

Daño por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en la región cañera Córdoba-Golfo, Veracruz

Marisol Cruz-Tobón¹

Francisco Hernández-Rosas^{2,5}

Hilda Victoria Silva-Rojas³

Ricardo Serna-Lagunes¹

Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes¹

Régulo Carlos Llarena-Hernández¹

1 Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Universidad Veracruzana. Calle Josefa Ortiz de Domínguez s/n, Col. Centro, Peñuela, Veracruz, México. CP. 94945. (zS19019420@estudiantes.uv.mx; rserna@uv.mx; darodriguez@uv.mx; rllarena@uv.mx).

2 Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba. Carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94953.

3 Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México. CP. 56230. (hsilva@colpos.mx).

Autor para correspondencia: fhrosas@colpos.mx.

Resumen

El barrenador del tallo (*Diatraea* spp.) es la principal plaga de la caña de azúcar a nivel mundial. En la región cañera Córdoba-Golfo, Veracruz, México la distribución y daño por el complejo *Diatraea* spp., ha sido poco estudiado lo que causa sesgos en la estimación del impacto. El objetivo del estudio fue determinar el daño espacio-temporal por larvas de *Diatraea* spp., durante el ciclo productivo enero de 2020 a enero de 2021. Se seleccionaron n= 21 parcelas en siete localidades y se determinó el número de tallos perforados por larvas de *Diatraea* spp., con lo que se generaron mapas de isodensidad con el software Suprakml y Google Earth Pro[®]. La interacción entre la edad del cultivo, los sitios estudiados y los tallos perforados se analizaron con una prueba de varianza de dos vías ($\alpha < 0.05$) con el software Rstudio v3.6. La distribución de daño por larvas de *Diatraea* spp., mostró un arreglo espacial agrupado, con el mayor número de tallos perforados en el sitio Actopan, mientras que, en Palmillas la población se comportó como un foco de infestación. El número de tallos barrenados fue constante, pero de enero a abril de 2020 se incrementó el daño coincidiendo con el periodo de desarrollo vegetativo del cultivo. El análisis de interacción presentó un efecto negativo, conforme aumentaba la edad del cultivo disminuía el daño, mientras que Palmillas mostró diferencias estadísticas con respecto al resto de los sitios, por lo que se concluye que este sitio es el posible núcleo de dispersión de la plaga.

Palabras clave:

barrenadores del tallo, distribución poblacional, espaciotemporal, porcentaje de daño.

Introducción

En México la caña de azúcar (*Saccharum* spp., híbrido) es uno de los cinco cultivos de mayor relevancia, cuenta con 789 996 ha sembradas en seis zonas agroecológicas del país, procesadas en 49 ingenios donde se obtuvieron 5 715 448 t de azúcar en la zafra 2020-2021 (CONADESUCA, 2021a). Las larvas del género *Diatraea* spp., son la principal plaga de la caña de azúcar ya que afectan cultivos de importancia económica como maíz, sorgo y arroz (Joyce *et al.*, 2014; Barrera *et al.*, 2017).

Este género comprende 41 especies en el continente americano, siendo *D. saccharalis*, la de mayor presencia en caña de azúcar y otros cultivos desde Estados Unidos de América hasta Argentina con relevancia económica por los daños que ocasiona (Solís *et al.*, 2015; Francischini *et al.*, 2019).

La vagilidad de *Diatraea* spp., es limitada por aspectos de locomoción; sin embargo, son un grupo de especies exitosas que han colonizado 18 ingenios de diversas zonas cañeras de México en las que representó una disminución de 2 a 10 t ha⁻¹ de caña en 2020-2021 (Hernández-García *et al.*, 2015; CONADESUCA, 2021b).

Las larvas perforan desde el exterior hacia el interior del tallo, lo que daña el tejido meristemático y disminuye el rendimiento, la calidad del jugo, la biomasa vegetal e incrementa la susceptibilidad a patógenos y como consecuencia disminuyen los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar (Joyce *et al.*, 2014; Pavinato *et al.*, 2018; Rossato *et al.*, 2019).

En general los productores de caña de azúcar utilizan el control químico como medida de manejo por la presencia de *Diatraea* spp. (Wilson *et al.*, 2022). Debido a su comportamiento biológico y distribución poblacional espacio-temporal los daños y el manejo, estas estrategias se generalizan con resultados mínimos, lo que conlleva a un control inadecuado de la plaga (Wilson, 2021).

La región cañera Córdoba-Golfo es una de las zonas más importantes de Veracruz, México en donde existen condiciones climáticas y un manejo del cultivo que pueden favorecer variaciones de la distribución poblacional e incidencia de daño de *Diatraea* spp., pero se desconocen los centros de origen de daño en los que se deben enfocar las estrategias de control (CONADESUCA, 2021a).

El objetivo del estudio fue determinar la distribución espaciotemporal del daño en tallos por larvas de *Diatraea* spp., en cultivos comerciales de caña de azúcar durante el ciclo productivo 2020-2021 en la región Córdoba-Golfo, lo que podría conducir a la aplicación de estrategias dirigidas para el manejo efectivo de la plaga.

