

## IMPACTO DE LA DIVERSIDAD AGROECOLÓGICA SOBRE EL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR<sup>1</sup>

**Randy Atencio<sup>2</sup>; François-Régis Goebel<sup>3</sup>; Abby Guerra<sup>4</sup>; Silvia López<sup>4</sup>**

### RESUMEN

*Diatraea tabernella* Dyar causa daños a la caña de azúcar atacando los tallos, provocando perforaciones internas y reduciendo así la producción de azúcar. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad sobre el porcentaje de entrenudos barrenados (% EB), parasitismo y producción de caña de azúcar asociados al barrenador del tallo *D. tabernella*. El estudio se realizó entre enero de 2015 y febrero de 2017 con la variedad comercial BT77-42 en tres zonas agroecológicas determinadas por la proximidad a la plantación de la caña de azúcar: Z1-Fuente de agua cercana, Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar. Se tomaron 100 tallos de caña de azúcar por tratamiento (3 hectáreas para cada tratamiento). Cada tallo se cortó longitudinalmente con un machete y se contó el número de entrenudos barrenados para determinar el % EB, donde también se midieron los parámetros agronómicos y de calidad del azúcar en períodos asignados. El estudio indica que considerando la media de los tres años la zona con el menor % EB durante ese período fue Z3-Cerca de manglar. La reducción de la producción de azúcar se relacionó con el % EB. *Cotesia flavipes* Cameron estuvo presente tanto en la temporada de cosecha como de crecimiento; fue el parasitoide más persistente de *D. tabernella* (+30%). Las plantaciones que mezclan la diversidad de zonas agroecológicas podrían tener efectos positivos en la mitigación de los ataques de los barrenadores.

**Palabras claves:** *Diatraea tabernella*, entrenudos barrenados, parasitismo, producción.

<sup>1</sup>Recepción: 20 de agosto de 2020. Aceptación: 3 de septiembre de 2020. Actividad de investigación dentro del convenio de colaboración CIRAD / Grupo CALESA (2014-2018).

<sup>2</sup>Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). e-mail: [randy.atencio@gmail.com](mailto:randy.atencio@gmail.com)

<sup>3</sup>Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), unidad AÏDA (Agroecología y Manejo Sostenible de Cultivos Anuales), Montpellier, Francia.

<sup>4</sup>Laboratorio de Biotecnología, Compañía Azucarera La Estrella S.A., Panamá (Grupo CALESA).



## IMPACT OF AGROECOLOGICAL DIVERSITY ON THE SUGARCANE STEM BORER

### ABSTRACT

*Diatraea tabernella* Dyar causes damage to the sugarcane stalks, causing internal perforations and reducing sugar production. The objective of this experiment was to determine the influence of diversity of agroecological zones within a locality on the percentage of bored internodes (% IB), parasitism and sugarcane production associated with the stem borer *D. tabernella*. The study was conducted from January 2015 to February 2017 with the commercial variety BT77-42, in three agroecological zones determined on the proximity of the planted sugarcane: Z1-Near water source, Z2-Within sugarcane field and Z3-Near mangrove. One hundred sugarcane stems were taken per treatment (3 hectares for each treatment). Each stem was longitudinally cut using a machete and the number of bored internodes were counted to determine the % IB, agronomic and sugar quality parameters were also measured in assigned periods. The three years average indicates that the zone with the least % IB during that period was the Z3-Near mangrove. The sugar production reduction was linked to the % IB. *Cotesia flavipes* Cameron was present during both harvesting and growing season; it was the most persistent parasitoid of *D. tabernella* (+30%). The sugarcane plantation with landscapes that mix diversity of agroecological zones could potentially have positive effects in the reduction of attacks by stem borers.

**Key words:** *Diatraea tabernella*, bored internodes, parasitism, production.

### INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es uno de los cultivos más importantes en Panamá, con más de 40 500 hectáreas plantadas en 2016 (INEC, 2017); teniendo un gran impacto en el contexto de la creación de empleos y la producción de azúcar, alcohol y derivados para el mercado interno y la exportación.

El cultivo implica la manipulación agronómica, la selección de variedades y el manejo del cultivo para lograr la productividad esperada. *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidoptera: Crambidae), *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae), *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae) y *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) se consideran en Panamá plagas importantes para la caña de azúcar (Esquivel, 1980; Narváez, 1989). Los barrenadores del tallo causan daños a la caña de azúcar al



atacar los tallos, causando perforaciones internas y reduciendo así la producción de azúcar (Gamonal, 1989; Chaves et al., 1999; Gómez et al., 2009).

### **Concepto de zonas agroecológicas y caña de azúcar**

La zona agroecológica es una unidad de mapeo de la tierra, definida en términos de clima, topografía, suelos y cobertura vegetal, con un potencial y límites de uso específicos para fines agrícolas (FAO, 1997). La delineación de estas áreas toma en cuenta la información sobre el clima, el suelo y las necesidades biofísicas del cultivo (Jiménez et al., 2004).

Por ejemplo, en México, la zonificación agroecológica funciona para ubicar el cultivo de la caña de azúcar en zonas potencialmente aptas y restringidas (Jiménez et al., 2004), donde en plantaciones dentro del Estado de Veracruz, obtuvieron una productividad un 12% más baja en relación con el potencial agroecológico, al no ser ubicadas en zonas agroecológicas adecuadas, bajo condiciones de ensayos realizados (Aguilar, 2014). La zona agroecológica puede influir en condiciones como la sequía y el riego de las plantaciones de caña de azúcar, según estudios realizados en México (Santillán-Fernández et al., 2016).

