



# Atagua

Julio • Septiembre 2016

ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA



# ¿Por qué estudiar en CAS?

## Niveles Académicos:

Preescolar (Nursery, Prekinder, Kinder)  
Primaria ( Grados 1-5)  
Escuela Media (Grados 6-8)  
Secundaria (Grados 9-12)

## Programas de Enriquecimiento:

- Docentes extranjeros
- Capacitación de profesionalización docente
- Orientación y consejería
- Clases electivas
- Centro de recursos y apoyo a estudiantes
- Conferencias para padres
- Consejo Estudiantil
- Equipo de "Estudiantes Líderes"
- Proyección social
- Radio educativa

## Servicios:

- Aprendizaje bilingüe: Inglés-Español
- Acreditación New England Association of Schools and Colleges (NEASC)
- Pruebas estandarizadas para mejorar el aprendizaje
- Aprendizaje basado en proyectos
- Enriquecimiento e integración del currículum nacional con el de Estados Unidos
- Tecnología avanzada:  
Laboratorios móviles de tecnología (iPads, Laptop)  
Redes y conexión a Internet  
Salones con mimios y proyectores  
Recursos multimedia para integrar la tecnología  
Robótica
- Laboratorio de ciencia básica
- Biblioteca
- Áreas deportivas para cada disciplina practicada
- Cafetería
- Personal de seguridad

Colegio Americano del Sur  
Km. 92.5 Finca Camantulul,  
Santa Lucía Cotzumalguapa,  
Escuintla, Guatemala.  
PBX: (502) 7955 2700  
7955 2800 Ext. 821 y 824  
infocas@cas.edu.gt  
cas@cas.edu.gt  
www.cas.edu.gt



Revista  
**Atagua**

# Anúnciate Aquí

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

**Para más información comunicarse a:**

(502) 5517-3978 • 5436-3490

adminatagua@cengican.org

secreatagua@cengican.org

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

**ARTICULO CAMPO**

CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DEL  
BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea*  
*cramboides*) Grote (Lepidoptera: Crambidae)  
EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

4

**ARTICULO FÁBRICA**

Detección, Cuantificación y Procesos potenciales  
de eliminación de la enzima invertasa en jugo de  
caña

13

Comparación de Productividad de las principales  
Agroindustrias Azucareras de Latinoamérica  
Período 1979/1980 A 2014/2015\*

18

**CURSO AVANZADO DE EXTRACCIÓN Y  
CRISTALIZACIÓN**

20

**III SEMINARIO AGRÍCOLA**

22

**ASOCIACIÓN DE TÉCNICOS  
AZUCAREROS DE GUATEMALA****JUNTA DIRECTIVA 2016**

| Nombre   | Cargo             |
|--|-------------------|
| Dr. Luis Molina<br><b>CENGICAÑA</b>                  | Presidente        |
| Ing. Omar Escobar<br><b>Ingenio La Unión</b>         | Vicepresidente I  |
| Ing. Luis Ampudia<br><b>Ingenio Palo Gordo</b>       | Vicepresidente II |
| Ing. José Miguel Lemus<br><b>Ingenio Magdalena</b>   | Tesorero          |
| Ing. Oscarrené Villagrán<br><b>Ingenio San Diego</b> | Secretario        |
| Ing. Danilo Maldonado<br><b>Ingenio Pantaleón</b>    | Vocal I           |
| Lic. Luis Carlos Arroyo<br><b>Ingenio Santa Ana</b>  | Vocal II          |
| Ing. Luis Lima<br><b>Ingenio Magdalena</b>           | Vocal III         |
| Ing. Mónica López<br><b>Ingenio Pantaleón</b>        | Vocal IV          |
| Ing. Sergio Rodríguez<br><b>Ingenio La Unión</b>     | Vocal V           |
| Ing. Antonio Roldán<br><b>Ingenio San Diego</b>      | Vocal VI          |

Km. 92.5 carretera al Pacífico  
Santa Lucía Cotzumalguapa,  
Escuintla, Guatemala  
Tels.: (502) 5517-3978 • 5436-3490  
adminatagua@cengican.org  
secreatagua@cengican.org

**EDITORIAL**

Dr. Luis Molina

Estimados lectores:

En esta edición de nuestra revista se cubren las actividades programadas y desarrolladas durante el tercer trimestre del 2016, las cuales consistieron en dos actividades de capacitación técnica coorganizadas por ATAGUA y CENGICAÑA, una enfocada al área industrial y otra al área de campo.

El "Curso avanzado de extracción y eficiencia de molinos, cristalización y recuperación de sacarosa", realizado en el auditorio de CENGICAÑA, fue impartido por los distinguidos doctores brasileños Paulo Delfini y Fernando Medeiros, quienes compartieron sus conocimientos y experiencia en el tema. Los asistentes al curso fueron en su mayoría guatemaltecos asociados, pero también se tuvo asistencia de técnicos azucareros de otros países como Honduras, México, El Salvador, Costa Rica, Colombia y Nicaragua. ATAGUA agradece y reconoce el apoyo y la dedicación de nuestros colegas Ing. Byron López (CENGICAÑA, ahora en Ingenio San Diego-Trinidad), Ing. Mario Muñoz (CENGICAÑA) e Ing. Milton Cifuentes (Ingenio La Unión) en la planificación y ejecución de esta actividad, además del patrocinio de las empresas Wet Chemical, Elliott Turbocharger, Horcalsa, Maquinsa, Comercializadora Industrial, Intek, Armarsa, Praisá, Corporación La Sirena, ATS y Sigma.

En el tercer seminario agrícola sobre "Eficiencia, calidad y manejo agronómico en el corte mecanizado", se contó con destacados expositores extranjeros y nacionales. La participación, como era de esperar, fue mayoritariamente nacional además de la participación de técnicos de Honduras, México, El Salvador y Nicaragua. De igual manera, ATAGUA agradece y reconoce el apoyo y la dedicación de nuestro colega Ing. Joel Morales (CENGICAÑA) en la organización del evento, así como el patrocinio de las empresas Foragro, Agrocentro, Coguma, Arysta Lifescience, Syngenta y Netcore.

En esta edición el lector encontrará dos artículos muy interesantes, uno sobre la capacidad de dispersión del barrenador del tallo y el otro sobre la detección, cuantificación y procesos potenciales de eliminación de la enzima invertasa en jugos de caña, escritos por nuestros socios, Ing. Marvin Pec (Ingenio Santa Ana) e Ing. Estuardo Monroy (consultor), respectivamente.

La Junta Directiva de ATAGUA se siente complacida por la respuesta de nuestros asociados hacia las actividades que hemos organizado, esa es la mejor retribución que podemos tener por el tiempo que dedicamos *ad honorem* en beneficio de nuestro gremio. En espera de que las actividades realizadas hayan contribuido con la superación a nivel técnico de nuestros asociados, que a su vez se traduzca en una mayor productividad de nuestra agroindustria. Hasta la próxima.

Fotografía de portada:  
Segundo lugar, concurso de fotografía 2016  
"De Trapiche a Ingenio"  
Licda. Lorena Marroquín, Ingenio La Unión

# CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DEL BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea crambidoides*) Grote (Lepidoptera: Crambidae) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

1Marvin Pec; 2 Francisco Badilla; 3 Pedro Rendón;  
1Luis Carlos Arroyo; 1Raisa Peña  
1Ingenio Santa Ana, pecmarvin@gmail.com;  
2Bioasesoria Internacional, franbad@racsa.co.cr;  
3Moscamed, pnodner@hotmail.com  
4Ricardo Alves; 4Universidad Estatal de Paraiba

## RESUMEN

El barrenador del tallo *Diatraea crambidoides* (Grote) es una de las plagas más importantes en la agroindustria azucarera de Guatemala. La técnica del insecto estéril (TIS) consiste en un control de natalidad, el cual aprovecha el instinto natural del apareo de los insectos. Cuando un macho estéril es liberado y copula con una hembra silvestre las posturas resultantes son inviables. Para la utilización de TIS, es necesario conocer la dispersión del insecto, lo cual permite determinar el número de puntos de liberación. Los estudios de dispersión ayudan a entender el comportamiento del insecto y sus interacciones ecológicas. Se realizó utilizando el método de marcado liberación y recaptura, utilizando como atrayentes hembras vírgenes. El marcado de los machos se realizó el polvo fluorescente Fire Orange™ Pigment A-14-N en el estadio de crisálida. Se determinó que el macho del barrenador del tallo se dispersó 53.8 metros por día con una distribución heterogénea según el modelo de Dobzhansky y Wright. Se recapturó el 8 % de los insectos. Las recapturas oscilaron entre 12 y 0 adultos por trampa y el 67 % de la recaptura se obtuvieron entre los 50 y 150 metros del punto de liberación, las cuales fueron estadísticamente iguales según el análisis de Kruskal y Wallis ( $p < 0.05$ ). Utilizando técnicas geoestadísticas se representó la distribución espacial de las capturas de los insectos a través de Kriging. El modelo que mejor se adaptó al semivariograma empírico fue el circular con un alcance de 231 metros y un importante efecto pepita, lo cual denota una notable oscilación en las densidades de captura en las diferentes distancias y una dependencia espacial moderada.