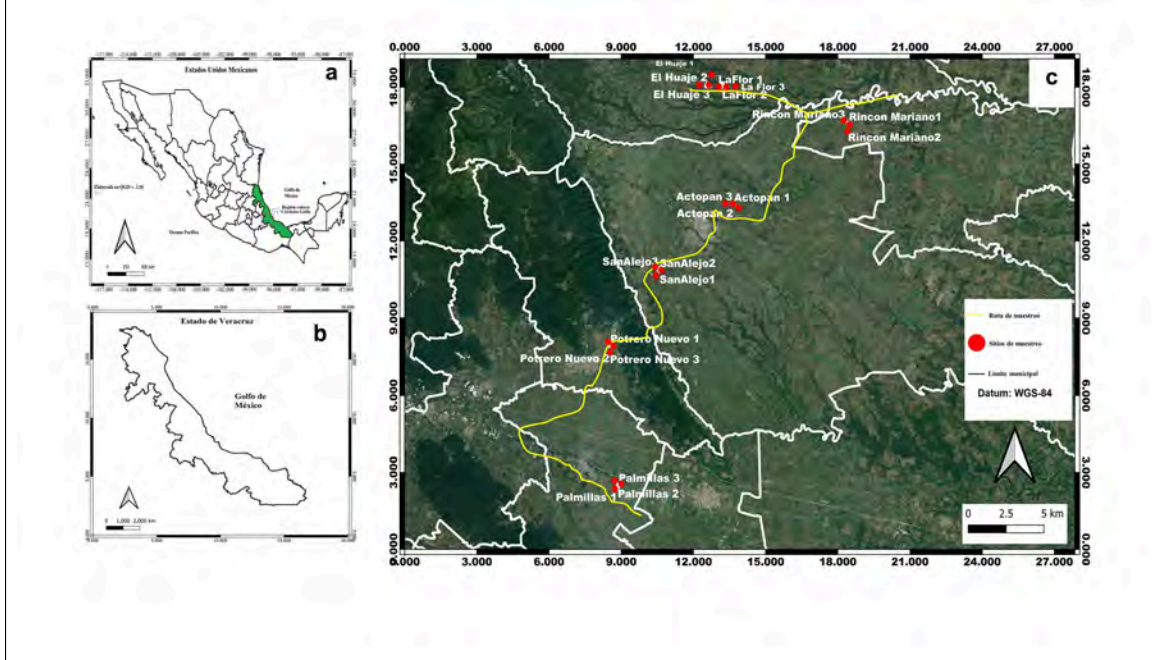
Materiales y métodos

Región de estudio

El presente estudio se realizó en parcelas de cultivos de caña de azúcar comerciales pertenecientes a la zona de abasto de los ingenios Central El Potrero (seis parcelas), Central Progreso (12 parcelas) y San José de Abajo (tres parcelas), con un muestreo mensual por parcela durante trece meses de enero de 2020 a enero de 2021, en la región cañera Córdoba-Golfo, cuya temperatura y precipitación promedio durante el estudio fueron de 22.5 °C y 141.49 mm³, respectivamente y el uso del suelo es caña de azúcar con un tipo de suelo principalmente vertisol (CONADESUCA, 2021b).

Con base en la información colectada en un monitoreo de diagnóstico, se estableció un transecto de 59.73 km lineales con un área de influencia de 53 073 ha, estimada mediante la medición de los píxeles generados después del análisis de isodensidad y su visualización en Google Earth Pro[®]. Se establecieron cuadrantes de 1 ha en el transecto, que constaba de siete sitios con tres réplicas (n= 21 parcelas) (Figura 1).

Figura 1. Área de estudio. a) México; b) Veracruz; y c) 21 sitios de estudio.



En los cuadrantes se realizaron muestreos sistemáticos y aleatorios para detectar la presencia directa de larvas o bien los túneles de alimentación causados por las especies de *Diatraea* spp., que se caracteriza por la presencia de orificios con residuos de alimentación denominados 'frass' (Flores, 2007; Joyce *et al.*, 2016).

Cuantificación de tallos perforados por larvas del complejo *Diatraea* spp.

Se delimitó una hectárea por sitio, donde se contaron los tallos sanos y barrenados (con orificios de entrada o túneles de alimentación) en un transecto de 10 m en cinco puntos; es decir, un punto por cada una de las cuatro esquinas y un quinto punto, en el centro del cuadrante. En cada conteo se seleccionó un transecto diferente para evitar contar las áreas evaluadas en el conteo anterior (Flores, 2007).

Se contabilizaron únicamente tallos dañados por larvas de *Diatraea* spp., caracterizados por presentar perforaciones centrales que parten de la parte apical de los tallos entre los entrenudos y acumulan residuos en el orificio de entrada, denominados frass (Dinardo-Miranda *et al.*, 2013; Joyce *et al.*, 2016).