En Brasil la Zonificación Agroecológica de la Caña de Azúcar (ZAE Cana) permitió reducir o evitar el impacto ambiental negativo en términos de emisión de gases de efecto invernadero y degradación de la biodiversidad (Almeida, 2012), donde la zonificación agroecológica brasileña toma en cuenta solo algunos aspectos de los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad (Leopold, 2010).

En Colombia, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) analizó la producción de variedades de caña de azúcar y utilizó la diferenciación agroecológica para determinar productividad (baja, media, alta) de las mismas (González y Chavarro, 2010). En Venezuela, los estudios de caña de azúcar demuestran las diferencias en las zonas agroecológicas debido a la baja retención de humedad del suelo (Zérega y Hernández, 2005).

En Costa Rica, por ejemplo, los estudios sobre la zonificación agroecológica se orientaron a la combinación de tres variables: rendimiento potencial, condiciones climáticas



necesarias para la acumulación de sacarosa y clases de suelo (Rojas y Eldin, 1983). En Guatemala, se estudió la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar con parámetros de equilibrio hídrico y fertilidad del suelo (Villatoro et al., 2012).

La incidencia de barrenadores del tallo en la caña de azúcar y la distribución pueden variar considerablemente entre diferentes zonas ecológicas (Assefa et al., 2010; Rahman et al., 2013; Cherry et al., 2015) y la distribución geográfica de la estructura está influenciada por un número de factores asociados con cada ubicación (Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

Diversos estudios consideran el papel de los factores agroecológicos, incluidas las perturbaciones por los depredadores, los hospederos alternos y las condiciones fenológicas de cosecha, sobre las poblaciones de insectos en los tallos (Beuzelin, 2011).

Dentro los estudios orientados a la distribución de barrenadores de tallos de caña de azúcar dentro de zonas agroecológicas se encuentran por ejemplo los realizados en Bangladesh, dentro de 12 zonas agroecológicas, donde la incidencia y la distribución de los barrenadores varió significativamente entre las diferentes zonas, con la especie predominante de barrenador del tallo *Chilo tumidicostalis* Hampson con un 23-36% de infestación (Rahman et al., 2013).

Los factores inherentes a cada zona agroecológica pueden afectar la distribución y el ataque de los barrenadores de la caña de azúcar, tales como *D. saccharalis* (F.) y *Eoreuma loftini* (Dyar) que son plagas de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y arroz (*Oryza sativa* L.) (Beuzelin, 2011). Los impactos sobre la biodiversidad y el almacenamiento de carbono también se pueden utilizar para determinar la zonificación agroecológica (Chaplin-Kramer et al., 2015).

En Panamá se ha implementado la zonificación Agro-ecológica con enfoques tales como el utilizado por el Programa Nacional de Zonificación Agro-ecológica del MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) (MIDA, 2009) con resultados específicos por ejemplo para la zonificación de 20 especies de pastos y forrajes, todo ello enfocado dentro de un concepto de diversidad y productividad de zonas; pero existen otras opciones tales



como la Zonificación Agroecológica propuesta por Holdridge (1967), considerando regiones latitudinales y pisos altitudinales.

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad sobre el porcentaje de entrenudos barrenados (% E.B.), parasitismo y producción de caña de azúcar asociados al barrenador del tallo *D. tabernella*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio del estudio

El estudio se realizó en Compañía Azucarera La Estrella S.A. (Grupo CALESA), Natá, en Panamá desde enero de 2015 hasta febrero de 2017, que incluye los períodos de cosecha desde 2015 hasta 2017 y períodos de cultivo de caña de azúcar de 2015 y 2016, utilizando la variedad BT77-42. Durante los tres años del estudio se tuvo una precipitación promedio de 901,4 mm y una temperatura promedio de 27,5° C en la localidad seleccionada, considerando los datos proveídos por la estación meteorológica de grupo CALESA.

Según la Clasificación de Climas (según Köppen) la localidad del estudio se ubica dentro de un Clima Tropical de Sabana (Awi) con lluvias anuales generalmente inferiores a 1000 mm, dentro del Arco Seco de Panamá, cuya cobertura boscosa está dividida entre uso agropecuario, rastrojo y manglar (según Clasificación Boscosa y Uso de Suelo en el año 2008) (ANAM, 2009).

La localidad seleccionada para el estudio se ubica dentro del Bosque Seco Premontano según la Clasificación de Zonas de Vida según Holdridge y según la Capacidad de Uso de Suelo se clasifica como tipo VII (no arable, con limitaciones muy severas, apta para pastos, bosques de tierras de reservas) (ANAM, 2009). De igual manera el sitio de estudio se ubica dentro de una zona donde los suelos según el sistema de Taxonomía de Suelos son de predominancia del orden Alfisol (Villarreal et al., 2010).

Dentro del estudio se determinaron tres zonas agroecológicas dentro de una localidad con plantaciones de caña de azúcar con más de 100 años como monocultivo,



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

considerando para ello las características de la diversidad de cobertura vegetal (considerando el paisaje agrario (Altieri y Koohafkand, 2014), adaptando el concepto de zonificación agroecológica (ZAE) refiriéndose a la división de la superficie de la tierra en unidades más pequeñas con características similares (FAO, 1997).

Por ello se designaron tres zonas definidas para la localidad (Cuadro 1): Z1-Fuente de agua cercana (Figura 1), Z2-Campo interior (Figura 2) y Z3-Cerca de manglar (Figura 3), distribuidas dentro de una plantación de caña de azúcar seleccionada (Figura 4).

**Cuadro 1. Descripción de las tres zonas agroecológicas.**

Tratamiento	Descripción
Z1-Fuente de agua cercana	Territorio cercano a quebrada originada del Río Pocrí
Z2-Campo interior	Territorio cercano a campos centrales de Grupo CALESA, + de 100 años de producción.
Z3-Cerca de manglar	Territorio cercano al manglar marino costero, representado principalmente por las especies mangle prieto ( <i>Avicennia nitida</i> Jacq.), mangle blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn) y mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> L.) (Mack y Herrera, 2018).