**Palabras Clave:** Dispersión, *Diatraea crambidoides*, Insecto Estéril, Barrenador del tallo, semivariograma, Kriging, Geoestadística.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo de importancia económica y social en Guatemala por ser fuente de divisas y por la cantidad de personas que dependen de la actividad. Entre los factores que limitan la producción se mencionan los insectos, en especial los barrenadores del tallo del género *Diatraea*, causantes de pérdidas cuantiosas en campo y fábrica (Alam, 1980; Ruiz *et al.*, 1968; Nakano *et al.*, 1981; Terán, 1982; Valverde *et al.*, 1991; Badilla & Alves, 1991).

Esta plaga provoca pérdidas durante todo el ciclo del cultivo (Badilla *et al.*, 1991) ya que causa daños directos e indirectos. Los daños directos los provoca en su estado larval debido a que construye galerías en los tallos y causa la muerte del meristemo apical daño conocido como “corazón muerto”, además del volcamiento de las cañas, lo cual estimula la formación de brotes laterales. Los daños indirectos son considerables, ya que por los orificios y galerías horizontales penetran los hongos saprófitos *Colletotrichum falcatum* Went y *Fusarium moniliforme* Sheldon, causando la pudrición roja siendo responsables de la inversión de la sacarosa y la disminución de la pureza del caldo provocando menor rendimiento en azúcar y alcohol (Badilla *et al.*, 1991 y Badilla y Gómez, 2003). En la zafra 2014-2015 de las 161,176 hectáreas monitoreadas en la agroindustria azucarera 49,477 hectáreas presentaron una intensidad de infestación mayor al 2% (Boletín CAÑAMIP, 2015). Los barrenadores se han transformado en una de las principales plagas en el Ingenio Santa Ana con pérdidas anuales de \$ 1,928.000 (zafra 2009-10).

Para el control de esta plaga se utilizan estrategias de control cultural y biológico principalmente, sin embargo es necesario buscar alternativas sostenibles a largo plazo. Ingenio Santa Ana en colaboración con

los ingenios La Unión, Magdalena, Pantaleón y el programa MOSCAMED establecieron un proyecto de colaboración para la implementación de la técnica del insecto estéril. Por tal razón el poder determinar el número de puntos de liberación es esencial para el proyecto y esto se obtiene determinando el radio de acción de los adultos.

La capacidad de dispersión de una especie se refiere a su posibilidad física de abandonar su ecosistema para llegar a otro, donde pueda encontrar condiciones adecuadas para su supervivencia y reproducción (Fernández, 2006). La dispersión del macho de *D. saccharalis* fue estudiada por Botelho *et al.*, 1978, los cuales marcaron a los insectos con esmalte y como atrayente utilizaron trampas con hembras vírgenes para recapturar los machos liberados. Utilizando el modelo matemático propuesto por Dobzhansky y Wright (Silveira, 1976; Ferreira, 2010), los autores establecieron que la dispersión promedio de los machos fue de 42.5 m por día. Ferreira, 2010 determinó que la dispersión del macho de *D. saccharalis* es hasta 800 metros y la describe una función exponencial decreciente  $y = a^2 / (1 + (2a^{1.8}bx))^{2.6}$

La geoestadística es una herramienta que permite cuantificar la escala y el grado de variación espacial de fenómenos naturales. El variograma es una herramienta básica de soporte a las técnicas de Kriging, que permite representar cuantitativamente la variación de un fenómeno regionalizado en el espacio. Journel y Huijbregts citado por Moral, 2004 argumentan que la interpolación por Kriging tiene una mejor estimación cuando la función aleatoria tiene una distribución normal; pero los conteos de insectos regularmente no se adaptan a esta función por lo que es necesaria una transformación logarítmica. El método de interpolación por Kriging es el que representa de mejor manera las características de áreas agrícolas y es una herramienta en los estudios de dispersión y distribución espacial de insectos (Morgan y See citado por Linhares, 2009)

El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de dispersión y la distribución espacial del barrenador del tallo *D. crambidoides* en el cultivo de caña de azúcar, utilizando técnicas geoestadísticas.

## METODOLOGÍA

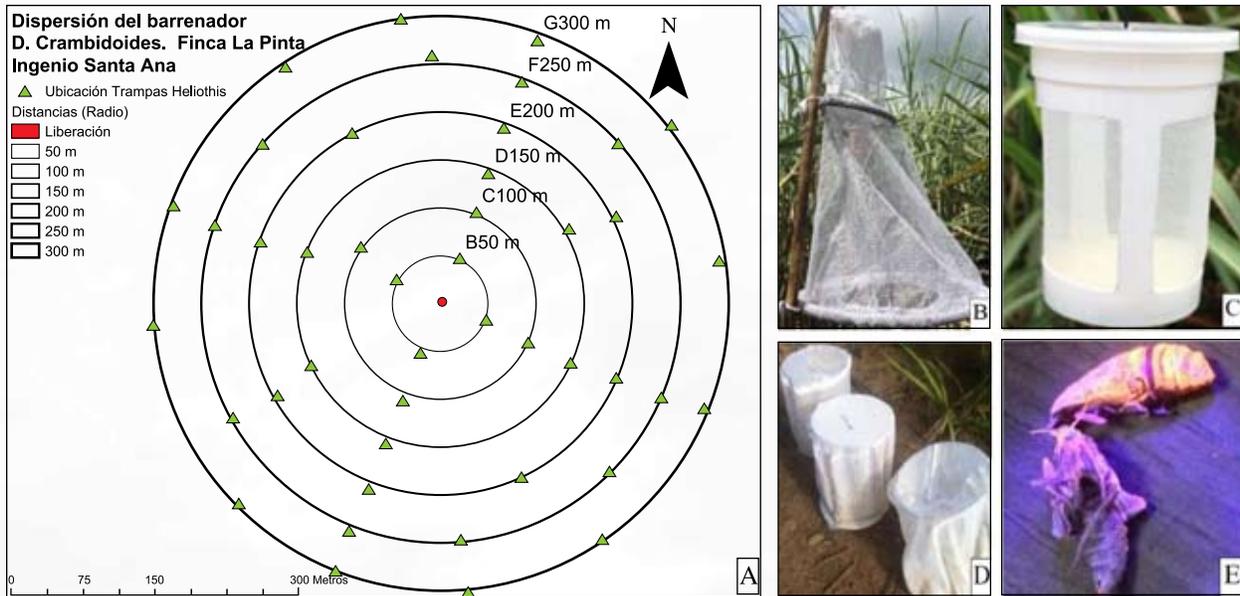
La investigación se realizó en Finca La Pinta, Municipio de Masagua, Escuintla, Guatemala. Está ubicada en las coordenadas 14° 10' 21.59" latitud norte y 90° 51' 51.97" longitud oeste. Se utilizaron los lotes 21, 22, 29, 30,35 y 38 (36 hectáreas) con las variedades CG98-10 y RB73-2577 de 8 meses de edad.

Los insectos utilizados durante la investigación fueron obtenidos del laboratorio de crisálidas de *D. crambidoides* del Ingenio Santa Ana. Se tomaron huevos de la cría comercial del laboratorio y se colocaron en dieta sintética propuesta por Badilla *et al* 2010. Durante 28± 2 días del desarrollo larval permanecieron a una temperatura de 26± 2°C y 70 ± 10% humedad relativa. Posteriormente se extrajeron las crisálidas de la dieta artificial y se clasificaron según su madurez (color) para estimar con mayor precisión la fecha de emergencia de los adultos. Se utilizaron únicamente machos para lo cual se separaron de las hembras utilizando la descripción de Badilla *et al* 2010. Las crisálidas se mantuvieron a una temperatura de 24± 2°C y una humedad relativa del 70± 10% durante 7 días, hasta la emergencia de los adultos.

Para el marcado se utilizó el polvo fluorescente Fire Orange™ Pigment A-14-N se aplicó un día antes de la emergencia de los adultos a una relación de 4 gramos por kilogramo de crisálidas. Los machos se

automarcaron debido a su propio movimiento para deshacerse de la exuvia. El colorante utilizado ingresó en los espacios entre las escamas de las alas, las antenas y otras partes del insecto (Hagler *et al.*, 2011). Los machos utilizados fueron los que emergieron en el rango de 6 horas. Para obtener una longevidad homogénea se mantuvieron con condiciones controladas (24 ± 2°C y humedad relativa de 60 ± 15%). Se alimentaron con agua y miel al 10% posteriormente fueron transportados en jaulas cilíndricas cubiertas con tela antiáfidos (15 cm radio y 30 cm altura). En cada jaula se colocaron 300 insectos y se liberaron 1200 machos en el centro de los anillos de captura a las 5 de la tarde (figura 1D).

La trampa de captura utilizada fue la tipo Heliothis (figura 1B) por ser la más eficiente en captura de *D. crambidoides* y practica para su colocación en los campos de azúcar. Las trampas se colocaron a cada 50 metros en distribución radial (figura 1A). En cada anillo se aumentó el número de trampas esto debido a que Silveira, 1976 recomienda para mejorar el método de Dobzhansky y Wright debe colocarse trampas proporcional al área ya que la exactitud de la densidad estimada depende del número de insectos capturados y no del número de trampas utilizadas. Para su ubicación se utilizó el GPS Trimble® GeoExplorer®. La altura de colocación fue de 2 metros a partir de la base y a cada trampa se le colocaron 2 hembras vírgenes de *D. crambidoides*. Cada 24 horas se cambiaron para garantizar el efecto atrayente y se revisaron los insectos capturados (figura 1C). Para confirmar la recaptura, los insectos se revisaron en un estereoscopio Leica® E24 y se expusieron a luz ultravioleta para identificar partículas de polvo fluorescente utilizando la lámpara Ultra Fire WF-501B (figura 1E).



