

# Efecto del estrés hídrico en el barrenador (*Eoreuma loftini* Dyar) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

Effect of water stress on the borer (*Eoreuma loftini* Dyar) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

José Reyes-Hernández<sup>1</sup> , Juana María Coronado-Blanco<sup>1\*</sup> ,  
Luis Ángel Rodríguez-del Bosque<sup>2</sup> , Andrey Ivanovich Khalaim<sup>1</sup> , Benigno Estrada-Drouaillet<sup>1</sup> ,  
Reyna Ivonne Torres-Acosta<sup>3</sup> , Zoila Reséndiz-Ramírez<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Adolfo López Mateos, 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Av. Progreso 5, Barrio de Santa Catarina, 04010, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Boulevard Enrique Cárdenas González núm. 1201, Col. Jardín, 89840, El Mante, Tamaulipas, México.

\*Autor para correspondencia: jmcoronado@docentes.uat.edu.mx

## Fecha de recepción:

11 de agosto de 2022

## Fecha de aceptación:

26 de mayo de 2023

## Disponible en línea:

5 de julio de 2024

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



## Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

## RESUMEN

El estrés hídrico y el calentamiento global constituyen un factor limitante para la producción agrícola. Los cambios en la temperatura, las precipitaciones y los niveles de CO<sup>2</sup> afectan la distribución de patógenos, insectos y malezas y su competitividad con la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto del daño por barrenador del tallo en ocho variedades de caña de azúcar, en un periodo de cinco años (entre 2017 y 2021), en la región de El Mante, Tamaulipas, México, y su relación con la concentración de sacarosa (%), además de considerar el efecto de las condiciones climáticas como la temperatura y la precipitación pluvial sobre la incidencia de barrenador y el contenido de sacarosa en caña de azúcar. Para este estudio se obtuvieron muestras al azar de 20 tallos primarios de caña por cada variedad para contabilizar el número de entrenudos dañados y la concentración de sacarosa. El experimento se analizó mediante un modelo de regresión lineal simple para el daño de barrenador y la sacarosa, y un modelo de regresión múltiple para la comparación de ambas variables con la temperatura y la precipitación. Los resultados indican que, en cuanto a la concentración de sacarosa (%) y la precipitación pluvial (mm), se observó una relación lineal con el daño de barrenador; por otra parte, no se encontró relación en la interacción temperatura y precipitación con respecto al daño de barrenador y el contenido de sacarosa. Se concluye que el daño de barrenador tiene un efecto negativo sobre el contenido de sacarosa y positivo sobre la precipitación, además de que la interacción temperatura y precipitación no incide significativamente sobre el daño de barrenador y el contenido de sacarosa.

## PALABRAS CLAVE

Sacarosa, daño, precipitación pluvial, temperatura, Tamaulipas.

## ABSTRACT

Water stress and global warming constitute a limiting factor for agricultural production. Changes in temperature, precipitation and CO<sup>2</sup> levels affect the distribution of pathogens, insects, and weeds, and their competitiveness with sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). The objective of this research was to evaluate the impact of stem borer damage on eight sugarcane varieties over a five-year period (between 2017 and 2021), in El Mante region, Tamaulipas, Mexico, and its relationship with the concentration of sucrose (%), in addition to considering the effect of climatic conditions such as temperature and rainfall on the incidence of borer and the sucrose content in sugarcane. For this study, random samples of 20 primary cane stems were obtained for each

variety to count the number of damaged internodes and the sucrose concentration. The experiment was analyzed using a simple linear regression model for borer damage and sucrose, and a multiple regression model for the comparison of both variables with temperature and precipitation. The results indicate that in terms of sucrose concentration (%) and rainfall (mm), a linear relationship was observed with borer damage; on the other hand, no relationship was found in the interaction of temperature and precipitation with respect to the borer damage and sucrose content. It is concluded that borer damage has a negative effect on sucrose content and a positive effect on precipitation, in addition to the fact that the temperature and precipitation interaction do not significantly affect borer damage and sucrose content.

#### KEYWORDS

Sucrose, damage, rainfall, temperature, Tamaulipas.