**Figura 1. Z1-Fuente de agua cercana.**



**Figura 2. Z2-Campo interior.**



**Figura 3. Z3-Cerca de manglar.**



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)



**Figura 4. Disposición en campo dentro de la localidad de Natá (Google, 2020).**

#### **Variables de daño, parámetros agronómicos y calidad de azúcar**

Se tomaron 100 tallos por tratamiento (3 hectáreas por tratamiento). Se tomaron muestras de cinco grupos aleatorios de 20 tallos por cada tratamiento. Los tallos fueron tomados uno seguido de otro en línea recta en la fila. Se tomaron a 10 metros de la carretera principal y 10 filas desde la separación de cada parcela. Cada tallo se cortó longitudinalmente usando un machete para contar el número de entrenudos barrenados para obtener el porcentaje de entrenudos barrenados (% E.B.) y medir la longitud de los túneles (cm) dentro de cada entrenudo barrenado.

Para determinar el impacto en la calidad del azúcar y la biomasa, se tomaron muestras de tallo (tres réplicas de 5 tallos) de cada zona agroecológica. Se llevaron muestras de tallos al Laboratorio de Calidad Azucarera en CALESA para medir la calidad del azúcar y el rendimiento: Pol, Sacarosa, Brix, Pureza, rendimiento de fibra y azúcar ( $\text{tha}^{-1}$ ).



### Tasa de parasitismo

Se registró la longitud del tallo individual, peso del tallo, el diámetro y la tasa de parasitismo en el campo (huevos, larvas y pupas):

Parasitismo de huevos:(Número de huevos parasitados / huevos totales) X 100.

Parasitismo de larvas:(Número de larvas parasitadas / larvas totales) X 100.

Parasitismo de pupas:(Número de pupas parasitadas / pupas totales) X 100.

### Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) utilizando Statgraphics Plus 5 La tabulación de datos, el cálculo de porcentajes, los cuadros y los gráficos fueron realizados con el programa Microsoft Excel 2016.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Daño general

Durante la cosecha del año 2015, el % E.B. por larvas de *D. tabernella* (Figura 5, 6 y 7) fue significativamente mayor en la Z1-Fuente de agua cercana ( $1,96 \pm 4,35$ ). Durante el período de cosecha en 2016 no hubo diferencias significativas en las zonas agroecológicas. Durante el período de cosecha 2017 hubo diferencias significativas en las zonas agroecológicas siendo el más alto % E.B. en áreas Z1-Fuente de agua cercana ( $3,20 \pm 5,91$ ) y Z2-Campo interior ( $4,30 \pm 8,56$ ). La media de los tres años indica que la zona con el más bajo % E.B. fue Z3-Cerca de manglar ( $1,58$ ) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Porcentaje de entrenudos barrenados durante tres períodos de cosecha en tres zonas agroecológicas.**

Tratamiento	2015	2016	2017	X
Z1-Fuente de agua cercana	$1,96 \pm 4,35a^*$	$1,68 \pm 4,28$	$3,20 \pm 5,91ab$	2,28
Z2-Campo interior	$1,29 \pm 2,89b$	$1,59 \pm 4,39$	$4,30 \pm 8,56a$	2,39
Z3-Cerca de manglar	$1,21 \pm 2,70b$	$1,94 \pm 5,58$	$1,58 \pm 3,73b$	1,58
<i>p</i>	0,0000	0,9321	0,0101	0,31

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).







**Figura 5. Larva de *D. tabernella* (40 mm).**



**Figura 6. Larva de *D. tabernella* dentro de entrenudo de caña de azúcar.**



**Figura 7. Daño de *D. tabernella* dentro de tallos de caña de azúcar.**

Durante la cosecha se demostró que el % E.B. por barrenadores de caña de azúcar puede afectarse por diferencias en las zonas agroecológicas. Los resultados en el presente estudio indican que los % E.B. fueron significativamente más altos ( $P < 0,05$ ) en el año 2015 en la Z1-Fuente de agua cercana ( $1,96 \pm 4,35$ ), confirmando resultados en otras regiones cañeras, como por ejemplo en Bangladesh, que indican que la cercanía de las parcelas de caña a fuentes de pueden incrementar los daños de barrenadores en comparación con las zonas más próximas a monocultivo (Assefa et al., 2010; Rahmanl et al., 2013; Cherry et



al., 2015), incluyendo casos de reducción hasta de 1/3 de la producción atendiendo a la diferencia de las zonas agroecológicas.

### Variabes agronómicas durante la temporada de cosecha

Analizando las variables agronómicas, el tratamiento Z1-Fuente de agua cercana en términos de número de entrenudos (24,17±3,36), perforaciones por tallo (0,45±0,97) y % E.B. (1,96±4,35) fue estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) más alto que los otros 2 tratamientos durante la cosecha de 2015 (Cuadro 3).

Para las tres zonas agroecológicas analizadas durante la temporada de cosecha de 2016, no hubo diferencias significativas en las variables agronómicas (Cuadro 4).

Durante la cosecha de 2017, en cuanto a las variables altura, peso, diámetro base y diámetro medio del tallo provenientes de áreas Z3-Cerca de manglar, fueron diferentes y menos afectadas por las perforaciones y el % E.B. (1,58±3,73) (Cuadro 5). Dentro de Z2-Campo interior y Z1-Fuente de agua cercana se encontró un mayor % E.B.

