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 10 p.
- Lehnberger, A; Brahim, F; Mallikarjun, S S. 2014. Falling-film evaporator plant for a cane sugar factory: Presentation of the concept and operating results. *International Sugar Journal*. p. 604-609.
- Mariani, N J; Keegan, S D; Alves, J A; Martínez, O M. 2018. Evaporadores. Cátedra de Tecnología de Calor. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 20 p.
- Purchase, B S; Day-Lewis, C M J; Schäffler K J. 1987. A comparative study of sucrose degradation in different evaporators. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 61. p. 8-13.
- Rackemann, D W. 2021. Robert evaporators. Benchmarking the SRI Roberts design. Webinar de CENGICAÑA. p. 1-16.
- Rackemann, D W; Broadfoot, R. 2016. Evaluation of sucrose loss in evaporators for different processing configurations. *Proc Int Soc Sug Cane Technol* 29. p. 262-271.
- Ramaru, R; Du Plessis, N; Moor, BStC; Rosettenstein, S. 2018. Evaporators for large first and second effects. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 91. p. 248-255.
- Rein, P. 2012. Ingeniería de la Caña de Azúcar. Berlin: Bartens. p. 313-367.
- Rein, P; Love, D J. 1995. Experiences with long tube climbing film evaporators. *Proc Int Soc Sug Cane Technol* 22. p. 251-259.
- Rosales, F. 2020. Comparativo de pérdidas de sacarosa por factores fisicoquímicos en evaporadores de la industria azucarera guatemalteca. En: Memoria Presentación de resultados de investigación. Zafra 2019-2020. Guatemala, CENGICAÑA. p. 435-456.
- Schäffler, K J. 2001. Front end losses of sucrose: Direct measurement or calculation using a mathematical model. *Proc Int Soc Sug Cane Technol* 24. p. 356-357.
- Wright, P G; Silva, T A y Pennisi, S N. 2003. The SRI evaporator -A new Roberts design. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, Vol. 25. p. 1-11.

# Incremente la confiabilidad y rentabilidad de sus equipos rotativos

- Asesoría en campo.
- Reparación y servicio a sellos mecánicos.
- Amplio inventario local.
- Sellos mecánicos.
- Estopas.
- Protectores de rodamientos.
- Empaques laminados



Planes de Barcenan, sector Palmeras, Eje 5, Lote no.8 zona 3 de Villa Nueva, Guatemala.

Oficina: +502 6672-1185 / Móvil: +502 5988-7049

Website: [www.americanseal.com.mx](http://www.americanseal.com.mx)

Correo electrónico: [atc@american-seal.com](mailto:atc@american-seal.com)

LÍDERES EN

## Fermentación Alcohólica

Dispuestos a dar mas allá de lo esperado con usted y para usted



LEVADURA



NUTRICIÓN PARA LEVADURA



ENZIMAS



EDUCACIÓN  
The Alcohol School  
Biofuels Academy  
The Alcohol Textbook



ANTIMICROBIANOS



SOPORTE Y SERVICIO TÉCNICO

Fermentación Alcohólica  
[www.lbds.com](http://www.lbds.com)



©2022 LALLEMAND BIOFUELS & DISTILLED SPIRITS



## WESTERN STATES

donde la *innovación* ocurre todos los días™



# WEBINAR

## Como sacarle el máximo provecho a tu destilería

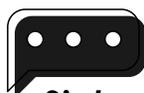
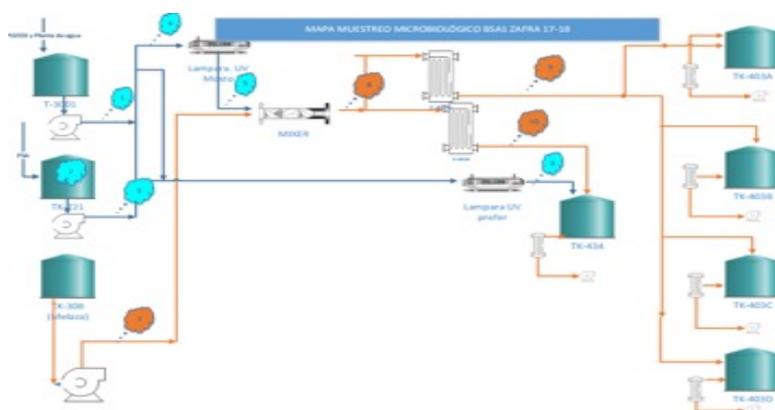
Siguiendo con su programación de actividades, la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala, presentó el 19 de mayo el webinar: "Como sacarle el máximo provecho a tu destilería", el cual fue dictado por el Ing. René Rojas del Grupo Pantaleón.

La participación de técnicos para este webinar fue de 89 personas de diferentes países, entre los cuales están: Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá; Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, México; Nicaragua, Perú, Uruguay, Venezuela y Guatemala.

En esta conferencia se mencionó los aspectos más relevantes para hacer alcohol de una manera más eficiente: Materia prima, Fermentación, Alcohol crudo y depuración en alcohol neutro.