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento global —es decir, el cambio en los patrones climáticos a largo plazo— se ha considerado como una amenaza futura para la seguridad alimentaria mundial; es una expresión de la naturaleza —con variaciones más aceleradas y extremosas, sobre todo en la temperatura y la precipitación pluvial—, así como de la actividad humana, que se ha incrementado en los últimos años, lo cual genera una situación de alarma para las próximas décadas (Srivastava y Rai 2012). El cambio climático es el resultado de la interacción de varios procesos entre los que se encuentran las variaciones de la temperatura del ambiente como consecuencia de la elevada concentración de los gases de efecto invernadero (Shahzad et al. 2021).

El nivel actual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera es de 401.03 ppm y aumenta a razón de 2 ppm por año, mientras que el límite superior de seguridad en la atmósfera es de 350 ppm (alcanzado a principios de 1988). Concentraciones superiores de CO<sub>2</sub> en la atmósfera disminuyen hasta 20 por ciento la disponibilidad de fósforo en los suelos agrícolas (Misra et al. 2019); como consecuencia, se estima el incremento en las temperaturas entre 0.4 °C y 1.8 °C en los próximos años, con cambios más pronunciados en áreas tropicales y con afectaciones a la productividad agrícola y a la seguridad alimentaria (Valencia et al. 2021).

Se han observado aumentos en la incidencia de plagas en los sistemas agrícolas asociados al cambio climático, principalmente, en eventos de sequías pro-

longadas, cuyo estrés hídrico de los cultivos favorece la oviposición en sus hojas y el incremento del daño de insectos nocivos; asimismo, huracanes y lluvias intensas fuera de temporada provocan la emergencia de huevecillos invernantes de insectos plaga (Valencia et al. 2021). Los cambios en la dinámica poblacional de las plagas a menudo ocasionan un incremento poblacional de éstas, lo que contribuye al aumento de pérdidas económicas en la producción agrícola, y obliga al uso de insecticidas que generalmente no resuelven el problema (Vázquez 2011).

La temperatura puede considerarse como la variable más importante en la respuesta de los insectos, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) y *Eoreuma loftini* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) son plagas importantes de la caña de azúcar, con temperaturas óptimas entre 28 °C y 35 °C, respectivamente. Con el incremento de la temperatura, se reduce el nicho de población de *D. saccharalis*, pero aumenta el de *E. loftini*, por lo que se espera un impacto sobre la dinámica de la infestación de estos insectos hacia la caña de azúcar (Valencia et al. 2021). A pesar de que existe un gran número de estudios sobre la biología y el manejo integrado de plagas de la caña de azúcar, falta información sobre su ecología y dinámica poblacional, particularmente con los efectos del cambio climático sobre la distribución de los barrenadores (*Diatraea* sp.) del tallo de la caña de azúcar (Showler 2019).

El cambio climático y el estrés hídrico afecta indirectamente a la caña de azúcar por el aumento en las poblaciones de plagas (Showler 2016); como consecuencia, se ha propiciado la expansión de *E. loftini*,

considerada la plaga más importante de la caña de azúcar (Showler 2019; Wilson et al. 2015). La sequía prolongada favorece una mayor abundancia de tejido foliar seco en el cultivo y, consecuentemente, un mayor número de huevecillos del barrenador del tallo de entre 82.8 por ciento y 90.2 por ciento (Showler y Castro 2010).

Las larvas del barrenador causan un daño significativo al formar túneles dentro del tallo, lo que puede causar una pérdida de peso del tallo y de rendimiento de sacarosa (Srivastava y Rai 2012), así como la muerte de la planta (Showler y Castro 2010). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del estrés hídrico en la dinámica poblacional de los barrenadores del tallo (*Diatraea-Eoreuma*) de la caña de azúcar, además de su impacto sobre la producción de caña y la recuperación de azúcar, bajo la hipótesis de que las variaciones climáticas —principalmente temperatura y precipitación— propiciadas por el calentamiento global inciden en cambios sobre las poblaciones de los barrenadores del tallo y el contenido de sacarosa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y descripción del sitio experimental

La evaluación se realizó durante los ciclos del cultivo 2017-2021, en la región cañera del municipio de El Mante, Tamaulipas, México (22° 43' 00" N y 98° 59' 34" O, 84 msnm). Del suelo, 80 por ciento es clasificado como vertisol, con textura arcillosa, pH de 8.2 y elevada cantidad de carbonatos de calcio. El clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen, es del tipo Aw<sub>0</sub> (Vargas et al. 2007), correspondiente a cálido subhúmedo y es caracterizado por una precipitación pluvial y una temperatura atmosférica media anual de 1,053.7 mm y 24.6 °C, respectivamente. La precipitación promedio mensual que se registró durante el periodo de estudio se muestra en la Figura 1, mientras que en la Figura 2 se ilustran las condiciones de temperatura y precipitación promedio anual que prevalecieron durante el periodo de estudio. La temperatura se obtuvo de la estación meteorológica del Ingenio El Mante, en tanto que la precipitación, de los pluviómetros ubicados en la zona de estudio.