Análisis de la distribución espacio-temporal de tallos perforados por larvas del complejo *Diatraea* spp.

Con los registros de presencia de larvas de *Diatraea* spp., y las coordenadas geográficas de las parcelas de muestreo, se generaron mapas de distribución de daño en los sitios estudiados, así como el cálculo de la isodensidad poblacional e interpolación lineal inversa.

Los análisis se realizaron con Supra KML® versión Windows®, con un nivel de significancia fijo de 1%, que se basa en una distribución continua no paramétrica (ponderación de distancia inversa), que analiza datos con distribución binomial negativa o de Poisson y que se ha utilizado en especies con dinámica espaciotemporal agrupada Superficie de Respuesta (López-Collado, 2004; Flota-Bañuelos *et al.*, 2013).

Las capas generadas se visualizaron utilizando Google Earth Pro[®] (Serna-Lagunes *et al.*, 2022). Para explicar el fenómeno de la presencia de tallos barrenados durante la investigación, se estudiaron las condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo, para lo cual se subdividió la región en tres subregiones de las que se obtuvieron datos estadísticos relacionados con la temperatura y precipitación media mensual (CONADESUCA, 2021b) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación utilizada para obtener datos meteorológicos.	
Subregión	Sitios asociados
1	Potrero Nuevo, Actopan y Palmillas
2	Rincón Mariano, La Flor y El Huaje
3	San Alejo

Determinación de la interacción entre la edad del cultivo y los tallos perforados por larvas del complejo *Diatraea* spp., y los sitios estudiados

La relación entre la presencia del barrenador y la edad del cultivo se calculó a partir de la fecha de cosecha (diciembre de 2019 a enero de 2020) y el conteo de los tallos perforados mensualmente. Para determinar la interacción entre los sitios estudiados, la edad del cultivo y los daños causados por la alimentación de larvas de *Diatraea* spp., se realizó un análisis de varianza de dos vías con un valor de significancia de $\# < 0.05$ y una prueba de comparaciones múltiples de TukeyHSD en el paquete estadístico RStudio versión 3.6 para Windows (Core Team, 2022).

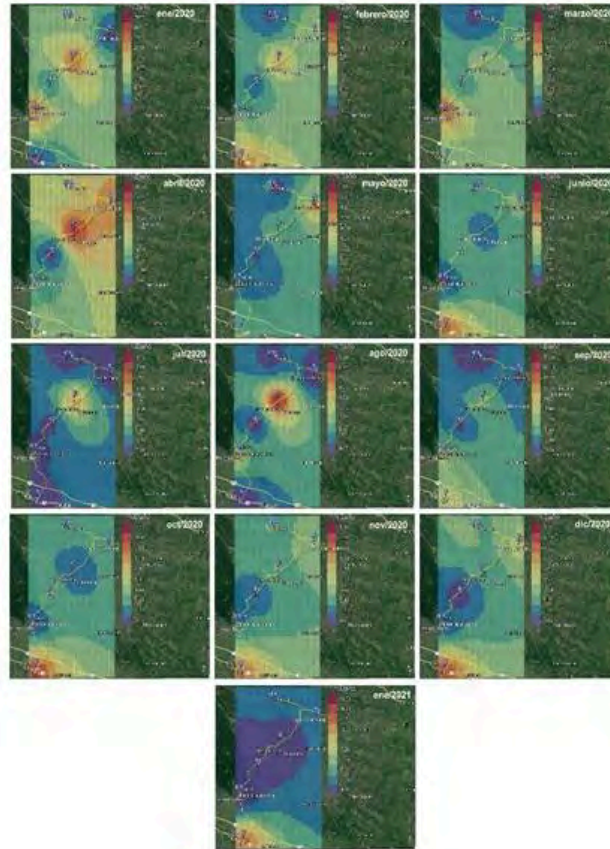
Resultados y discusión

Análisis de la distribución espacio-temporal de tallos perforados por larvas del complejo *Diatraea* spp.

En el sitio Potrero Nuevo (Figura 2a), la mayor actividad de larvas de barrenadores del tallo se contempló en enero de 2020 con un porcentaje de tallos perforados entre 14 y 29%, lo que dio lugar a áreas de daño agrupado en halos o circunferencias que se fusionan en los sitios Palmillas y Actopan, que presentaron un 5.24 a 13.83% de tallos perforados. Mientras que a partir de septiembre el daño por larvas fue inverso, con una disminución de 10.78 a 7.19% con un área de influencia de 1 857 ha en las que se encuentran distintos cultivos, además de caña de azúcar (Figura 2a).



Figura 2. Distribución espacial del daño causado por larvas del complejo *Diatraea* spp., en tallos de caña de azúcar en los ingenios del sureste de México. a) Potrero Nuevo, Atoyac; b) San Alejo, Paso del Macho; c) Actopan, Paso del Macho; d) Rincón Mariano, Paso del Macho; e) La Flor, Zentla; f) El Huaje, Zentla; y g) Palmillas, Yanga, Veracruz.