**Cuadro 3. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2015 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	197,90±28,92b*	1,46±0,42	2,84±0,45b	2,78±0,37b	24,17±3,36a	0,45±0,97a	1,96±4,35a	1,1±4,01	0,58±2,10
Z2-Campo interior	207,46±23,99a	1,47±0,43	2,88±0,43b	2,78±0,40b	24,19±3,40a	0,29±0,64b	1,29±2,89b	0,89±3,55	0,44±1,78
Z3-Cerca de manglar	197,25±22,71b	1,46±0,41	2,93±0,41a	2,84±0,37a	23,57±3,45b	0,27±0,58b	1,21±2,70b	0,89±4,46	0,47±2,36
<i>p</i>	0,0000	0,8579	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,4423	0,3219

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

**Cuadro 4. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha 2016 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	211,96±29,77	1,70±0,47	3,34±0,48	3,33±0,41	25,35±5,61	0,36±0,83	1,68±4,28	4,68±12,18	2,45±6,98
Z2-Campo interior	206,06±28,81	1,61±0,63	3,36±0,58	3,50±0,48	24,94±4,36	0,32±0,84	1,59±4,39	3,84±11,02	2,10±5,99
Z3-Cerca de manglar	214,32±30,30	1,53±0,43	3,44±0,52	3,48±0,40	24,50±4,55	0,34±0,89	1,94±5,58	4,7±12,80	2,31±6,37
<i>p</i>	0,3593	0,2432	0,5962	0,1083	0,6865	0,9731	0,9321	0,9201	0,9643

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

**Cuadro 5. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2017 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (Kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	149,64±23,59c*	1,30±0,58b	2,89±0,58a	2,52±0,48b	17,78±3,99	0,49±0,86ab	3,20±5,91ab	3,93±8,09	2,74±5,82b
Z2-Campo interior	164,89±42,66b	1,42±0,78b	2,69±0,63b	2,55±0,81ab	17,20±4,77	0,59±1,09a	4,30±8,56a	3,99±8,29	2,67±5,61b
Z3-Cerca de manglar	176,31±30,68a	1,72±0,51a	2,99±0,55a	2,70±0,42a	17,62±3,38	0,26±0,59b	1,58±3,73b	2,18±5,67	1,25±3,35a
<i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0016	0,0602	0,5878	0,0246	0,0101	0,1478	0,0623

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

Las variables agronómicas de altura, peso de tallos y diámetro son afectadas igualmente por las zonas agroecológicas, un incremento a la cercanía de fuentes de agua permite incrementar el número de entrenudos que igualmente potencia el incremento de % E.B., pero la cercanía de diversidad de un ecosistema como el de los manglares (Z3-Cerca de manglar) puede tener un impacto en el % E.B. y el largo de las galerías perforadas dentro de los tallos, potencialmente relacionado al establecimiento en dichas condiciones de enemigos naturales de barrenadores de los tallos, como los aspectos planteados a servicios de ecosistema y biodiversidad relacionados a zonas agroecológicas planteados en Brasil (Leopold, 2010).

### Parámetros de calidad del azúcar durante las temporadas de cosecha

Durante la temporada de cosecha 2015 hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las zonas agroecológicas, destacando el tratamiento Z3-Cerca de manglar con las variables del contenido de azúcar de Pol, Brix, Sacarosa, Fibra (%) y tonelaje de azúcar ( $7,89 \pm 0,59 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha 2015 (media (± SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	64,66±6,98ab*	18,76±1,63b	15,57±1,58b	0,81±0,23	14,32±1,83a	7,27±0,82b
Z2-Campo interior	61,10±6,20b	17,84±1,48c	14,83±1,42b	0,74±0,30	13,33±1,53b	6,93±0,73b
Z3-Cerca de manglar	66,45±12,17a	19,60±1,02a	16,67±1,06a	0,80±0,40	13,67±0,91ab	7,89±0,59a
<i>p</i>	0,0846	0,0001	0,0000	0,6366	0,0599	0,0000

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

Durante la temporada de cosecha 2016 y 2017, no hubo diferencias significativas en los tratamientos en términos de variables de contenido de azúcar (Cuadros 7 y 8).

**Cuadro 7. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2016 (media ( $\pm$  SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	71,22 $\pm$ 7,16	20,13 $\pm$ 1,55ab*	17,12 $\pm$ 1,61	84,81 $\pm$ 3,37	13,29 $\pm$ 1,44	8,09 $\pm$ 0,91
Z2-Campo interior	68,81 $\pm$ 6,84	19,52 $\pm$ 1,55b	16,51 $\pm$ 1,39	84,62 $\pm$ 3,42	13,50 $\pm$ 1,06	7,79 $\pm$ 0,74
Z3-Cerca de manglar	71,89 $\pm$ 7,55	20,31 $\pm$ 1,49a	17,26 $\pm$ 1,72	84,89 $\pm$ 2,88	13,72 $\pm$ 1,33	8,16 $\pm$ 0,95
<i>p</i>	0,2236	0,1162	0,1561	0,9444	0,436	0,2108

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.