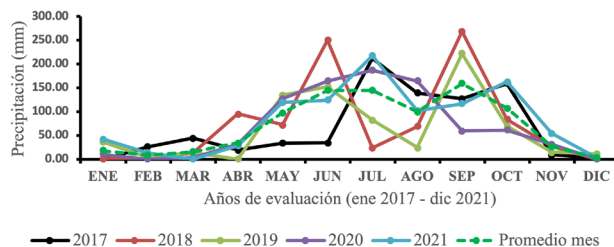


Figura 1. Precipitación promedio mensual (mm) registrada durante el periodo de evaluación 2017-2021.

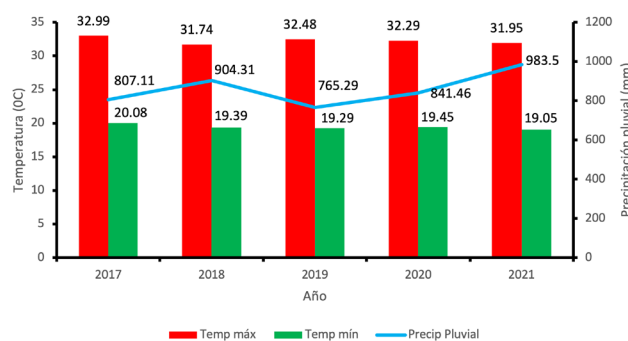


Figura 2. Climograma del sitio experimental con la precipitación pluvial (mm) y las temperaturas máximas (T máx) y mínimas (T mín) medias anuales que se registraron durante el periodo de evaluación (2017-2021).

### Evaluación experimental

El grupo de estudio fueron las variedades de caña de azúcar cultivadas entre 2017 y 2021 (MEX 95-59, MEX 96-60, XMEX 91-917, CP 72-2086, IMMEX 98-13, IMMEX 91-589 y MEX 68-1345). La evaluación se realizó considerando el daño de barrenador y la sacarosa de cada una de las variedades como las variables de respuesta o variables dependientes, y la temperatura y precipitación promedio de cada año como covariables o variables independientes.

### Daño de barrenador

Se cuantificó el porcentaje de intensidad de daño de barrenador (% ID) por variedad de caña de azúcar durante el periodo de muestreo, que comprendió de 2017 a 2021. Se tomó una muestra al azar de 20 tallos primarios por cada variedad de caña por lote y por año al llegar a su madurez fisiológica, los cuales fueron disectados en forma longitudinal; y se contabilizó el número total de entrenudos y entrenudos dañados. El porcentaje de intensidad de daño fue obtenido de la siguiente manera:

$$\% ID = (ED/TEM) * 100$$

% ID = Intensidad de Daño

ED = Entrenudos Dañados

TEM = Total de Entrenudos de la Muestra

### Contenido de sacarosa

Cada muestra por variedad fue triturada en un molino eléctrico Stainless Steel modelo PZG-G100 para extraer el jugo; posteriormente, éste fue analizado para obtener el porcentaje de sacarosa con la ayuda de un polarímetro digital automático Luzeren, de laboratorios Prolab, de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México.

### Análisis estadístico

La sacarosa y daño de barrenador obtenidos por variedad de caña de azúcar durante el periodo de estudio (2017-2021), así como la precipitación pluvial y el daño de barrenador fueron analizados mediante un diseño de regresión lineal simple; por otra parte, cada una de estas variables de estudio fueron contrastadas con la temperatura y precipitación registradas durante el periodo 2017-2021, y analizadas mediante un diseño de regresión lineal múltiple con el *software* de análisis estadístico SAS versión 9.0 (SAS 2002). A las comparaciones entre variables que presentaron diferencias estadísticas significativas, se les calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para determinar el grado de relación entre ambas variables ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de regresión lineal del promedio de daño de barrenador de las variedades estudiadas (% ID) y la precipitación pluvial durante el periodo de estudio, se encontró una relación lineal estadísticamente significativa entre ambas variables ( $p \leq 0.05 = 0.0039$ ) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Análisis de varianza de la relación entre el daño de barrenador (%) y la precipitación pluvial (mm) en caña de azúcar en cinco años (2017-2021) en la región de El Mante, Tamaulipas.**