El número de tallos perforados por *Diatraea* spp., mostraron patrones de distribución agregada con tendencia a picos de daño en sitios recurrentes. Reportes anteriores han asociado poblaciones agregadas de *Diatraea* spp., a hábitats adecuados para su reproducción y supervivencia (Dinardo-Miranda *et al.*, 2011; Leyton-Flor *et al.*, 2018).

Para el sitio San Alejo, el porcentaje de tallos perforados osciló entre 0.55 a 8.86% con una media de 1.38% en la periferia de este sitio durante febrero, marzo, mayo, junio, julio, agosto, noviembre, diciembre de 2020 y enero de 2021, aun cuando se ubica entre sitios de mayor incidencia como Potrero Nuevo y Actopan (Figura 2b). De modo que poblaciones de larvas de *Diatraea* spp., se mantuvieron constantes e intermitentes en el área estudiada lo que puede atribuirse a su comportamiento de dispersión y la búsqueda de sitios para completar su ciclo reproductivo (Beuzelin *et al.*, 2011; Pavinato *et al.*, 2018).

Con respecto a Actopan, el mayor número de tallos perforados se llevó a cabo en enero de 2020 con 4.77 a 29.55% (Figura 2c). Mientras que, en febrero, abril, julio, agosto y septiembre, la mayor afectación de 2.87 a 12.55% (Figura 2c). Durante abril de 2020 se presentó un porcentaje de tallos perforados entre 5.24 a 10.49%, que dio lugar a un halo que se fusiona geográficamente con los sitios La Flor, El Huaje y Rincón Mariano, lo que generó un área de influencia de 32 270 ha, que alcanzó 10.49% (Figura 2c, d y f).

Los resultados de este estudio indican que el mayor daño causado por barrenadores de la caña de azúcar ocurre a los 70 días de desarrollo del cultivo (enero a marzo) bajo el entendido de que el cultivo ha sido cosechado en el mes de enero, mientras que para este estudio se extendió hasta el mes de abril de 2020, lo que coincide con el periodo inicial del desarrollo vegetativo descrito como la etapa más susceptible al daño con generaciones de estados de desarrollo de *Diatraea* spp., traslapadas, con picos continuos como consecuencia de estrés hídrico-humedad y de manera sucesiva durante el año (Vargas *et al.*, 2015).

En relación con el sitio Rincón Mariano, se observó la mayor incidencia durante mayo con un porcentaje de tallos perforados de 5.28 a 10.57% (Figura 2d). En tanto que durante abril el halo generado por este sitio se fusionó con las áreas de influencia de los sitios Actopan, El Huaje y La Flor lo que dio lugar a la mayor área registrada, con porcentajes de tallos dañados entre 5.24 a 10.49% equivalente a 32 270 ha (Figura 2c, f y e). Además, el mayor número de tallos dañados por larvas de *Diatraea* spp., se contabilizaron de enero a marzo de 2020 cuando se presentó una sequía intermitente en los sitios Actopan, Potrero Nuevo y Rincón Mariano, que difiere de hallazgos previos que relacionan altas infestaciones de barrenadores con la temporada de lluvias (CONADESUCA, 2021b; Joyce *et al.*, 2016).

Con respecto al periodo de zafra en el ingenio Central Progreso fue del 15 de diciembre de 2019 al 16 de marzo de 2020, en Central El Potrero fue del 15 de diciembre de 2019 al 07 de mayo de 2020 y en San José de Abajo fue del 28 de diciembre de 2019 al 30 de mayo de 2020, lo que coincide con el periodo de mayor daño por larvas de *Diatraea* spp., reportado en el presente estudio (CONADESUCA, 2021a).

Para el sitio La Flor, la mayor incidencia se dio durante el mes de enero de 2020 con 17.73% de tallos dañados y el resto del periodo de estudio osciló entre 0.87 a 7.34% (Figura 2e). Con respecto al sitio El Huaje, el pico de daño se llevó a cabo en el mes de enero de 2020, cuando se contabilizaron 11.82% tallos perforados para posteriormente disminuir paulatinamente hasta 0.87%, generalmente influenciado por los halos formados por los sitios Actopan y Rincón Mariano (Figura 2f).

Lo observado en el sitio La Flor, está estrechamente relacionado al periodo de siembra denominado 'de gran cultivo' (de septiembre a octubre) cuando se suelen cortar tallos de 7 a 10 meses de edad que son utilizados como semilla, lo que da lugar a áreas de cultivo con tallos jóvenes (pelillos) y suculentos para el consumo de barrenadores en los meses de octubre a enero, como se analizó en este sitio y algunos otros como Actopan, Palmillas y Rincón Mariano.