**Figura 1** A. Distribución y número de trampas tipo Heliethis por distancia para la evaluación capacidad de dispersión del macho del barrenador del tallo (*D. cramboides*) B. Trampa Heliethis C. Recipiente utilizado para la colocación de hembras vírgenes D. Estructuras de transporte de machos del barrenador E. Insectos fluorescentes con luz ultra violeta.

La dispersión media del barrenador y heterogeneidad se calculó con base al modelo matemático Dobzhansky y Wright (Silveira, 1976). La densidad media en cada anillo debe ser considerada como la frecuencia con la que los individuos se movieron cierta distancia del centro. La varianza de  $r$  (distancia recorrida por los insectos) se calculó de la siguiente manera.

$$S^2(r) = \frac{\sum \bar{f}r^3}{\sum \bar{f}r + \frac{c}{8}} \quad S^2 = x * d^2 \rightarrow \sqrt{m^2} = s = m$$

Donde  $f$  corresponde a número de insectos capturados en todas las trampas de la misma distancia o anillo,  $\bar{f}$  la media de insectos por trampa por anillo,  $c$  el número de insectos capturados en las trampas del anillo central,  $\bar{c}$  media de  $c$   $r$  anillo y  $s$  representa para cada día la distancia (m) que se mueven los insectos; para la detección de heterogeneidad en la dispersión se utilizó el siguiente modelo.

$$K_u = \frac{N \sum_0^x (d_p^4 * n_p)}{[\sum_0^x (d_p^2 * n_p)]^2}$$

Donde  $K_u$  es la presencia o ausencia de heterogeneidad. Valores diferentes de 3 indican heterogeneidad en la dispersión  $N$  = número total de insectos atrapados en todas las trampas  $d_p$  = radio de anillos (distancia desde punto de liberación) y  $n_p$  = total de insectos atrapados en trampas a la misma distancia (mismo anillo). Los datos de captura fueron analizados con una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5 % de probabilidad para la variable radio de dispersión.

Los datos de captura fueron transformados logarítmicamente  $\ln(x+1)$ . Para representar gráficamente todas las varianzas de captura en función de las distancias que separaron a cada trampa de adultos del barrenador del tallo y se utilizó el semivariograma (o variograma). El cálculo de la varianza entre los pares separados por intervalos de distancia es a lo que se conoce como semivarianza ( $\gamma$ ) y se estimó de la siguiente forma:

$$\gamma(h) = 1/2 N(h) \sum [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Donde,  $y(h)$  es la semivarianza para todas las muestras localizadas en el espacio separado por el intervalo de distancia  $h$ .  $N(h)$ , es el número total de pares de muestras separados por un intervalo de distancia  $h$ .  $Z(x)$  es el valor de la muestra en una localización  $x$ .  $Z(x+h)$  es el valor de la muestra a la distancia de intervalo  $h$  desde  $x$ . La geoestadística utiliza varias funciones para modelar la variación espacial (semivarianza). Los modelos utilizados en esta investigación fueron las siguientes: Matérn con kappa (0.5 y 1.0), esférica, Gaussiano y circular (Duarte, Menezes y Olinda).

$$\text{Matérn. } \rho(\bar{h}) = \{2^{k-1}\Gamma(k)\}^{-1} \left(\frac{\bar{h}}{\phi}\right)^k K_k\left(\frac{\bar{h}}{\phi}\right) \quad \rho(\bar{h}) = \exp\left(-\frac{\bar{h}}{\phi}\right)$$

$$\text{Esférica. } \rho(\bar{h}) = 1 - 1.5\left(\frac{\bar{h}}{\phi}\right) + 0.5\left(\frac{\bar{h}}{\phi}\right)^3$$

$$\text{Gaussiano. } \rho(\bar{h}) = \exp\left(-\frac{\bar{h}}{\phi}\right)^2$$

$$\text{Circular } \rho(\bar{h}) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \left( \sin^{-1} \left( \frac{\bar{h}}{\phi} + \sqrt{1 - \frac{\bar{h}^2}{\phi^2}} \right) \right), & \bar{h} < \phi \\ 1 & \bar{h} > \phi \end{cases}$$

Para el análisis de dependencia espacial de la variable insectos/trampa se utilizó la ecuación propuesta por Zimbrack 2001.  $IDE(\%) = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2} * 100$

Donde  $\tau^2$  = Es el efecto pepita,  $\sigma^2$  = componente estructural,  $\tau^2 + \sigma^2$  = meseta.

La clasificación del Índice de Dependencia Espacial establece, IDE=0 % independencia espacial,  $0 < IDE < 25\%$  dependencia espacial débil,  $25\% \leq IDE < 75\%$  dependencia espacial moderada y  $IDE \geq 75\%$  dependencia espacial fuerte. El análisis geoestadístico se realizó utilizando el Software R®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se presenta el cálculo de dispersión del barrenador *D. crambidoides* según el análisis de Dobzhansky y Wright (Silveira, 1976).

**Cuadro 1** Cálculo de la dispersión del barrenador del tallo *D. crambidoides* Finca La Pinta Ingenio Santa Ana 2015

| Días después de la liberación | Varianza s <sup>2</sup> | Varianza m <sup>2</sup> | Aumento Varianza m <sup>2</sup> | Desviación estándar (s) en m. | sx0.6745 m.             |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1                             | 8.85                    | 22126                   |                                 | 148.75                        | 100.33                  |
| 2                             | 9.04                    | 22600                   | 474                             | 150.33                        | 101.40                  |
| 3                             | 14.93                   | 37313                   | 14714                           | 193.17                        | 130.29                  |
| 4                             | 19.03                   | 47570                   | 10257                           | 218.11                        | 147.11                  |
| media/día                     |                         | 6361                    |                                 | 79.8                          | 53.8 ± 9.864 (a =0.1)   |
| Distancia por 4 días          |                         | 41209                   |                                 | 203.0                         | 136.9 ± 25.094 (a =0.1) |

$$Ku = 2.11$$

La distancia media de dispersión del barrenador del tallo fue de  $53.8 \pm 9.864$  metros por día ( $a = 0.1$ ) con distribución heterogénea ( $Ku$  diferente a 3) y tiene una dispersión de  $136.9 \pm 25.094$  metros la mitad de la población durante el estadio de adulto. Los resultados son similares a los obtenidos por Botelho *et al.*, 1978 para la especie *D. saccharalis*, el cual fue de 42.5 metros por día. Aplicando el análisis estadístico no

paramétrico de Kruskal y Wallis se concluye que para la variable insectos capturados por trampa son iguales a 50, 100 y 150 metros del punto de liberación ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 2), aunque también se determinó que el 1 % de los insectos liberados lograron movilizarse hasta 300 metros del punto de liberación y se presume que alcanzan mayores distancia que no documento la presente investigación.

**Cuadro 2** Separación de medias de los rangos según Kruskal y Wallis ( $p > 0.05$ ) para la variable insectos capturados por trampa para las diferentes distancias de dispersión del barrenador del tallo.

| Tratamientos | Rangos | Literal |
|--------------|--------|---------|
| 50 m         | 41     | A       |
| 100 m        | 33     | A       |
| 150 m        | 28.42  | ABC     |
| 300 m        | 19.04  | BC      |
| 250 m        | 17.15  | C       |
| 200 m        | 15.44  | C       |

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

Fueron recapturados 95 machos que representan el 8% de la población liberada. En evaluaciones de dispersión similares en la especie *D. saccharalis* se obtuvieron 4.01%, 6.07% y 7.91% respectivamente (Ferreira, 2010). El 67.3% de las recapturas se obtuvieron a 150 metros del punto de liberación y el 50.5% se colectaron a 100 metros; para la especie *Spodoptera frugiperda* Smith en evaluaciones de dispersión se estimó que el 48.34% se recapturaron a los 141 metros del punto de liberación y en *D. saccharalis* el 74% se colectaron a 200 metros (Ferreira, 2010; Vilarinho *et al.*, 2008. El Cuadro 3 muestra las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros del modelo ajustado a los datos de recaptura de machos *D. crambidoides* la variable se transformaron por  $\ln(x+1)$ .