FV*	GL	SC	CM	F <sub>Cal</sub>	Valor p
Modelo	1	14.875	14.875	65.66	0.0039
Error	3	0.679	0.226		
Total	4	15.554			

\*FV = Fuentes de Variación, GL = Grados de Libertad, SC = Suma de Cuadrados, CM = Cuadrado Medio, F<sub>Cal</sub> = F calculada, Valor  $p \leq 0.05$ .

Se observó que el promedio mayor de daño de barrenador coincide con la menor precipitación, mientras que menores daños se observan con mayor precipitación. Al respecto, Showler (2016) menciona que la caña de azúcar se ve afectada por factores de estrés ambiental tanto abióticos como bióticos; además, destaca que el déficit hídrico vuelve más vulnerable el cultivo de la caña de azúcar al barrenador de la caña (*E. loftini*).

Se observó que las variedades con mayor daño de barrenador (% ID) y menor concentración de sacarosa (%) fueron la MEX 95-59 y la MEX 96-60, en tanto que la

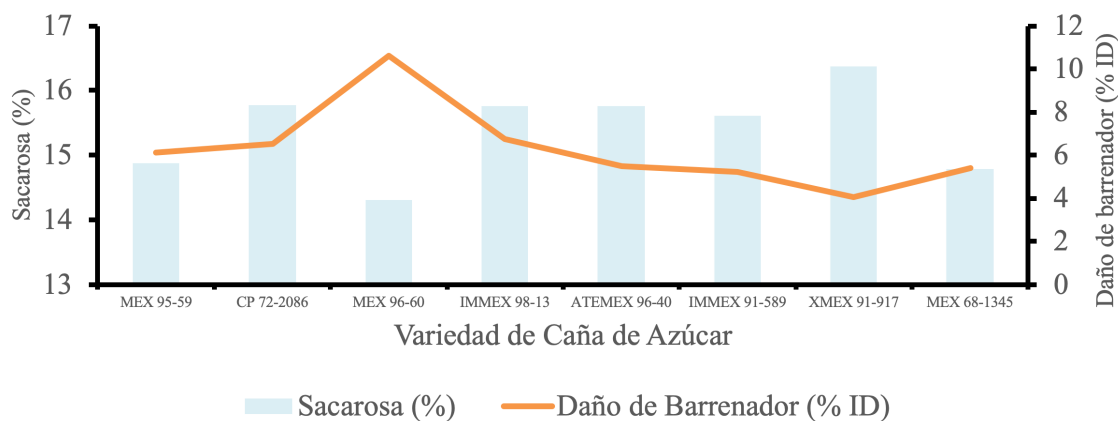


Figura 3. Promedio de daño de barrenador (% ID) de 8 variedades de caña de azúcar y la precipitación pluvial (mm) durante el periodo de estudio (2017-2021) en El Mante, Tamaulipas, México. Reg. Lineal: daño de barrenador-precipitación pluvial ( $F = 65.66$ ;  $p \leq 0.05$  (0.0039);  $R^2 = 0.9563$ ;  $CV = 7.7848$ ).

variedad con menor daño de barrenador (%) y mayor concentración de sacarosa fue la XMEX 91-917 (Figura 4). Al respecto, Wilson et al. (2015) encontraron variabilidad de daño de barrenador entre variedades de caña de azúcar, lo cual podría estar asociado a ciertos grados de resistencia por la disminución en la producción de sustancias nutritivas por la planta como histidina.

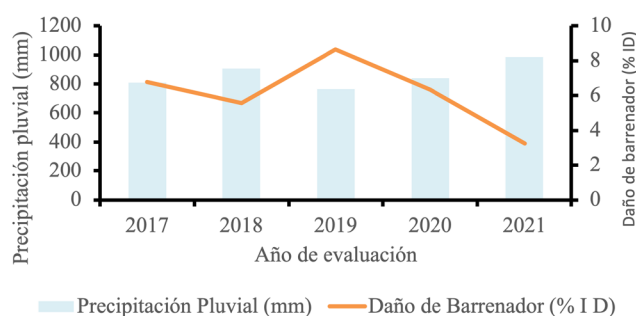


Figura 4. Daño de barrenador en ocho variedades de caña de azúcar y su impacto en la sacarosa en los últimos cinco años en El Mante, Tamaulipas, México.