Se mostró una gráfica de cómo usar la correcta cantidad de azúcar en cada reactor, así como un plan de mantenimiento de limpieza y sanitización de equipos.

También se mostró el diagrama de producción de alcohol neutro



Si desea conocer más sobre el tema:



**CLICK AQUÍ**

ATAGUA agradece a los siguientes patrocinadores quienes hicieron posible este webinar:



## Uso de microorganismos en la agricultura, en época de precios altos de fertilizantes



Debido al alza en los precios de fertilizantes en los últimos años, y conociendo de la importancia para la agricultura, la Asociación de Técnicos Azucareros invitó a 3 especialistas, Dr. Andrés Bustamante, Dr. Allan Pomela y Dr. Adailson Feitoza para que presentaran los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura. Este webinar se llevó a cabo el 26 de mayo a las 14:00 horas.

Inició su conferencia el Dr. Andrés Bustamante de México, repasando algunos conceptos breves, de microbiología y menciona varios tipos de bacterias benéficas que pueden ser utilizadas en los biofertilizantes, y sus beneficios y sus funciones. Expuso sobre la evolución de la relación "Planta-bacteria".

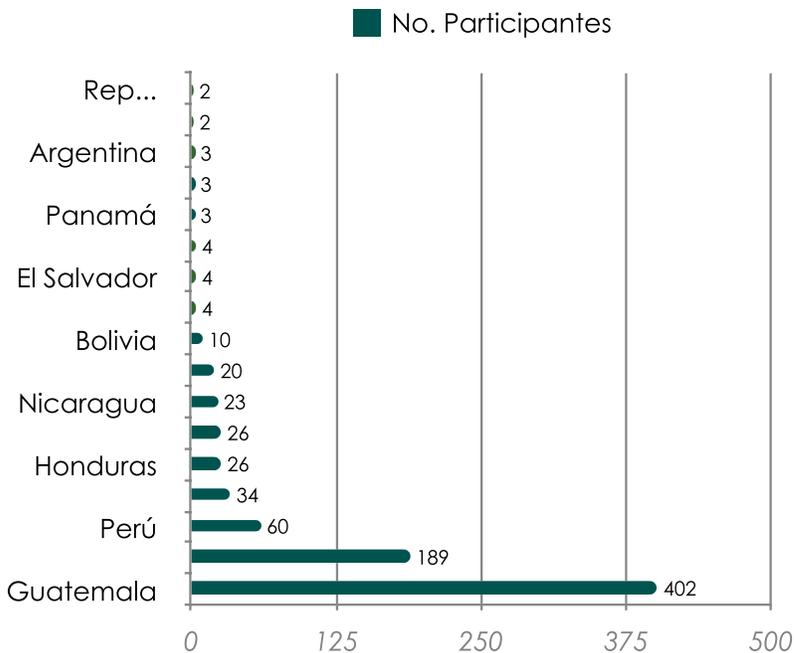
Recomendó que se pueden poner biofertilizantes a base de bacterias antes de plantar, pero cuando la plantación sea al día siguiente o en unas horas para un mejor aprovechamiento.

Expuso sobre las actividades que pueden tener las bacterias benéficas en la raíz y los efectos que producen.

El segundo en participar fue habló el Dr. Allan Pomella de Brasil, quien habló de la importancia de los microorganismos aliados a las raíces, también sobre el ciclo de nutrientes, así como de la fijación biológica de nitrógeno.

Otro factor importante que mencionó fue la degradación de pesticidas en el suelo.

### Gráfica de participación



Y por último expuso el Dr. Adailson Feitoza, de Brasil, quien habló sobre microbiología y salud del suelo; así como de las diferentes funciones que realizan los microorganismos en el suelo. Mencionó que los microorganismos pueden ser producidos en las mismas fincas de los productores y que si son bien manejados pueden tener las mismas ventajas que los productos industriales.

Es uno de los webinar presentados por la Asociación que ha atraído la atención de más participantes.



Si desea conocer más sobre el tema:



**CLICK AQUÍ**

ATAGUA agradece a los siguientes patrocinadores quienes hicieron posible este webinar:



# Manejo agronómico del barrenador

## Impartido por:

- > Dra. Alma Solís, ESA Fellow, EE.UU
- > Dr. Pedro A. Rendón, Moscamed, Guatemala
- > Ing. César Martínez, Ingenio La Unión, Guatemala

Con la participación de 110 técnicos de diferentes países de Latinoamérica, se llevó a cabo el quinto webinar del año programado por la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala. En esta oportunidad se invitó a los siguientes conferencistas:

La Dra. Alma Solís, expuso sobre las diferentes especies de *Diatraea* y las últimas investigaciones que han hecho de esta especie. Habló sobre las especies que existen en Guatemala, así como la morfología y comportamiento reproductivo.

El Dr. Pedro Rendón, expuso sobre la experiencia que han tenido en dicha institución sobre el control y la erradicación de la mosca de la fruta. También mencionó el método de trampas para detectar infestación de la mosca. Por último, expuso sobre las diferentes aplicaciones para evitar la expansión de la mosca hacia otras zonas del país.