En el sitio Palmillas el porcentaje de tallos perforados fue superior al 5% (Figura 2g) durante el periodo de estudio que osciló entre 2.34 a 18.57%, con una fluctuación de tallos perforados durante el periodo de monitoreo y picos de actividad en el mes febrero de 2020. En cambio, en septiembre del mismo año se contempló una tendencia a incrementar y el área de influencia se fusionó con los sitios Potrero y Actopan, con un porcentaje entre 5.39 a 10.78% lo que dio lugar a la segunda área de mayor influencia de 30,299 ha. Mientras que en enero de 2021 se observó el mayor pico de incidencia con 5.55 a 18.57% y un área de influencia de 10 311 ha.

Dado que el sitio Palmillas presenta un foco de infestación con un número de tallos barrenados constante por larvas del complejo *Diatraea* spp., posiblemente la falta de barreras geográficas que separen las diferentes áreas en la región de estudio y al constante movimiento de material vegetal (semilla) con presencia intermitente y elevada, en sitios como Palmillas, que representa focos potenciales que pueden dar lugar a sitios de dispersión generalizada lo que podría indicar que una mayor distribución de barrenadores del tallo es sólo cuestión de tiempo (Vargas *et al.*, 2018).

De acuerdo con los tallos de caña de azúcar perforados por larvas de *Diatraea* spp., se definieron tres bloques: bloque 1: Potrero Nuevo, Actopan y Palmillas, con mayor actividad entre enero y abril (superior al 8%); bloque 2: sitios Rincón Mariano, La Flor y El Huaje, que tuvieron un número de tallos dañados superior al 3.9%; y bloque 3: el sitio San Alejo que mantuvo un promedio de <1.9%.

La presencia intermitente de larvas de *Diatraea* spp., en los sitios del bloque 1 es atribuible a las características climáticas y orográficas en el área de estudio; es decir, debido a las condiciones óptimas para el desarrollo de especies del complejo *Diatraea* spp., tales como: temperaturas de 20-23 °C, precipitación anual de 1 200-1 500 mm³, precipitación de 50 mm³ en los meses más secos, orografía con pendientes < 0.05 grados y heterogeneidad de cultivos (Valencia *et al.*, 2021; CONADESUCA, 2021b).

En el bloque 2 el sitio Rincón Mariano (Figura 2d) presentó un comportamiento intermitente. En enero de 2020 se contempló un 2.43% de tallos barrenados, que se incrementó durante los meses subsiguientes, con un pico máximo en mayo de 6.29% y una disminución en agosto de 0.25%. Donde el número de tallos barrenados fue incrementando hasta enero de 2021, con 2.14% similar a lo observado en enero de 2020. Y el Huaje (Figura 2f) y La Flor (Figura 2e) mostraron comportamientos similares, con picos durante los meses de enero y abril de 2020 de 10 y 5%, respectivamente y una disminución durante el segundo trimestre lo que podría atribuirse a que estos sitios presentan características agroclimáticas semejantes (CONADESUCA, 2021b).

En contraste, para el bloque 3 el sitio San Alejo (Figura 2b), mostró un número de tallos barrenados menores al 5% en 2020, excepto en enero y octubre de ese mismo año, a pesar de ser un sitio de transición entre Actopan y Potrero Nuevo, donde se contabilizaron un número de tallos barrenados superior al 10%. Sin embargo, en los sitios en todos los sitios a excepción de Palmillas, se observó una disminución en el número de tallos dañados por larvas de *Diatraea* spp., durante junio y julio, lo que coincidió con el periodo denominado canícula (12 de julio al 20 de agosto de 2020), caracterizado por un aumento brusco de la temperatura con tendencia a periodos de baja humedad y posteriormente un aumento de la precipitación en la región de estudio (CONADESUCA, 2021b).

Las condiciones climáticas pueden estar influenciadas por fenómenos como El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) (Valencia *et al.*, 2021). Diversos estudios han reportado que la variabilidad climática interanual está relacionada en gran medida con el fenómeno de El ENOS en su fase cálida y su fase fría conocida como 'La Niña', en México la variabilidad de la precipitación está modulada en gran medida por este fenómeno (Tejeda-Martínez *et al.*, 2011; Báez-González *et al.*, 2018).

De abril a septiembre de 2020 se presentó un incremento en las variaciones de temperatura y precipitación con ligeros picos durante los meses de junio y septiembre del mismo año, periodo en el que la fluctuación de daños por larvas de *Diatraea* spp., fue entre 7-17%, con un pico máximo durante septiembre de 2020 en la mayoría de los sitios estudiados. Estos patrones de distribución tienden a ser repetitivos y dependientes de las condiciones climáticas en el área de estudio, mismas que pueden estar influenciadas por el incremento o variaciones en los periodos de precipitación atribuidos principalmente al fenómeno climático denominado ENOS.

Esto debido a que la presencia de ENOS ocasiona distribuciones anómalas de variables como temperatura, humedad del aire, nubosidad y precipitación a escala estacional por encima de lo normal (Díaz y Markgraf, 2000). También, en la época invernal, 'El Niño' induce un incremento en los patrones de precipitación y un descenso de las temperaturas (Conde *et al.*, 2006; Ponnette-González *et al.*, 2010).