Al comparar el daño de barrenador (% ID) con la concentración de sacarosa (%), se observa una relación lineal negativa, es decir, a mayor daño de barrenador menor concentración de sacarosa; en este sentido, por cada 1 por ciento de daño de barrenador se espera que el contenido de sacarosa disminuya 0.20 por ciento (Figura 5). Al respecto, Showler (2019) encontró que el barrenador del tallo puede disminuir hasta 25 por ciento el contenido de sacarosa, en tanto que Reagan y Mulcahy (2019) determinaron que por cada 1 por ciento de daño de barrenador se reduce 0.61 por ciento de azúcar por ha.

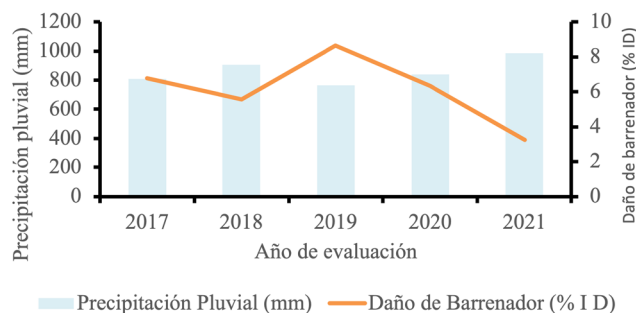


Figura 5. Dispersión del daño de barrenador (%) y la concentración de sacarosa (%) en caña de azúcar en los últimos cinco años en la región de El Mante, Tamaulipas, México.

El modelo de regresión explica 60.24 por ciento de la variabilidad registrada en la concentración de

sacarosa (%), por lo que tiene un ajuste aceptable; por otra parte, la desviación estándar del error es 3.17 por ciento respecto al promedio de la sacarosa, lo que significa que el modelo tiene buena precisión. Como el valor  $p$  (0.023) es menor que 0.05, se concluye que hay una relación lineal estadísticamente significativa entre el daño de barrenador (%) y la concentración de sacarosa (%) de las variedades de caña de azúcar registradas de 2017 a 2021 (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Análisis de varianza de la relación entre el daño de barrenador (%) y la sacarosa (%) en caña de azúcar en los últimos cinco años en la región de El Mante, Tamaulipas.**

FV*	GL	SC	CM	F <sub>Cal</sub>	Valor $p$
Modelo	1	2.162	2.162	9.090	0.023
Error	6	1.427	0.237		
Total	7	3.590			

\*FV = Fuentes de Variación, GL = Grados de Libertad, SC = Suma de Cuadrados, CM = Cuadrado Medio, F<sub>Cal</sub> = F calculada, Valor  $p \leq 0.05$ .

De acuerdo con el análisis de regresión lineal múltiple entre la interacción daño de barrenador (%), temperatura (°C) (máxima, mínima, promedio) y precipitación pluvial (mm), no se encontraron diferencias estadísticas significativas durante el periodo de estudio (Cuadro 3). A diferencia de estos resultados, Sandhú et al. (2010) encontraron que el tiempo de desarrollo del barrenador disminuye notablemente con el incremento de la temperatura en todas las etapas inmaduras.

**Cuadro 3. Análisis de regresión lineal múltiple entre el daño de barrenador (%), la temperatura (°C) y la precipitación pluvial (mm) en caña de azúcar (2017-2021) en la región de El Mante, Tamaulipas, México.**

Variable de Estudio	R <sup>2</sup>	CV	F	Valor $p$
Barrenador -Temp Máx - Precipitación	0.637	1.283	1.75	0.363
Barrenador -Temp Mín - Precipitación	0.300	2.328	0.43	0.700
Barrenador -Temp Prom - Precipitación	0.300	2.328	1.11	0.475

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, CV = Coeficiente de Variación, F = F calculada.

De acuerdo con el análisis de regresión lineal múltiple de los datos obtenidos del contenido de sacarosa (%) comparados con la temperatura (°C) (máxima, mínima, promedio) y precipitación pluvial (mm), no



se encontraron diferencias estadísticas significativas durante el periodo de estudio (Cuadro 4). Srivastava y Rai (2012) mencionan que la caña de azúcar es muy sensible a la temperatura, las precipitaciones, las radiaciones solares, por lo que se espera un efecto significativo en la producción y rendimiento de azúcar en el futuro.