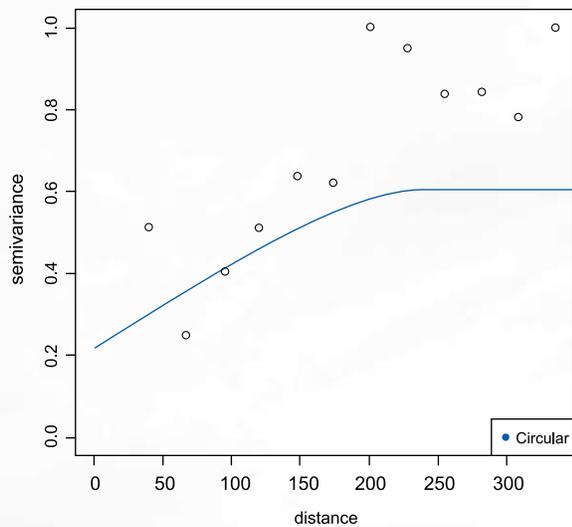
**Cuadro 3** Estimación de los parámetros asociados a los modelos de máxima verosimilitud, suponiendo constante la variable insectos/trampa analizados en la dispersión del barrenador del tallo *D. crambidoides*.

| Modelos         | $\beta^1$   | $\tau^2$    | $\sigma^3$  | $\phi^4$      | AIC <sup>5</sup> | BIC <sup>6</sup> | IDE <sup>7</sup> |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| Mater 0.50      | 0.62        | 0.17        | 0.47        | 105.30        | 173.20           | 180.30           | 73.49            |
| Mater 1.00      | 0.63        | 0.25        | 0.40        | 81.11         | 172.50           | 179.60           | 61.59            |
| Esférico        | 0.68        | 0.22        | 0.39        | 261.00        | 170.60           | 177.70           | 64.61            |
| Gaussiano       | 0.67        | 0.28        | 0.40        | 148.30        | 170.30           | 177.40           | 58.43            |
| <b>Circular</b> | <b>0.69</b> | <b>0.22</b> | <b>0.39</b> | <b>231.20</b> | <b>170.10</b>    | <b>177.20</b>    | <b>64.09</b>     |

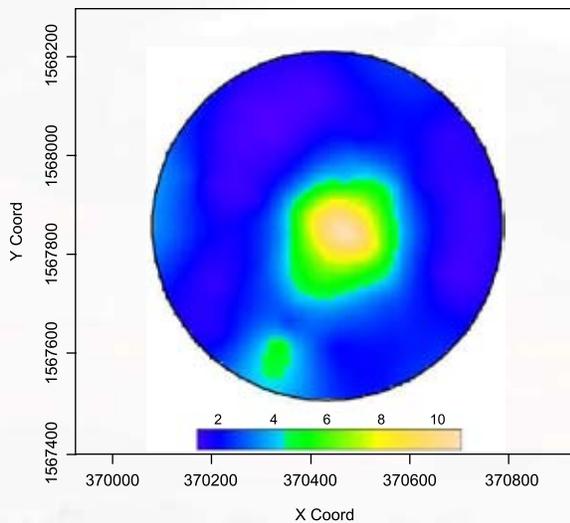
(<sup>1</sup>) Los parámetros estimados considerando media constante, (<sup>2</sup>) Efecto de pepita, (<sup>3</sup>) Componente estructural (<sup>4</sup>) Alcance o Rango, (<sup>5</sup>) Información de Akaike, (<sup>6</sup>) los criterios de información bayesiano (<sup>7</sup>) Índice de dependencia espacial.

La variable insectos capturados por trampa tiene dependencia espacial. El mejor modelo que la predice es el circular y tiene un alcance de 231 metros, es decir que los insectos marcados, liberados y luego

recapturados con trampas tipo Heliopsis en distribución radial están correlacionadas hasta 231 metros. Frade, 2011 estima que a mayor rango mayor es la homogeneidad en los puntos captura.



**Figura 3** Semivariograma de los datos insectos por trampa y el modelo circular ajustado con el método de máxima verosimilitud



**Figura 3** Gráfico de interpolación con Kriging de la dispersión del macho de *D. crambidoides*.

El efecto “pepita” del semivariograma obtenido es considerable con respecto a la meseta, esto es debido a la variabilidad de las capturas y esta se puede corregir colocando más puntos de captura pero Moral *et al.*, 2004 argumenta que al utilizar trampas con feromonas se puede generar distorsión por la interacción entre trampas. El criterio de selección del modelo fue el que presentara los menores valores de AIC y BIC. Para la

presente investigación el mejor modelo fue el circular con IDE de 64,09 % lo que indica una dependencia espacial moderada según la clasificación de Zimbrack 2001.

En la figura 3 se muestra la interpolación con el método de Kriging para estimar el valor de la variable recaptura de insectos en puntos donde no fue posible hacer puntos de captura, se detectó una concentración preferente de captura en la parte sur. Precisamente en el día de liberación la dirección predominante del viento fue hacia el sur por lo que se presume que la dirección del viento es un importante factor en la dispersión de los insectos, tal como determino Ferreira, 2010 para la especie *D. saccharalis*.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La dispersión del barrenador del tallo *D. crambidoides* es de  $53.8 \pm 9$  metros por día y es de tipo heterogénea. Con base a este patrón de comportamiento se recomienda liberar los adultos estériles del barrenador *D. crambidoides* en cuatro puntos equidistantes por hectárea, lo cual permite con mayor precisión el encuentro de adultos para la cópula.
2. Los machos del barrenador del tallo tienen una dispersión de hasta 300 metros según la medición de este ensayo. Se presume que tienen mayor alcance que no se cuantificó la presente investigación por lo que el efecto de migración de la plaga es evidente entre las diferentes áreas de cultivo de caña de azúcar.
3. El alcance entre las trampas de monitoreo fue de 231 metros por lo que constituye parámetro para evaluaciones futuras, en el caso del monitoreo de adultos de *D. crambidoides* y estimación de poblaciones.

## LITERATURA CITADA

Alam, M.M. 1980. Biological and ecological factors affecting populations of sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Lep.: Pyralidae) in Barbados. *Entomophaga* 25 (4): 401 - 414.

Badilla, F; Alves, SB. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* 1978 (Col.: Curculionidae) com *Beauveria* spp. em condições de laboratorio e campo. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 20 (2):251-263.

Badilla F, et al., 1991. Control biológico de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera : Pyralidae) en Costa Rica Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.20-21 p. 39-44.

Badilla F, 2010. Propuesta de proyecto: "Efecto de la radiación gama en la inducción de esterilidad reproductiva del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea crambidoides*. 5p (mimeografiado).

Badilla, F; Gómez, J.V. 2003. Pérdidas de Azúcar causadas por *Diatraea* spp, en Nueva Concepción, Guatemala. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, N°67 p 18-23, 2003

Boletín CAÑAMIP (Comité de manejo integrado de plagas de la caña de azúcar, GT). 2015. Informe zafra 2014-2015. No 30 Guatemala. 16 p.

Duarte, M; et al. 2014. Modelagem geoestatística da distribuição de carbono do solo e biomassa de herbáceas em sistema silvopastoril na região nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.31, n.2, p1 16-129, 2014.

Fernandez, A. 2006. Dispersión de especies (en línea). España, Fundación EROSKI. Consultado 20 mar 2016. Disponible en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2006/04/17/151045.php#sthash.ZPAaiWXI.dpuf](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2006/04/17/151045.php#sthash.ZPAaiWXI.dpuf)

Ferreira, D. 2010. Dispersão de machos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar. Tesis Ingeniero Agrónomo, Faculdade de ciências agrárias e veterinárias câmpus de Jaboticabal Universidade estadual paulista "julio de mesquita filho". Brasil 89p.

Frade, D. 2011. Ajuste de modelos geoestatísticos na determinação da variabilidade espacial de atributos do solo. 45 f. Monografia (Estatística) – CCT, Universidade Estadual da Paraíba.

Hagler, J; Jackson, C. 2011. Methods for marking insects: Current Techniques and Future Prospects *Annu. Rev. Entomol.* 2001. 46:511–43. (en línea). Western Cotton Research Laboratory, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Phoenix, Arizona 85040. Consultado el 20 mar 2016. Disponible en <http://naldc.nal.usda.gov/download/34682/PDF>

Linhares, H. 2009. Distribuição espacial do parasitismo de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) em cana-de-açúcar. Tesis Ingeniero Agronomo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Câmpus de Jaboticabal Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Brasil. 90p.

Moral, F; et al. 2004. Técnicas Geoestadística aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hu.bner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. España, *Bol. San. Veg. Plagas*, 30: 733-

744, 2004. Consultado el 19 mar 2016. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-30-04-733-744.pdf>

Nakano, O.; Silveira-Neto, S.; Zucchi, R.A. 1981. Entomologia Econômica. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Editora Agronômica Livro Ceres. 314p.

Ruíz, M.A.; Martínez, A.; Flores, S. 1968 Statistical estimation of sugar losses due to borer attack (*Diatraea chilo*). Congress of the International Society of sugarcane Technologists Proceedings 13:1292 - 1295.

Silverira, S. 1976. Manual de Ecología de Insectos. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Sao Paulo Brasil 419 p.

Terán, F.O. 1982. Factores que afetam o manejo integrado de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974). (Lep:Pyralidae) em cana-de açúcar. Tese Doutor, Piracicaba. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 144p.

Valverde, L.A.; Badilla, F.; Fuentes, G. 1991. Measurement of sugar losses at factory level caused by *Diatraea tabernella* in three sugar cane varieties *Saccharum* spp in the high zone of San Carlos, Costa Rica. Sugar cane, N°2. p.13-16.

Vilarinho, E; Fernandes, O. 2008. Dispersão de *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em campos de milho Faculdade de ciências agrárias e veterinárias câmpus de jaboticabal Universidade estadual paulista "julio de mesquita filho". Brasil. 89p.

Zimback, C. 2001. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento de fertilidade. Tese de Livre-Docencia. FCA/UNESP. 114p.

# Detección, Cuantificación y Procesos potenciales de eliminación de la enzima invertasa en jugo de caña

Ing. Estuardo Edmundo Monroy  
Consultorías Monroy & Asociados  
Escuintla, Guatemala

## INTRODUCCIÓN

El trabajo consistió en investigar el proceso enzimático (Figura 1), que genera altos niveles de pérdidas de productividad o eficiencia de extracción de la sacarosa en la caña de azúcar, causadas en mayor grado por la enzima “invertasa” u otras enzimas, cuya participación en reacciones de hidrólisis sobre la sacarosa la “invierten” en los monosacáridos glucosa y fructosa, bajando la productividad de la sacarosa cristalizada con su consecuente efecto económico sumamente alto para la industria azucarera centroamericana, por lo que el principal enfoque es investigar “procesos potenciales de eliminación de la enzima” en aplicaciones prácticas aplicables al proceso agroindustrial azucarero.