En cambio, 'La Niña' se caracteriza por ausencia de precipitaciones, lo que hace que la sequía previa al verano (canícula) sea más pronunciada y causa estrés a la planta dejándola vulnerable a los daños causados por la alimentación de larvas de *Diatraea* spp. como en Actopan, Potrero Nuevo, El Huaje, La Flor, Rincón Mariano y San Alejo (Magaña *et al.*, 2003).

Lo que como consecuencia del exceso de agua derivado del incremento de las lluvias afecta negativamente el desarrollo del cultivo y aumentan la posibilidad de la presencia de hongos patógenos en los orificios de alimentación de larvas de barrenador con afectaciones en la calidad del jugo de caña. Aunado a que, si la condición de humedad se mantiene al inicio de la primavera, el exceso podría favorecer la propagación de poblaciones del complejo *Diatraea* spp.,

y enfermedades como las asociadas a patógenos fúngicos relacionados al deterioro de la calidad del jugo de caña de azúcar (White *et al.*, 2008; Vargas *et al.*, 2015; Rossato *et al.*, 2019).

Por lo que este estudio es el primero en establecer los patrones de distribución poblacional en la región cañera Córdoba-Golfo y los resultados obtenidos establecen las bases que permitirán la optimización de recursos y un manejo asertivo con un menor sesgo del daño causado por larvas de *Diatraea* spp., ya que se identificaron los posibles centros de origen poblacional, las áreas de influencia adyacentes, y el periodo crítico para el manejo de barrenador del tallo en caña de azúcar (Pérez *et al.*, 2022).

Determinación de la interacción entre la edad del cultivo, tallos perforados por larvas de *Diatraea* spp. y los sitios estudiados

No se observaron diferencias significativas entre la interacción sitio y mes de muestreo (que coincide con la edad del cultivo por la fecha de cosecha) (Cuadro 2). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre los factores por separado como los sitios estudiados en la variable respuesta número de tallos dañados por barrenador y los meses con respecto a esta variable.

Cuadro 2. Relación entre la edad del cultivo y los tallos dañados en el ciclo de cultivo de caña 2020-2021 por larvas de *Diatraea* spp.

Interacción	Pr(>F)	Media	df
Sitio	<0.0001	93.52	6
Mes de muestreo	<0.0001	68.27	11
Interacción (sitio: mes del muestreo)	0.698	14.59	61

Valor de significación ($p \leq 0.05$).

Respecto a los sitios, los resultados observados en Palmillas muestran diferencias significativas respecto al resto de sitios, con daños que alcanzaron una media de 6.31% durante el periodo de estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación múltiple de las medias del número de daños con respecto al mes de muestreo (Tukey HSD).

Mes de muestreo	Media	Grupos del Tukey test
Enero -20	10.321408	a
Febrero -20	5.054624	b
Marzo -20	4.270402	bc
Abril -20	4.716927	bc
Maylo -20	2.34154	bcd
Junilo -20	2.182517	bcd
Julio -20	1.122116	d
Agosto -20	1.960166	cd
Septiembre -20	3.76381	bcd
Octubre -20	3.296356	bcd
Noviembre -20	2.542599	bcd
Diciembre -20	1.86356	cd
Enero -21	3.037898	bcd

Valor de significación ($p \leq 0.05$). Los tratamientos con la misma letra no presentan significancia.

El mayor número de tallos perforados se observó de enero a mayo de 2020 y en enero de 2021, con patrones de distribución que tienden a ser repetitivos y dependientes de las condiciones climáticas lo que indica una correlación negativa entre la abundancia de larvas del complejo

Diatraea spp., y la edad del cultivo lo que resulta un hallazgo importante, ya que generalmente el incremento del daño por larvas de complejo *Diatraea* spp., suele estar relacionado con el inicio de la etapa de madurez del cultivo (Srikanth y Kurup, 2011).

Además, se observó que esta condición puede variar por estar estrechamente relacionada con la fecha de corte, debido a que la cosecha no es simultánea, sino que se distribuye durante un periodo de cinco a seis meses denominado zafra (CONADESUCA, 2021a). Es un evento relativo que depende de la madurez fisiológica del cultivo determinada con mediciones periódicas hasta alcanzar los valores de sacarosa requeridos por la industria, con base en una curva de madurez por variedad (Rossato *et al.*, 2019).

Lo que se reflejó en los resultados de la prueba estadística, que indicaron diferencias entre el sitio Palmillas con respecto al resto de los sitios estudiados debido a la presencia traslapada de todos los estados de desarrollo de larvas del complejo *Diatraea* spp., posiblemente influenciada por las características agroecológicas del sitio (Zhang *et al.*, 2019).