**Cuadro 8. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2017 (media ( $\pm$  SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	69,95 $\pm$ 10,14	19,90 $\pm$ 2,45	16,83 $\pm$ 2,25	84,34 $\pm$ 2,49	13,87 $\pm$ 0,80	8,57 $\pm$ 1,21
Z2-Campo interior	69,18 $\pm$ 9,47	19,87 $\pm$ 2,55	16,63 $\pm$ 2,10	83,95 $\pm$ 1,98	13,87 $\pm$ 0,96	8,42 $\pm$ 1,07
Z3-Cerca de manglar	67,48 $\pm$ 7,54	19,07 $\pm$ 1,78	16,31 $\pm$ 1,70	85,46 $\pm$ 2,59	13,85 $\pm$ 0,99	8,35 $\pm$ 0,94
<i>p</i>	0,75	0,5325	0,7755	0,2059	0,9976	0,8527

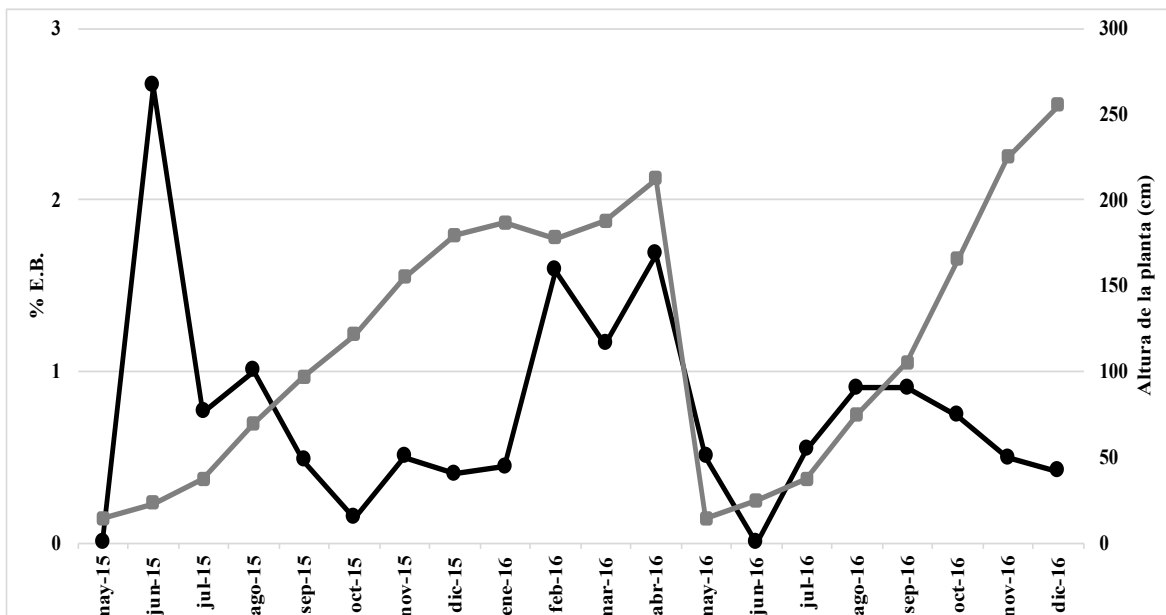
\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.

En cuanto a las variables de calidad de azúcar, no hubo diferencia significativa en la producción de azúcar en dos años de producción (2016-2017), dando como resultado que la relación de entrenudos afectados en el mismo período aclara más el efecto del barrenador sobre los campos de producción evaluados; en el año 2015 se incrementó el contenido de azúcar de Pol, Brix, Sacarosa, Fibra (%) y tonelaje de azúcar en la zona de producción (Z3-Cerca de manglar), aunque el tonelaje de caña en campo puede ser similar para las tres condiciones que se estudiaron; si consideremos este planteamiento, experiencias en Colombia en la producción en diferentes zonas agroecológicas brinda opciones de manejo para el incremento de azúcar en fábrica (González y Chavarro, 2010).

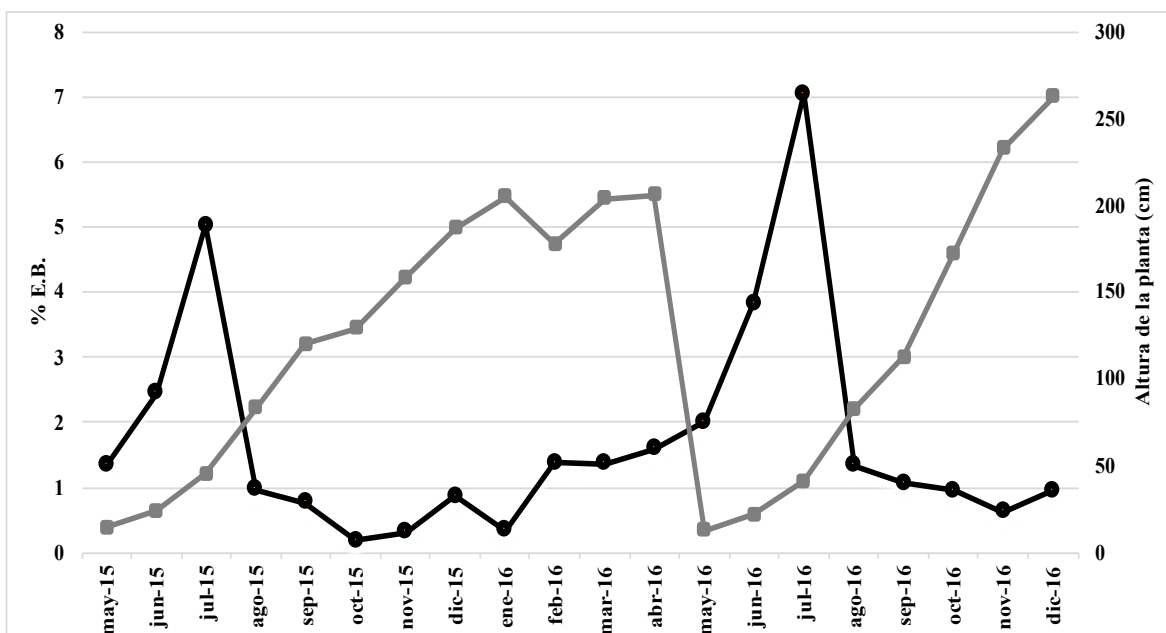


### Porcentaje de entrenudos barrenados en comparación con la altura de la planta

La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en la Z1-Fuente de agua cercana mostró que el % E.B. es mayor (en junio de 2015: 2,67%) cuando la altura del tallo es inferior a 100 cm y la planta tiene menos de cuatro meses de edad (Figura 8).