Se hizo una revisión de las principales técnicas de cuantificación, y particularmente las de eliminación o inhibición de la enzima, como lo han sido algunas experiencias en Cuba, en la determinación de enzimas “hidrolasas, polimerasas y transferasas” utilizando otras proteínas naturales como inhibidoras y aplicándolas en la caña y el jugo con muy buenos resultados, y para ello se tuvo un intercambio técnico en Cuba el año pasado 2015, con expertos del Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar.

También se investigó sobre otros procesos de eliminación o inhibición de la enzima, a través de efectos de pH, efectos de temperatura y efectos de concentración, todos ellos sobre la actividad enzimática.

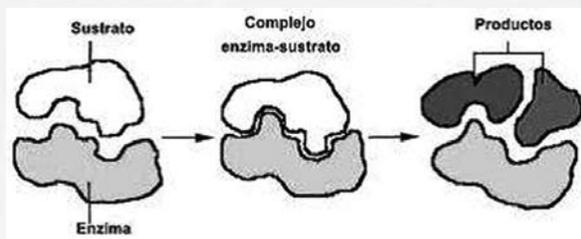


Figura 1

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo “Review bibliográfica”, iniciándose el estudio en el año 2013 como parte de mi tesis de Maestría en Biotecnología Agroalimentaria de la Universidad de Almería, España, en un programa conjunto con la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pérdidas de sacarosa es un tema de mucho interés en la industria azucarera. Estas pérdidas ocurren en las diversas operaciones y procesos durante la elaboración del azúcar y suelen ocurrir también en la sección de los molinos y sus instalaciones auxiliares sobre todo cuando existe poca limpieza y el saneamiento de manera periódica. [1]

El jugo extraído ofrece un medio ideal para la propagación de microorganismos que causan destrucción de sacarosa. Cuando se procesa caña deteriorada o caña quemada, el desarrollo de la bacteria *Leuconostoc Mesenteroides* es muy pronunciado tanto en los molinos, conductores de bagazo, coladores de jugo, tanques y canales de jugo, etc.

Los procesos enzimáticos produce la inversión de la sacarosa y posterior producción de otros polisacáridos como la "Dextrana" que es un polímero de consistencia gomosa, generando también efectos perjudiciales al proceso de fabricación de azúcar.

Cuando el *Leuconostoc* y otras bacterias formadoras de ácido se desarrollan en la caña de azúcar recolectada, ésta se vuelve ácida. Se produce glucosa y fructosa (más conocido como azúcar invertido), ácidos láctico y acético y, con frecuencia, dextranas. En climas húmedos y calurosos, puede perderse cada día, entre el campo y la molienda 1-5 % del azúcar total, [1]. El principal sustrato de la enzima invertasa es la sacarosa, donde logra un 80% de actividad en el rango de pH entre 3,5 – 4,5 a temperatura entre 50-60 0C, [1]. El efecto de la concentración de sustrato es de particular relevancia, ya que la máxima actividad se logra con concentraciones de sacarosa del 5-10%. (Característicos en el proceso azucarero desde el campo hasta la fábrica).

Los monosacáridos formados por la acción de la invertasa son más solubles que la sacarosa y por lo tanto no cristalizan en los jarabes concentrados de caña, y es ese el "problema" en la agroindustria de la caña de azúcar, que su objetivo es cristalizar sacarosa, y evitar el proceso de inversión hacia monosacáridos no cristalizables.

Los procesos enzimáticos que ocurren en la caña luego del corte han demostrado, que en los jugos de caña actúan enzimas (Transferasas) con capacidad de formar oligosacáridos, o de hidrolizarla (Hidrolasas) y además Polimerasas capaces de convertir a los monosacáridos en polímeros como es el caso de las Dextranas. (Figura 2)

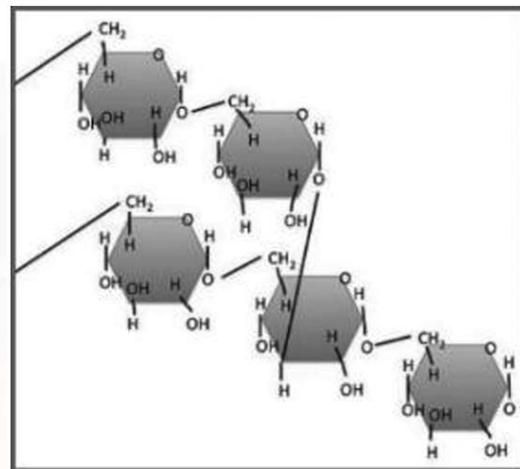


Figura 2

### La hidrólisis de la sacarosa y fuentes de la enzima "invertasa"

La hidrólisis de la sacarosa produce glucosa y fructosa según la reacción: [1]



La invertasa ( $\beta$ -D-fructofuranosidasa,  $\beta$ -D-fructofuranósido fructohidrolasa, cataliza la hidrólisis de restos terminales no reductores  $\beta$ -D-

fructofuranosídicos de fructofuranósidos, entre los sustratos sobre los que actúa, el más significativo es la sacarosa, de ahí que el enzima se designe también con el nombre de “sacarasa”.

La denominación trivial de invertasa, con la que también se conoce, hace referencia al hecho de que los productos de la reacción son conocidos desde antiguo como “azúcar invertido” ya que mientras la sacarosa es dextrorrotatoria, la mezcla equimolecular de glucosa y fructosa que resulta de su hidrólisis es levorrotatoria, por lo que en el proceso se origina un cambio de signo (de positivo a negativo) del valor de rotación óptica.

El catalizador invertasa presente en el jugo de caña, proviene de dos fuentes: [3]

- Invertasa naturalmente presente en los procesos fisiológicos inherentes al crecimiento de la caña. Su proporción varía de acuerdo con los requerimientos energéticos para la nutrición de la planta en el crecimiento.
- Invertasa segregada por microorganismos en etapa de rápida reproducción en el jugo durante el procesamiento, tales como levaduras, hongos y muchas especies, de bacterias.

#### **Técnica experimental de determinación de las enzimas “hidrolasas, polimerasas y transferasas en la caña y sus jugos” desarrollada en cuba**

En uno de los experimentos realizados en cuba, se seleccionaron cañas de azúcar en un semillero que poseía más de 70 variedades distintas, localizado en los suelos ferralíticos del sur de la Habana. Las variedades de caña (sembradas en mayo del 2005) eran primaveras de 11 meses en el mes de abril del 2006, tomándose cañas primarias de varios lotes elegidos al azar. Los jugos se extrajeron desfibrando las cañas y prensándola inmediatamente a 200 Kg/cm<sup>2</sup> por un minuto. [2]

Las actividades de las enzimas hidrolasas, polimerasas y transferasas en la caña y sus jugos se determinaron a través de la formación de azúcares reductores, polisacáridos y oligosacáridos, respectivamente, utilizándose métodos analíticos de laboratorio.

#### **Procesos potenciales de eliminación**

- Inhibición de la Invertasa
- Efecto del pH sobre la actividad enzimática
- Efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática
- Efecto de la concentración de sustrato sobre la actividad enzimática

#### **Inhibición de la Invertasa**

Existen evidencias de que en ciertas plantas se forman proteínas que actúan como inhibidores de la actividad de la invertasa. A partir de la sacarosa, y mediante la Reacción Maillard, se han desarrollado tecnologías de producción de inhibidores de enzimas, de alta eficiencia, que permiten proteger la calidad de la caña de azúcar y de sus jugos. [4]

Así, hace más de una década, en Cuba surgió el primer producto de este tipo, que fue capaz de detener la hidrólisis de la sacarosa, la formación de dextranas y de oligosacáridos entre el corte y la molienda, y con el desarrollo de investigaciones sucesivas, ha dado lugar a nuevos inhibidores de enzimas más eficientes y selectivos, producidos al interactuar carbohidratos con compuestos amínicos, que sufren una serie de transformaciones que se conocen con el nombre genérico de Reacción Maillard (Maillard, 1912). No obstante, la manera caótica en que los azúcares se transforman según esta reacción determina la aparición de innumerables compuestos de peso molecular y estructura muy diferentes entre sí, conocidos como “Productos de la reacción de Maillard” (PRM). En las tablas 1, 2 y 3 se pueden observar las propiedades físico-químicas y el efecto inhibitorio de

uno de estos productos al “mojar” la caña con sus soluciones o al añadirlo directamente a los jugos, en dosis muy bajas (4 a 10 ppm de jugo o caña), sobre las enzimas que están presentes en la caña o son formadas por los microorganismos, del tipo (o la capacidad de actuar como tal de una enzima dada): hidrolasas (formadoras de azúcares reductores: glucosa, fructosa), polimerasas (formadoras de polisacáridos a partir de los reductores: dextranas, fructanos) y transferasas (formadoras de otros oligosacáridos a partir de la sacarosa).

| Enzimas de la caña (jugos estériles de cañas frescas) | Inhibición (%)           |
|---|--------------------------|
| Transferasas  | 84                       |
| Hidrolasas  | 93                       |
| Polimerasas   | 79                       |
| Enzimas de los microorganismos (jugos)                |                          |
| Transferasas  | 85                       |
| Hidrolasas  | 100                      |
| Polimerasas   | 100                      |
| Todas las enzimas (caña troceada)                     |                          |
| Transferasas  | 77                       |
| Hidrolasas  | Ganancia de sacarosa: 6% |