Conclusiones

Se identificaron las variaciones de la distribución poblacional e incidencia de daño de larvas del complejo *Diatraea* spp., que cambian de acuerdo con el entorno ambiental de la región y el desarrollo fenológico de la caña de azúcar. Este fenómeno se hizo evidente en el sitio Actopan, donde se observó la mayor afectación en el área de estudio y al sitio Palmillas como un foco de infestación o centro de origen poblacional, ya que la fluctuación poblacional varía con picos ocasionales que obedecen al desarrollo fenológico del cultivo.

En tanto la temporalidad de la distribución del daño causado por larvas del complejo *Diatraea* spp., así como, las poblaciones permanecen constantes a través del tiempo, con un periodo crítico en los primeros meses de desarrollo del cultivo, lo que obedece a la correlación negativa observada entre el número de tallos barrenados y la edad del cultivo. Finalmente, este estudio proporcionó las bases para el diseño de un programa de manejo integrado de los barrenadores de la caña de azúcar del género *Diatraea*, basado en el conocimiento de los sitios de mayor afectación y posibles centros de origen.

Bibliografía

- 1 Baez-Gonzalez, A. D.; Kiniry, J. R.; Meki, M. N.; Williams, J. R.; Alvarez-Cilva, M.; Ramos-Gonzalez, J. L. and Magallanes-Estala, A. 2018. Potential impact of future climate change on sugarcane under dryland conditions in Mexico. Germany. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 204(5):515-528.
- 2 Barrera, G. P.; Villamizar, L. F.; Espinel, C.; Quintero, E. M.; Belaich, M. N.; Toloza, D. L.; Ghiringhelli P. D. and Vargas, G. 2017. Identification of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) based on cytochrome oxidase II. United States. *PLoS One*. 12:1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184053>.
- 3 Beuzelin, J. M.; Mészáros, A.; Akbar, W. and Reagan, T. E. 2011. Sugarcane planting date impact on fall and spring sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) infestations. United States. *Florida Entomologist*. 94(2):242-252. <https://doi.org/10.1653/024.094.0218>.
- 4 CONADESUCA. 2021a. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña. Reporte final de producción de caña y azúcar. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/665852/Reporte-Final.pdf>.
- 5 CONADESUCA 2021b. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña . <https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/geo-portal-conadesuca/Informacion-Meteorologica.html>.
- 6 Conde, C.; Ferrer, R. and Orozco, S. 2006. Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures A. mexicana case study. . México. *Atmósfera*. 19(3):181-194. <https://bit.ly/2VIYpZu>.

- 7 Core, T. R. 2022. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.
- 8 Díaz, H. F. and Markgraf, V. 2000. El Niño and the illation: multi-Scale variability and global and regional impacts. England. Journal of Quaternary Science. 18(5):467-496. doi:10.1002/jqs.775.
- 9 Dinardo-Miranda, L. L.; Fracasso, J. V.; Costa, V. P.; Anjos, I. A. and Lopes, D. O. P. 2013. Reaction of sugarcane cultivars to sugarcane borer. Brazil. *Bragantia*. 72:29-34. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000012>.
- 10 Dinardo-Miranda, L. L.; Fracasso, J. V. and Perecin, D. 2011. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. Brazil. *Bragantia* . 70(3):577-585. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011005000008>.
- 11 Flores, C. S. 2007. Las plagas de la caña de azúcar en México. 2^{da} Ed. Servicios gráficos Orel. Córdoba, Veracruz, México. 288 p.
- 12 Flota-Bañuelos, C.; Martínez, M. I.; López-Collado, J.; Vargas, M. M.; González, H. H., and Fajersson, P. 2013. Spatio-temporal pattern of larvae and eggs of gastrointestinal nematodes in cattle pastures in Veracruz, Mexico. Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 61(4):1747-1758.
- 13 Francischini, F. J.; Cordeiro, E. M.; Campos, J. B.; Alves-Pereira, A.; Viana, J. P. G.; Wu, X.; Wei, W.; Brown, P.; Joyce, A.; Murua, G.; Fogliata, S.; Clough S. J. And Zucchi, M. I. 2019. *Diatraea saccharalis* history of colonization in the Americas. The case for human-mediated dispersal. United States. *PloS One* . 14(7):1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.022003>.
- 14 Hernández-García, V.; Osorio-Osorio, R.; Hernández-Hernández, L. U.; Márquez-Quiróz, C.; de la Cruz-Lázaro, E. and Aguirre-Urbe, L. A. 2015. Damage by *Diatraea saccharalis* (Fabricius) to sugarcane at La Chontalpa, Tabasco. United States. *Southwestern Entomologist*. 40:493-496. <http://dx.doi.org/10.3958/059.040.0306>.
- 15 Joyce, A. L.; Sermeno, C. M.; Serrano, C. L.; Paniagua, M.; Scheffer, S. J. and Solis, M. A. 2016. Host#plant associated genetic divergence of two *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) stemborers on novel crop plants. United States. *Ecology and Evolution*. 6(23):8632-8644. <https://doi.org/10.1002/ece3.2541>.
- 16 Joyce, A. L.; White, W. H.; Nuessly, G. S.; Solis, M. A.; Scheffer, S. J.; Lewis, M. L. and Medina, R. F. 2014. Geographic population structure of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), in the southern United States. *PloS One* . 9:1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110036>.
- 17 Leyton-Flor, S. A.; Gordillo, M.; González, P. A.; Ospina, J. A. and Vargas, G. 2018. Spatial and temporal distribution of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca River Valley, Colombia. Colombia. *Revista Colombiana Entomología*. 44:177-186. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7330>.
- 18 López-Collado, J. 2004. SUPRA[®] Surface response program for the analysis of spatial data. Software. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México.
- 19 Magaña, R. V.; Vázquez, J. L.; Pérez, J. L. and Pérez, J. B. 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. Mexico. *Geofísica Internacional*. 42(3):313-330.
- 20 Pavinato, V. A.; Michel, A. P.; Campos, J. B.; Omoto, C. and Zucchi, M. I. 2018. Influence of historical land use and modern agricultural expansion on the spatial and ecological divergence of sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). England. *Heredity*. 120:25-37. <https://doi.org/10.1038/s41437-017-0018-1>.
- 21 Pérez, M. L. P.; Easdale, C.; Iovane, R. J.; Scandaliaris, P.; Isa, R. B.; Rodríguez, D.; Bardin, F.; Gastaminza, G.; Romero, E. and Goebel, F. R. 2022. Damage distribution and