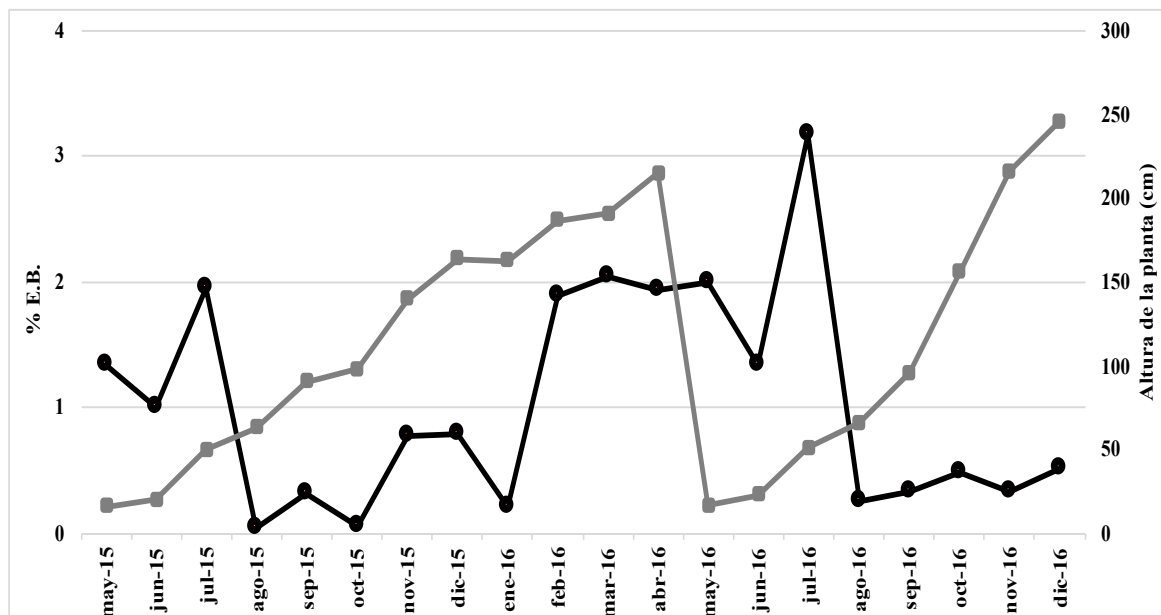


La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en la Z2-Campo interior mostró que el % E.B. es mayor (en julio de 2016: 7,04%) cuando la altura del tallo era inferior a 100 cm y la planta tenía menos de 4 meses de edad (Figura 9).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en Z3-Cerca de manglar mostró que el % E.B. es mayor (en julio de 2016: 3,18%) cuando la altura del tallo es inferior a 100 cm y la planta también tiene menos de 4 meses de edad (Figura 10).



Los resultados indican que las oportunidades para el manejo de los barrenadores son mayores en la medida que ciertas condiciones ambientales o de biodiversidad permitan limitar el establecimiento de los barrenadores, por tanto, en la medida que esas condiciones estén presentes durante los primeros cuatro meses de crecimiento de la caña el % de E.B. podría limitarse. Dicho planteamiento ha tenido efectos en los estudios relacionados a épocas de siembra e impacto de la biodiversidad establecida en cultivos de caña de azúcar y arroz (Beuzelin, 2011; Pomar, 2015; Chaplin-Kramer et al., 2015).

Un campo de producción con mayor cantidad de hectáreas como monocultivo, facilita hasta cierto punto el establecimiento de los barrenadores incrementando el % E.B.

### Tasa de parasitismo

#### Tasa de parasitismo en *D. tabernella* durante las temporadas de cosecha

La tasa de parasitismo más alta se encontró con *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) (50%) (parasitoide de larvas natural) (Figura 11 y 12) en la



zona Z2-Campo interior y con *Tetrastichus howardi* Olliff (Hymenoptera:Eulophidae) (50%) (parasitoide de pupas liberado) (Figura 13 y 14) en la zona Z3-Cerca de manglar (Cuadro 9). Durante los muestreos no se encontró parasitismo sobre huevos.

La zona Z1-Fuente de agua cercana presento la presencia de *Lixophaga diatraeae* (Townsend) (Diptera:Tachinidae) (parasitoide de larvas liberado) (33,33%) (Figura 15). Durante la temporada de cosecha 2015, se encontró tres especies de parasitoide *Billaea claripalpis* Wulp (Diptera:Tachinidae) (parasitoide de larvas natural), *Lixophaga diatraeae* y *Tetrastichus howardi* en Z3-Cerca de manglar, aunque la tasa final de parasitismo fue baja (21,43%).

**Cuadro 9. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha 2014-2015.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	33,33	0,00	0,00	33,33	0,00
Z2-Campo interior	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	21,43	0,00	8,33	8,33	50,00

Durante la temporada de cosecha 2016, se encontró parasitismo (natural) por *C. flavipes* (50%) y *L. diatraeae* en el Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha de caña de azúcar 2015-2016.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z2-Campo interior	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00

Durante la temporada de cosecha de 2017, el mayor porcentaje de parasitismo se encontró en el área Z1-Fuente de agua cercana (75%), donde se colectaron las cuatro especies de parasitoides (Cuadro 11).