Tabla 1

| Corridas                         | Inhibición de las enzimas (%)* |             |              |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|
|                                  | Invertasas                     | Polimerasas | Transferasas |
| Jugos estériles de cañas frescas | 89,0                           | 100         | 0            |
| Jugos de cañas deterioradas      | 89,9                           | 89,0        | 10,4         |

Tabla 2

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Ingrediente activo</b> | Productos de la Reacción Maillard<br>Producto no irritante a la piel ni a los ojos y biodegradable  |
| <b>Acción</b>             | Inhibe las enzimas de la caña y de los microorganismos que producen polisacáridos tipo dextranas y otros azúcares (silosa y lactosacarosa) que impiden la cristalización de sacarosa (Ramos, Sitios Web: Ramos, 1991) |
| <b>Dosificación</b>       | Se aplica a través de la fumigación de sus soluciones sobre la caña en pie, luego del corte y durante su preparación para la molienda (en las cuchillas). Se recomienda una dosis de 4 a 10 kg/1000 t de caña o jugo  |

#### Propiedades fisicoquímicas

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Apariencia</b>                | Líquido oscuro con olor a caramelo        |
| <b>Densidad</b>                  | 1,01                                      |
| <b>pH</b>                        | 2,6                                       |
| <b>Sustancias reductoras (%)</b> | 0,2 %                                     |
| <b>Solubilidad</b>               | Soluble en agua en todas las proporciones |

Tabla 3

## Efecto del pH sobre la actividad enzimática

La actividad de un enzima se ve afectada por el pH al cual se lleva a cabo la reacción y la curva actividad-pH puede ser diferente para cada tipo de enzima (Fig. 3). El valor de pH al cual la actividad es máxima se denomina pH óptimo; [3]

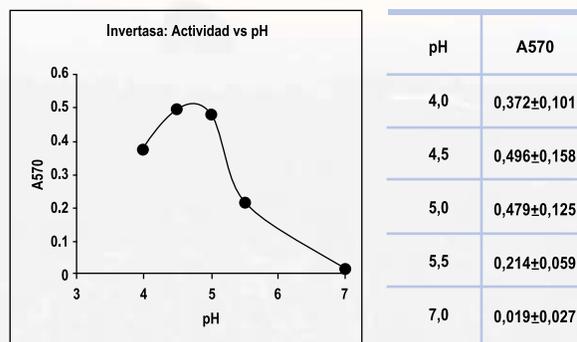


Figura 3

## Efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática

La velocidad de una reacción enzimática varía al aumentar la temperatura, donde se representa una típica curva de actividad enzimática/temperatura (Figura 4). Tal dependencia refleja un doble efecto de la temperatura: positivo a bajos valores, debido al incremento general que experimenta la velocidad de cualquier reacción química al hacerlo la temperatura, y negativo a valores altos, debido a la desnaturalización térmica del enzima. [3]

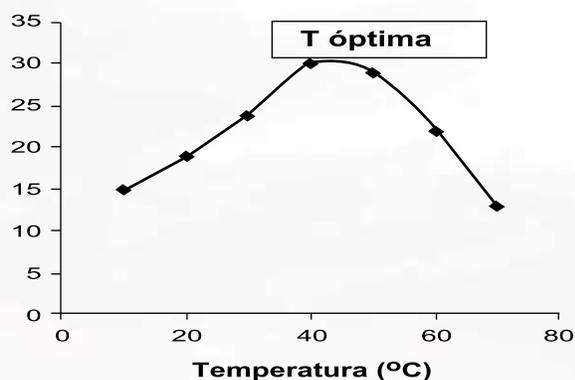


Figura 4

## Efecto de la concentración de sustrato sobre la actividad enzimática

En la figura 5 se representa el efecto de la concentración de sustrato sobre la velocidad de una reacción catalizada enzimáticamente. Este comportamiento cinético, constituye la norma seguida por la mayoría de los enzimas, los denominados enzimas michaelianos. [3]

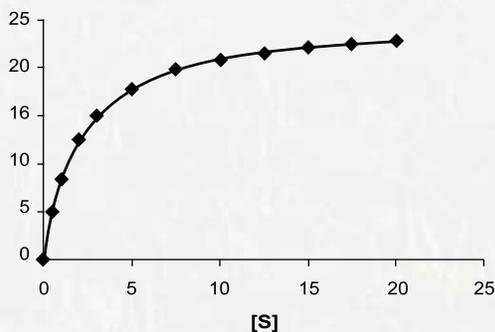


Figura 5

## CONCLUSIONES

1. La enzima invertasa puede ser inhibida o eliminada su actividad enzimática por varios métodos como lo son el control de pH, temperatura, concentración del sustrato, pero utilizar "inhibidores externos" basados en proteínas como inhibidoras naturales aisladas y formuladas, aplicándola en la caña o el jugo, y experimentos desde hace años ha dado excelentes resultados en cuba.
2. Las otras opciones a aplicar (pH, temperatura, concentración, etc.), no son viables ya que contrastan con operaciones y parámetros estandarizados del proceso agroindustrial azucarero.
3. Una estimación para la agroindustria azucarera de Guatemala, el lograr una recuperación de 3% de sus pérdidas actuales aplicando este tipo de producto, implica un aproximado de 2,190,900 toneladas de azúcar/año, con un valor en el mercado mundial de US\$ 18,797,982

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gavelán Zuleta, Rosa del Milagro, "Evaluación de la inversión de sacarosa mediante la aplicación de bactericidas en los jugos procedentes del trapiche en la empresa agroindustrial Pucalá, S. A.", Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.
- [2] Ramos E. L., Ravelo S., "Inhibidores de las enzimas IFOPOL y su impacto en la Industria", ICINAZ, trabajo presentado en revista ATAC (Cuba, No. 1 noviembre, 2006)
- [3] Tena Aldave Manuel, Jorrín Novo Jesús V, "Estudio cinético de la actividad invertasa de levadura de panadería", Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Campus Universitario de Rabanales, Edificio Severo Ochoa, 14071-Córdoba, España.
- [4] Gonzales de León, Edgar René, "Inhibidores enzimáticos: tipos de inhibidores y mecanismos de acción", Universidad Galileo, Guatemala, Curso de Biología 2007

# COMPARACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE LAS PRINCIPALES AGROINDUSTRIAS AZUCARERAS DE LATINOAMÉRICA PERIODO 1979/1980 A 2014/2015\*

Adlai Meneses<sup>1</sup>; Mónica Galiego<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Coordinador; <sup>2</sup>Técnico, Transferencia de Tecnología CENGICANA

La presente investigación se hizo con el objetivo de determinar en los países de Latinoamérica los cambios en la productividad de azúcar y caña por hectárea de la zafra 1979/1980 a 2014/2015, y sus tendencias generales. La información fue proporcionada por las diferentes Asociaciones de azúcar de la región, y otras fuentes.

Las variables recolectadas y analizadas fueron rendimiento de azúcar, rendimiento de caña y concentración de sacarosa de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Argentina. La información se estandarizó al Sistema Métrico Decimal y en el caso de concentración de sacarosa en porcentaje comercial. Éstas fueron analizadas con técnicas estadísticas descriptivas, para lo cual se dividió para su análisis principal en ocho quinquenios, 1979/1980 a 1982/1983; 1983/1984 a 1987/1988; 1988/1989 a 1992/1993; 1993/1994 a 1997/1998; 1998//1999 a 2002/2003; 2003/2004 a 2007/2008; 2008/2009 a 2012/2013 y 2013/2014 a 2014/2015.

Para toneladas de azúcar por hectárea año (TAHA) los países con la mayor productividad en el último quinquenio son Colombia con 12.55 TAHA; Guatemala 10.77; Perú 10.25 y El Salvador 9.66; los países con el mayor incremento en los 36 años evaluados son Guatemala con 4.27 TAHA (de 6.5 a 10.77); Nicaragua con 3.37 (de 6.19 a 9.56); Brasil con 2.8 (de 5.39 a 8.19); El Salvador con 2.77 (de 6.89 a 9.66 y Colombia con 2.56 (9.99 a 12.55). El único país con decremento es México con -0.42 (de 8.05 a 7.63).

Por componente, para toneladas de caña por hectárea año (TCHA); el mayor TCHA lo presenta Colombia con 108.25; Guatemala 103.3; Nicaragua 95.5 y Honduras 95.2 TCHA. Los países con el mayor incremento en los 36 años son Guatemala 28.4 (de 74.9 a 103.3); Honduras 22.4 (de 72.8 a 95.2); Brasil con 20.56 (de 43.53 a 64.09); Nicaragua con 18.1 (de 77.4 a 95.5) y Colombia con 17.56 (de 90.99 a 108.55). En rendimiento de azúcar por tonelada los países con los mayores valores en el último quinquenio son: Brasil con 12.77 (128 kg); Colombia 12.55% (125 kg); El Salvador con 11.37% (114 kg); y México 11.12% (111 kg). Los países con el mayor incremento en los 36 años son Nicaragua 1.99% (20 kg) (de 8.02 a 10.01%); El Salvador con 1.92 (19 kg.) (De 9.45 a 11.37%); Guatemala 1.65% (16.5m kg); y Brasil con 1.28 (13 kg) (de 12.38 a 13.66%). México presenta un decremento de -0.36 (3.6 kg) (de 11.74 a 11.38%).