**Cuadro 4. Análisis de regresión lineal múltiple entre el contenido de sacarosa (%), la temperatura (°C) y la precipitación pluvial (mm) en caña de azúcar de 2017 a 2021 en la región de El Mante, Tamaulipas.**

Variable de Estudio	R <sup>2</sup>	CV	F	Valor p
Sacarosa -Temp Máx - Precipitación	0.749	1.067	2.98	0.251
Sacarosa -Temp Min - Precipitación	0.419	2.121	0.72	0.581
Sacarosa -Temp Prom - Precipitación	0.662	1.307	1.95	0.338

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, CV = Coeficiente de Variación, F = F calculada.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló la investigación durante el periodo de estudio y la fase fenológica de madurez fisiológica en la que se realizó la evaluación de las variedades de caña de azúcar, se encontró que el daño de barrenador del tallo de la caña de azúcar tiene un impacto negativo en el contenido de sacarosa; además, se encontró mayor susceptibilidad al barrenador en algunas variedades (MEX 96-60 y MEX 95-59), con relación a otras (XMEX 91-917). Con respecto a las condiciones climáticas, la baja precipitación pluvial tiene un efecto favorable para el incremento de las poblaciones de barrenador; la interacción de la temperatura y precipitación no mostraron evidencias que sugieran un efecto sobre el contenido de sacarosa y el daño de barrenador en las variedades de caña evaluadas durante el periodo de estudio.

## LITERATURA CITADA

Misra V, Shrivastava AK, Mall AK, Solomon S, Singh AK, Ansari MI. 2019. Can sugarcane cope with increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration? Australian Journal Crop Science 13: 780-784. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.05.p1582>

- Reagan TE, Mulcahy MM. 2019. Interaction of cultural, biological, and varietal controls for management of stalk borers in Louisiana sugarcane. *Insects* 10: 305. <https://doi.org/10.3390/insects10090305>
- Sandhú HS, Nuessly GS, Webb SE, Cherry RH, Gilbert RA. 2010. Life table studies of *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane. *Physiological Ecology* 39: 2025-2032. <https://doi.org/10.1603/EN10038>
- [SAS] Statistical Analysis Software. 2002. SAS Online Doc. Versión 9.0 CD-ROM. SAS Institute, Inc. Cary, Estados Unidos.
- Shahzad A, Ullah S, Ahmed A, Fahad M, Mehmood T, Aammar M, Shakoor A, Haris M. 2021. Nexus on climate change: Agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environmental Science and Pollution Research* 28: 14211-14232. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12649-8>
- Showler AT. 2016. Selected abiotic and biotic environmental stress factors affecting two economically important sugarcane stalk boring pests in the United States. *Agronomy* 6: 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy6010010>
- Showler AT. 2019. Mexican rice borer control tactics in United States sugarcane. *Insects* 10: 160. <https://doi.org/10.3390/insects10060160>
- Showler AT, Castro BA. 2010. Influence of drought stress on Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) oviposition preference in sugarcane. *Crop Protection* 29: 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.07.014>
- Srivastava AK, Rai MK. 2012. Sugarcane production: Impact of climate change and its mitigation. *Biodiversitas* 13: 214-227. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d130408>
- Valencia JA, Soto A, Castaño GJ, Vallejo LF, Salazar MR y Vargas G. 2021. Population dynamics of sugarcane borers, *Diatraea* spp., under different climatic scenarios in Colombia. *PLoS ONE* 16: e0244694. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244694>
- Vargas V, Hernández ME, Gutiérrez LJ, Plácido JM y Jiménez CA. 2007. Clasificación climática del Estado de Tamaulipas, México. *Ciencia UAT* 2: 15-19.
- Vázquez L. 2011. Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. En: Ríos H, Vargas D, Funes-Monzote F, compiladores.

Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Mayabeque, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. P. 75-101.

Wilson BE, VanWeelden MT, Beuzelin JM, Reagan TE, Way MO, White WH, Wilson LT, Showler AT. 2015. A relative resistance ratio for evaluation of Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) susceptibility among sugarcane cultivars. *Journal of Economic Entomology* 108: 1363-1370. <https://doi.org/10.1093/jee/tov076>