**Cuadro 11. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha de caña de azúcar 2016-2017.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	75,00	25,00	25,00	25,00	0,00
Z2-Campo interior	20,00	14,29	0,00	0,00	33,33
Z3-Cerca de manglar	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00



**Figura 11. Adulto de *Cotesia flavipes* Cameron (2 mm).**



**Figure 12. *C. flavipes* parasitando *D. tabernella*.**



**Figura 13. Adulto de *Tetrastichus howardi* Ollif (2 mm).**



**Figura 14. Pupa de *D. tabernella* parasitada con *Tetrastichus howardi*.**







**Figura 15. *Lixophaga diatraeae* (Townsend) adulto (6 mm).**

Durante la temporada de cosecha se determinó la presencia de cuatro parasitoides de manera general en las zonas de estudio incluyendo *Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae*, *Billaea claripalpis* y *Tetrastichus howardi*, que evidencia que existen enemigos naturales, pero esta biodiversidad se incrementa en los bordes del monocultivo impactando el % E.B.; que es la idea central del establecimiento de estudios sobre el papel de factores agroecológicos sobre poblaciones de insectos en los tallos y el impacto de los enemigos naturales (Beuzelin, 2011; Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

#### **Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar**

Durante el período de crecimiento de 2015 de la caña de azúcar, la mayor tasa de parasitismo se encontró en el Z2-Campo interior con (33,33%) con dos especies, incluidas *C. flavipes* y *B. claripalpis* (Cuadro 12). Durante los muestreos no se encontró parasitismo sobre huevos.

#### **Cuadro 12. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar en 2015.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	30,00	30,00	0,00	0,00	0,00
Z2-Campo interior	33,33	16,67	16,67	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	16,67	25,00	0,00	0,00	0,00



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

Durante el período de crecimiento de 2016 de la caña de azúcar, el mayor parasitismo se encontró en la zona Z1-Fuente de agua cercana (45,45%), donde se colectaron tres especies, incluyendo *C. flavipes*, *B. claripalpis* y *L. diatraeae* (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar en 2016.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	45,45	36,36	0,00	9,09	0,00
Z2-Campo interior	12,50	6,25	6,25	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	9,09	9,09	0,00	0,00	0,00

Durante la temporada de crecimiento la presencia de tres parasitoides en las zonas de estudio incluyendo *Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae* y *Billaea claripalpis* (parasitoides de larvas) indica que existen enemigos naturales, pero la presencia de parasitismo se concentró principalmente en la zona central del cultivo y fuentes cercanas de agua, siendo menor en la zona cercana de manglar justificada en el hecho de un bajo % E.B. relacionado a el papel de factores agroecológicos planteados sobre las poblaciones de insectos en los tallos y la perturbación por enemigos naturales (Beuzelin, 2011; Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

## CONCLUSIÓN

Esté estudio demostró que la diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad, incluyendo Z1-Fuente de agua cercana, Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar, influyen sobre el % E.B., las variables agronómicas, el contenido azucarero, ataques a una altura determinada de la caña de azúcar y parasitismo asociados al barrenador del tallo *D. tabernella* presentes dentro del cultivo de caña de azúcar. Para el caso del parasitismo, no se encontró parasitismo sobre huevos; concentrándose principalmente en tres especies (*Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae* y *Billaea claripalpis*) sobre larvas y una especie (*Tetrastichus howardi*) parasitando pupas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, N. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova Scientia*, 6(12): 125-161. [doi 10.21640/ns.v6i12.37](https://doi.org/10.21640/ns.v6i12.37)
- Almeida, M. 2012. Analyzing the Brazilian Sugarcane Agroecological Zoning Is this government policy capable of avoiding adverse effects from land-use change? A 90-point thesis submitted to the Victoria University of Wellington, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Environmental Studies. 141 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/41337715.pdf> (consultado 15 nov. 2017).
- Altieri, M., y P. Koohafkand. 2014. SIPAM: un legado mundial de paisajes agrícolas notables. *LEISA, Revista de Agroecología*, 30(3): 6-8. <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol30n3.pdf> (consultado 12 ago. 2020).
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2009. Atlas de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá. Unidad de Cambio Climático y Desertificación. Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (CONALSED). Proyectos Editoriales – Panamá. 78 p. [https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land\\_degradation/pa/ATLAS\\_DESERTIFICACION.pdf](https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf) (consultado 15 ago. 2020).
- Assefa, Y., D.E. Conlong, J. Van Den Berg, and A. Mitchell. 2010. Distribution of sugarcane stem borers and their natural enemies in small-scale farmers' fields, adjacent margins and wetlands of Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, 56(3): 233-241. <https://doi.org/10.1080/09670870903470223>
- Beuzelin, J.M. 2011. Agroecological factors impacting stem borer (Lepidoptera: Crambidae) dynamics in Gulf Coast Sugarcane and Rice. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the formal requirements for the degree of Doctor of Philosophy in The Department of Entomology. 213 p. [https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2674&context=gradschool\\_dissertations](https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2674&context=gradschool_dissertations) (consultado 25 jul. 2017).