En conclusión, para TAHA los países que incrementaron TAHA en los 8 quinquenios son: Guatemala (4.27); Nicaragua (3.37); Brasil (2.8); El Salvador (2.77); Colombia (2.56); Honduras (1.43); Argentina (1.2); y Costa Rica (0.04); decremento solo en México con (-0.47). En TCHA Guatemala incremento un 28.4; Honduras 22.4; Brasil 20.56; Nicaragua 18.1; Colombia 17.56; Costa Rica 13.8; El Salvador 12.1; Argentina 10.9; con decremento México -2. En rendimiento de azúcar Nicaragua incremento en 1.99% (20 kg); El Salvador 1.92 (19 kg); Guatemala 1.65% (16.5kg); Brasil 1.28 (13 kg); Honduras 1.12 % (11.2 kg); Costa Rica 1.01% (10.1 kg); Colombia 1.2% (12 kg); y

Argentina 0.17% (1.7kg); México con decremento de -03.6 (-3.6 kg) de sacarosa por tonelada de caña. Comparación general

En el Cuadro 1 se presenta los resultados en TAHA, TCHA y rendimiento para cada país para los

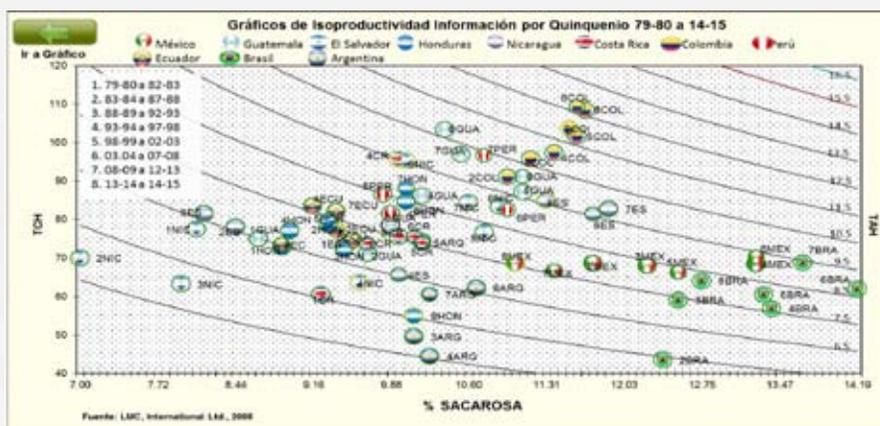
quinquenos definidos; 1979/1980 a 1982/1983; 1983/1984 a 1987/1988; 1988/1989 a 1992/1993; 1993/1994 a 1997/1998; 1998/1999 a 2002/2003; 2002/2003 a 2007/2008; 2008/2009 a 2012/2013 y 2013/2014 a 2014/2015.

**Cuadro 1** Resultados de TAHA, TCHA y rendimiento por país en los quinquenos definidos

| Quinquenio    | TCHA        |           |             |          |           |            |          |       |         |        |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|----------|-----------|------------|----------|-------|---------|--------|-----------|
|               | México      | Guatemala | El Salvador | Honduras | Nicaragua | Costa Rica | Colombia | Perú  | Ecuador | Brasil | Argentina |
| 79-80 a 82-83 |             | 74.89     | 72.92       | 72.77    | 77.37     | 60.48      |          |       |         |        |           |
| 83-84 a 87-88 | 68.58       | 71.17     | 78.06       | 78.78    | 70.00     | 73.74      | 90.99    |       |         | 43.53  |           |
| 88-89 a 92-93 | 67.93       | 78.48     | 81.55       | 72.00    | 63.23     | 75.51      | 95.73    |       | 77.34   | 59.09  | 49.55     |
| 93-94 a 97-98 | 68.37       | 86.15     | 65.63       | 77.09    | 63.69     | 76.36      | 97.28    | 81.90 | 83.49   | 56.86  | 44.40     |
| 98-99 a 02-03 | 66.30       | 87.07     |             | 79.75    | 76.59     | 73.83      | 101.62   | 87.34 | 73.53   | 60.46  | 54.99     |
| 03-04 a 07-08 | 70.26       | 91.15     | 81.36       | 84.62    | 83.30     | 75.38      | 109.18   | 88.50 | 74.46   | 61.95  | 62.24     |
| 08-09 a 12-13 | 66.62       | 96.83     | 82.66       | 88.12    | 84.45     | 70.54      | 103.52   | 94.88 | 82.05   | 68.81  | 60.45     |
| 13-14 a 14-15 | 68.57       | 103.31    | 84.98       | 95.18    | 95.50     | 74.29      | 108.25   |       |         | 64.09  |           |
| Quinquenio    | TAHA        |           |             |          |           |            |          |       |         |        |           |
|               | México      | Guatemala | El Salvador | Honduras | Nicaragua | Costa Rica | Colombia | Perú  | Ecuador | Brasil | Argentina |
| 79-80 a 82-83 |             | 6.5       | 6.89        | 6.49     | 6.19      | 5.59       |          |       |         |        |           |
| 83-84 a 87-88 | 8.05        | 6.89      | 6.58        | 7.32     | 4.90      | 7.14       | 9.99     |       |         | 5.39   |           |
| 88-89 a 92-93 | 8.30        | 7.77      | 6.61        | 6.78     | 5.03      | 7.51       | 10.71    |       | 7.27    | 7.42   | 4.98      |
| 93-94 a 97-98 | 9.06        | 8.72      | 6.51        | 6.92     | 6.14      | 7.62       | 11.05    | 7.82  | 7.03    | 7.63   | 4.54      |
| 98-99 a 02-03 | 8.29        | 9.67      |             | 7.43     | 8.19      | 7.51       | 11.80    | 9.00  | 6.83    | 8.07   | 5.58      |
| 03-04 a 07-08 | 9.30        | 10.11     | 9.57        | 8.45     | 9.07      | 7.63       | 12.70    | 9.68  | 7.15    | 8.79   | 6.64      |
| 08-09 a 12-13 | 7.58        | 10.18     | 9.82        | 8.75     | 8.94      | 7.18       | 11.98    | 10.14 | 7.46    | 9.40   | 6.18      |
| 13-14 a 14-15 | 7.63        | 10.77     | 9.66        | 9.56     | 9.56      | 7.62       | 12.62    |       |         | 8.19   |           |
| Quinquenio    | RENDIMIENTO |           |             |          |           |            |          |       |         |        |           |
|               | México      | Guatemala | El Salvador | Honduras | Nicaragua | Costa Rica | Colombia | Perú  | Ecuador | Brasil | Argentina |
| 79-80 a 82-83 |             | 8.68      | 9.45        | 8.92     | 8.02      | 9.24       |          |       |         |        |           |
| 83-84 a 87-88 | 11.74       | 9.68      | 8.43        | 9.29     | 7.00      | 9.69       | 10.97    |       |         | 12.38  |           |
| 88-89 a 92-93 | 12.22       | 9.90      | 8.11        | 9.42     | 7.96      | 9.94       | 11.19    |       | 9.44    | 12.57  | 10.06     |
| 93-94 a 97-98 | 13.26       | 10.12     | 9.93        | 8.98     | 9.63      | 9.98       | 11.36    | 9.55  | 9.19    | 13.42  | 10.23     |
| 98-99 a 02-03 | 12.51       | 11.11     |             | 9.31     | 10.70     | 10.17      | 11.61    | 10.30 | 8.86    | 13.35  | 10.15     |
| 03-04 a 07-08 | 13.23       | 11.09     | 11.76       | 9.98     | 10.89     | 10.13      | 11.63    | 10.67 | 9.50    | 14.19  | 10.67     |
| 08-09 a 12-13 | 11.38       | 10.51     | 11.88       | 9.93     | 10.58     | 10.18      | 11.58    | 10.32 | 9.39    | 13.66  | 10.23     |
| 13-14 a 14-15 | 11.12       | 10.33     | 11.37       | 10.04    | 10.01     | 10.25      | 11.66    |       |         | 12.77  |           |

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> Quinquenos usados para la comparación general.

En la Figura 1, se presenta la productividad de los países en TAHA (Y2), como resultado de las TCHA (Y1) y el % de Sacarosa (X), en los ocho quinquenos establecidos.



**Figura 1.** Gráfico de Isoproductividad periodo 1983/1984 a 2014/2015 por quinquenos



# CURSO AVANZADO DE EXTRACCIÓN Y CRISTALIZACIÓN

**D**el 16 al 18 de agosto del presente año se llevó a cabo el **“Curso avanzado de extracción y eficiencia de molinos, cristalización y recuperación de azúcar”** en el Auditorio de CENGICAÑA.

El objetivo del curso fue unificar conceptos y criterios, así como proveer herramientas específicas a los técnicos de alto nivel en las áreas de extracción de azúcar y cristalización.

El evento contó con la participación de 110 representantes de ingenios azucareros, casas comerciales y público en general de distintos países: México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Brasil y Cuba. Los expositores brasileños de alto nivel fueron el Dr. Paulo Delfini y el Dr. Fernando Medeiros.

El Dr. Delfini es un ingeniero mecánico de la Universidad Federal de Uberlandia, cuenta con un post grado en tecnología azucarera y una experiencia de 39 años en ingenios azucareros y productoras de alcohol.