Por su parte el Ing. César Martínez, expuso sobre las experiencias en el manejo del barrenador del tallo *Diatraea cramboides* en la agroindustria guatemalteca. En este contexto se mencionó el ciclo reproductivo de esta especie y su comportamiento de la dinámica poblacional, haciendo énfasis que bajo las condiciones de Guatemala la plaga se incrementa a partir del sexto mes de edad del cultivo. Se mencionaron las metodologías de muestreo y el uso de mapas de poblaciones georreferenciadas, lo cual ha permitido mayor facilidad para la toma de decisiones en el control. Se detallaron también las principales estrategias de control entre las que se destaca el control biológico con insectos parasitoides como *Cotesia flavipes* y *Trichogramma* sp.



**Si desea conocer más sobre el tema:**



**CLICK AQUÍ**

**ATAGUA agradece a los siguientes patrocinadores quienes hicieron posible este webinar:**





## LE-TRICHO

Control de huevos de *Diatraea spp.*



MICSA

Tel.: (502) 3212-5725



INSECTICIDAS



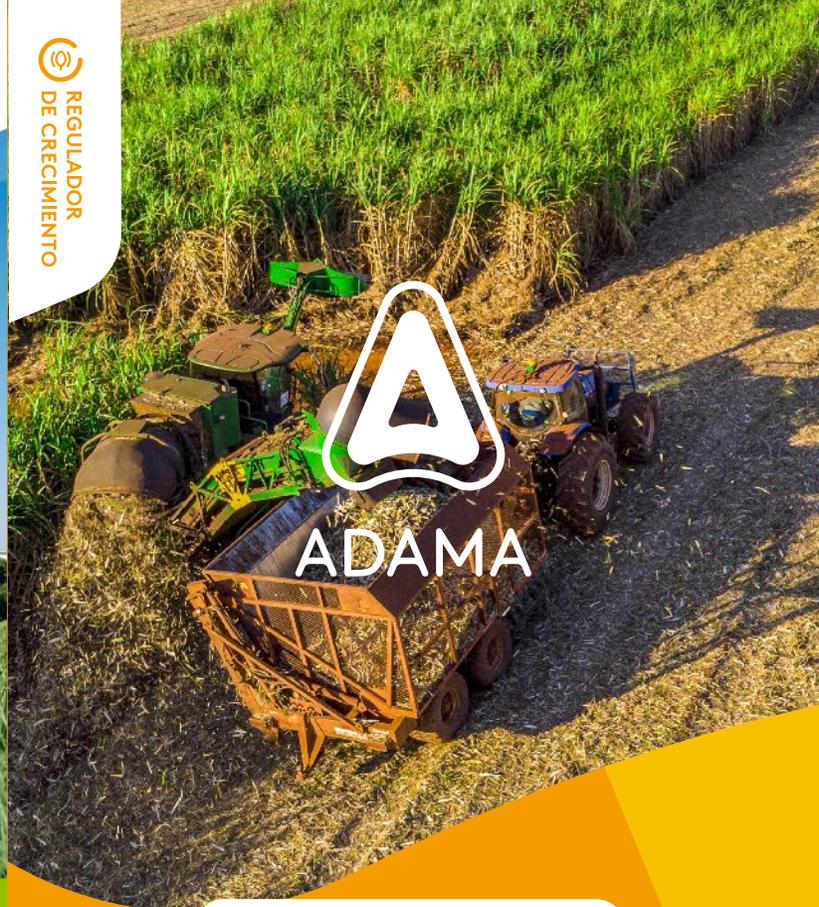
**¡EL ALIADO perfecto!**

**DANTOTSU 50WG**  
SUMITOMO CHEMICAL

Para control de insectos  
chupadores (*chinche*)  
y plagas del suelo.

[www.duwest.com](http://www.duwest.com)

**DUWEST**  
Guatemala



Para producir más azúcar

TRINEXAPAC

# T-NEEX

17.5 EC

Más azúcar es todo  
lo que necesita

- ▶ Mayor concentración y mejor calidad de azúcar
- ▶ Mejor eficacia
- ▶ Menor carga química
- ▶ Mayor rendimiento de toneladas de caña



# PETERSEN

INGENIERIA Y CONSULTORIA

45 Años de

**PROYECTOS  
E INNOVACIONES  
PARA LA INDUSTRIA**

**AZÚCAR · ETANOL · ENERGÍA**

**Especialistas en:**

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

**MÁS DE 15 AÑOS DE TRABAJAR EN CENTROAMÉRICA Y MÉXICO**

Remi A. Meléndez Vanderplasschen



+503 7860-0811



[info@amvrepresent.com](mailto:info@amvrepresent.com)

EL SALVADOR · CENTRO AMÉRICA

[www.petersenengenharia.wixsite.com/petersenengenharia](http://www.petersenengenharia.wixsite.com/petersenengenharia)