- Chaplin-Kramer, R., R.P. Sharp, L. Mandle, S. Sim, J. Johnson, I. Butnar, L.I.M. Canals, B.A. Eichelberger, I. Ramler, C. Mueller, N. McLachlan, A. Yousefi, H. King, and P.M. Kareiva. 2015. Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(24):7402–7407. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406485112>
- Chaves, M., A. Rodríguez, J. Salazar, y C. Sáenz. 1999. Plagas y fitosanidad de la caña de azúcar en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agrónomo / V Congreso Nacional de Entomología. Resumen 115. p. 129. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-II\\_129.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-II_129.pdf) (consultado 25 jul. 2017).
- Cherry, R.H., G.S. Nuessly, and H.S. Sandhu. 2015. Insect Management in Sugarcane. Department of Entomology, UF/IFAS Extension. ENY-406 (IG065). 7 p. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IG/IG06500.pdf> (consultado 20 sept. 2017).
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). 2017. Resultados de la encuesta sobre la superficie sembrada y cosecha de Café y Caña de Azúcar y producción de Miel y Panela año agrícola 2016/17. Contraloría General de la República de Panamá. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=865&ID\\_CATEGORIA=4&ID\\_SUBCATEGORIA=12](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=865&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=12) (consultado 20 sept. 2018).
- Esquivel, R.E.A. 1980. Basic studies on sugarcane resistant varieties to the giant borer (*Castnia licus* Drury) in Panama. *Entomology Newsletter, International Society of Sugarcane Technologists*, 8: 8-9.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de suelos Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO-Roma. Boletín de Suelos de la FAO 73. <https://www.bivica.org/files/zonificacion-agro-ecologica.pdf>
- Gamonal, H. 1989. El barrenador gigante de la caña de azúcar: *Castnia licus* (Lepid.: Castniidae). *Revista Peruana de Entomología*, 32: 47-49. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/930/899>



Google. 2020. Mapa de Natá. <https://www.google.com.pa/maps/place/Nat%C3%A1/@8.2840799,-80.5171895,2819m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8fadcb0c5c985455:0x819c87080d459db8!8m2!3d8.3029735!4d-80.4326521?hl=es-419>

Gómez, L.A., E.M. Quintero, J.A. Jurado, V. Obando, J.E. Larrahondo, y A. González. 2009. Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. En: Memorias, VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), Cali, Colombia. p.136-143.

González, A., y L.M. Chavarro. 2010. Evaluación de la producción de caña de azúcar a partir de herramientas de agricultura específica por sitio. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (Universidad del Valle Cali, Colombia), 9(enero-diciembre),61-68. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/3463/09Art09.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado 10 sept. 2019).

Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: Ecología Basada en Zonas de Vida, la. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982.

Jiménez, A., V. Vargas, W.E. Salinas, M.J. Aguirre, y D. Rodríguez. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 53: 58-74. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/30203/28063>

Joyce, A.L., W.H. White, G.S. Nuessly, M.A. Solis, and S.J. Scheffer. 2014. Geographic Population Structure of the Sugarcane Borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), in the Southern United States. PLoS ONE.9(10). e110036. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110036>

Leopold, A. 2010. TEEBcase: Agroecological Zoning, Brazil. Retrieved from <http://www.teebweb.org/> (consultado 10 jun. 2017).



- Lopes, D.A., L.B. Cantagalli, A.L.P.B. Stuchi, C.A. Mangolin, and M.C.I.C. Ruvolo-Takasusuki. 2014. Population genetics of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36(2): 189-194. <https://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.16211>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2009. Resultado de la Zonificación Agroecológica de 20 Especies de Pastos en la República de Panamá. Programa Nacional de Zonificación Agro-ecológica. MIDA / FAO. 139 p. [https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/resultado\\_%5B1%5D.pdf](https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/resultado_%5B1%5D.pdf) (consultado 17 ago. 2020).
- Mack, M., y K. Herrera. 2018. Simulación: Análisis de la Diversidad Biológica en Sistemas Ecológicos Marino-Costeros Tropicales. *Vita Scientiis FBSP*, 1: 46-52. <http://mail2.udelas.ac.pa/site/assets/files/4288/simulacion.pdf>
- Narváez, L. 1989. Caña de Azúcar. In: K. Andrews, J. Quezada, editores. Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 623 p.
- Pomar, D.M. 2015. Incidencia de los factores fenológicos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la presencia de *Diatraea* spp. en el Valle del Rio Cauca durante los primeros seis meses de crecimiento del cultivo. Santiago, Cali. 43 p. <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/8257/1/T06210.pdf>
- Rahman, M.A., M.S. Noman, M.A. Maleque, M.Z. Alam, S. Afroz, and M.K.A. Chowdhury. 2013. Identification and Distribution of Sugarcane Stem Borer in Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 11(2): 103-116. <https://doi.org/10.3329/sja.v11i2.18406>
- Rojas, O.E., y M. Eldin. 1983. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica. *Turrialba (IICA)*, 33(2): 151-160. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9068>



- Santillán-Fernández A., V.H. Santoyo-Cortés, L.R. García-Chávez, I. Covarrubias-Gutiérrez, I., and Merino, A. 2016. Influence of drought and irrigation on sugarcane yields in different agroecoregions in Mexico. *Agricultural Systems*,143: 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.013>
- Vargas G., Gomez, L., and Michaud, J.P. 2015. Sugarcane Stem Borers of the Colombian Cauca River Valley: Current Pest Status, Biology, and Control. *Florida Entomological Society*, 98(2): 728-735. <https://doi.org/10.1653/024.098.0249>
- Villatoro, B., O. Pérez, A. Suárez, O. Castro, M. Rodríguez, y C. Ufer. 2012. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala – primera aproximación. <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/func-startdown/137/>
- Villarreal, J.E., L. Agudo, y J. Villalaz. 2010. Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias, 2010. [doi:10.13140/RG.2.1.1599.7844](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1599.7844)
- Zérega, L., y T. Hernández. 2005. Caracterización agroecológica de siete localidades con producción de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el estado Yaracuy. *Revista Digital CENIAP HOY* (Maracay, Aragua, Venezuela).9(septiembre-diciembre). [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/zerega\\_l/arti/zerega\\_l.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/zerega_l/arti/zerega_l.htm)

### AGRADECIMIENTOS

SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación), CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo) y Grupo CALESA (Compañía Azucarera la Estrella, S.A.) por proveer soporte técnico y logístico durante la ejecución del estudio.