Actualmente es líder de la empresa de Consultorías Delfini y es asesor en proyectos industriales en Brasil y de otras empresas del exterior. El experto trató una gran variedad de temas referentes a la eficiencia y extracción de molinos; iniciando con las tecnologías de limpieza de caña, donde indicó la importancia actual de la limpieza en seco y expuso los diferentes diseños actualmente utilizados en Brasil para eliminación de impurezas minerales y vegetales, los cuales pueden ser funcionales a un futuro cercano en Guatemala con el aumento de la caña mecanizada.

Asimismo explicó acerca de los fundamentos de la molienda, enfatizando en la importancia de la preparación de caña para el mejoramiento de la extracción en molinos. En el transcurso del curso se evaluaron otros temas de valor como el control de alimentación y reabsorción en molinos, los parámetros principales de los settings, la maceración e imbibición, y algunas variables claves para el análisis de índices de eficiencia para evaluación del desempeño de los molinos.

El Dr. Fernando Medeiros es un Ingeniero Químico de la Universidad Federal de Pernambuco, cuenta con 36 años de experiencia en el proceso de fabricación del azúcar y es autor del libro "Proceso de fabricación de azúcar", utilizado como referencia en capacitaciones en ingenios de Brasil.

El Doctor brindó una breve introducción de los procesos de fabricación de azúcar iniciando con la calidad de la materia prima, tratamiento de jugo y finalizando con el tema de interés que era cristalización. De este último explicó los conceptos básicos, los parámetros de los tachos para lograr buenos cocimientos de las masas A, B y C y variables a ajustar para un mejor agotamiento de mieles. También durante toda la presentación se contó con una serie de imágenes que permitieron evaluar de manera visual y con datos cristalográficos las variables a considerar para una buena templa, facilitando así el aprendizaje del tema.

Agradecemos la participación de todos los técnicos azucareros que atendieron el curso, las casas comerciales Praisá, Wet Chemical de Guatemala S. A, Sigma, ATS, Elliot, Maquinsa, Armarsa, Cementos Progreso, Comercializadora Industrial, Intek y La Sirena que apoyaron la realización del mismo. Al ingeniero Milton Cifuentes de Ingenio La Unión, a CENGICAÑA incluyendo al programa de investigación industrial, por la cooperación en la organización del evento.



# III SEMINARIO AGRÍCOLA

La coyuntura social actual ha marcado una época en la historia de nuestro país, por ende nos marca un camino orientado a dar un paso muy importante hacia la práctica de la mecanización agrícola. Por esa razón la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) con el apoyo del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) organizó el III Seminario Agrícola “Eficiencia, calidad y manejo agronómico en el corte mecanizado”, el cual se realizó del 21 al 23 de septiembre del presente año en el auditorio de CENGICAÑA.

Dicho seminario contó con la participación de expositores de Guatemala, Estados Unidos y Brasil y se abordaron temas como: diseño de campo para cosecha mecanizada, cosecha en campos de surcos múltiples y estructuras de costos, calidad del corte en cosecha mecanizada, factores para aumentar la explotación de maquinaria, retos para campo en cosecha, mecanizada en verde, manejo pos cosecha en verde, estrategias de cosecha mecanizada en





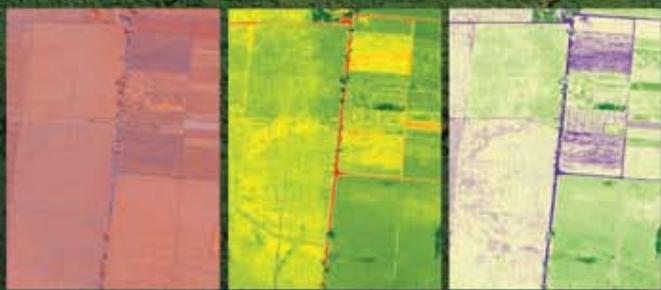
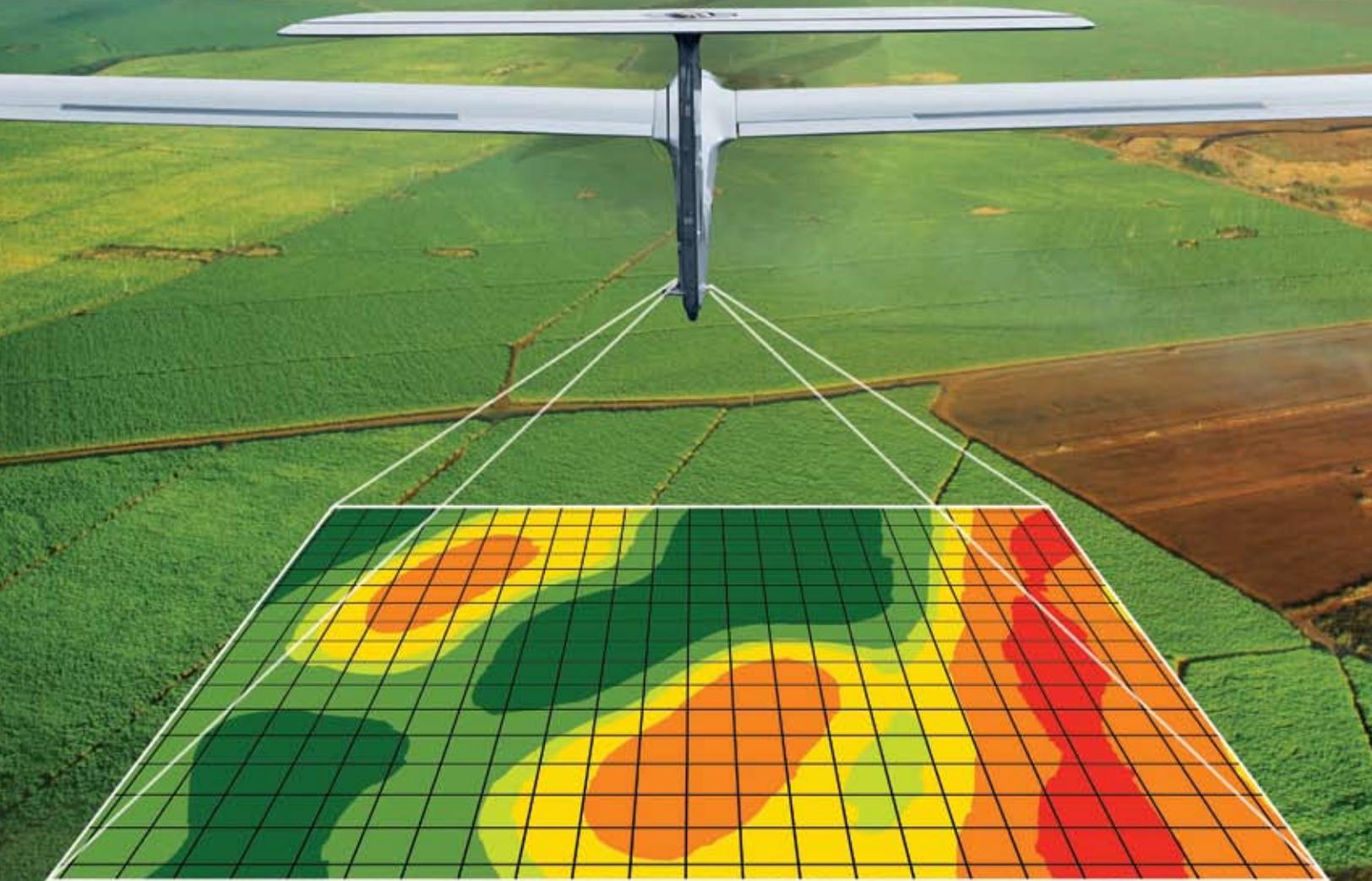
campos de alta biomasa, entre otros. Además se tuvo la participación de técnicos de la agroindustria azucarera guatemalteca que expusieron sus experiencias y proyección a corto, mediano y largo plazo de estos nuevos retos.



El evento contó con la participación de 150 técnicos de los diferentes ingenios de Guatemala, además de técnicos de Brasil, Belice, El Salvador, Honduras, México y Nicaragua, quienes mostraron con su participación y múltiples preguntas a los expositores, la relevancia de los temas tratados en dicho evento. También se hicieron presentes casas comerciales afines a la agroindustria, quienes exhibieron sus productos y servicios en el área destinada para ello. Al finalizar el evento varios participantes expresaron su agrado por el nivel profesional expuesto, ya que a pesar de la naturaleza de los temas, se logró desarrollar con total imparcialidad y con argumentos científicos, económicos y sociales que respaldaban los trabajos presentados.

Finalmente se agradece a las empresas copatrocinadoras del evento: Coguma, Arysta, Agrocentro, Syngenta, Foragro y Netcore. Los cuáles dan muestra de la calidad de los eventos organizados por ATAGUA para los técnicos azucareros de la región.

# INNOVACIÓN EN INTELIGENCIA AGRÍCOLA



Somos una empresa guatemalteca pionera a nivel mundial en la operación de vehículos aéreos no tripulados para la obtención e interpretación de información agrícola por medio de fotografía aérea multispectral. Contamos con un equipo de profesionales expertos capaces de apoyar al desarrollo de la agricultura de precisión en la agroindustria guatemalteca.

Tel. +(502) 2300-5600 | [www.aerobots.gt](http://www.aerobots.gt) | [info@aerobots.gt](mailto:info@aerobots.gt)

Via 4 1-30 zona 4, Ed. Campus Tecnológico #305, Guatemala, Guatemala

**aerobots**