- yield losses caused by the stem borer *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Northwestern Argentina. India. Sugar Tech. 25(3):610-618. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01213-4>.
- 22 Ponnette-González, A. G.; Weathers, K. C. and Curran, L. M. 2010. Water inputs across a tropical montane landscape in Veracruz, Mexico: synergistic effects of land cover, rain and fog seasonality, and interannual precipitation variability. United States. GCB Bioenergy: bioproducts for a sustainable bioeconomy. 16(3):946-963. Doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01985.x.
 - 23 Rossato, J. A.; Madaleno, L. L.; Mutton, M. J.; Higley, L. G. and Fernandes, O. A. 2019. Photosynthesis, yield and raw material quality of sugarcane injured by multiple pests. England. PeerJ. 7:e6166. <https://doi.org/10.7717/peerj.6166>.
 - 24 Serna-Lagunes, R.; Alejandro-Hernández, M.; Ávila-Nájera, D. M.; Torres-Cantú, G. B.; Andrés-Meza, P.; Gastelum-Mendoza, F. I.; Salazar-Ortiz, J. and Ocaña-Parada, C. J. 2022. Habitat use by gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*, carnivora: canidae) in an anthropized tropical ecosystem. Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 25:85-91. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4008>.
 - 25 Solís, M. A.; Metz, M. A.; Scheffer, S. J.; Lewis, M. L.; Kula, R. R. and Springer, T. L. 2015. A new cryptic species of *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae: Crambinae) feeding on eastern Gama grass and a novel host association with a braconid (Hymenoptera) in the United States. United States. Annals of the Entomological Society of America. 108:648-659. <https://doi.org/10.3897/zookeys.565.6797>.
 - 26 Srikanth, J. and Kurup, N. K. 2011. Damage pattern of sugarcane internode borer *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) in Tamil Nadu State. Wales. International Sugar Journal. 113:590-594.
 - 27 Tejeda-Martínez, A.; Torres-Alavez, J. A.; Ruiz-Barradas, A.; Miranda, A. S. and Salazar L. S. 2011. Evaluations and perceptions of the climate change in the state of Veracruz: an overview. In climate change: socioeconomic effects. Blanco and H. Kherandmand. Ed. 1. INTECH. Rijeka, Croacia. 131-155 pp.
 - 28 Valencia, A. J. A.; Soto, A. G.; Villa, G. J. C.; Espinosa, L. F. V.; Salazar, M. R. and Vargas, G.; 2021. Population dynamics of sugarcane borers, *Diatraea* spp., under different climatic scenarios in Colombia. United States. PloS One . <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244694>.
 - 29 Vargas, G.; Gómez, L. A. and Michaud, J. P. 2015. Sugarcane stem borers of the Colombian cauca river valley: current pest status, biology, and control. United States. Florida Entomologist . 98:728-735. <https://doi.org/10.1653/024.098.0249>.
 - 30 Vargas, G.; Lastra, L. A.; Ramírez, G. D. and Solís, M. A. 2018. The *Diatraea* complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca river valley: making a case for the geographically localized approach. Brazil. Neotropical Entomology. 47:395-402. 10.1007/s13744-017-0555-6.
 - 31 Wilson, B. E. 2021. Successful integrated pest management minimizes the economic impact of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on the Louisiana sugarcane industry. United States. J. Econ. Entomol. 114(1):468-471.
 - 32 Wilson, B. E.; Salgado, L. D. and Villegas, J. M. 2022. Optimizing chemical control for *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. England. Crop protection. 152:105843.
 - 33 White, W.; Viator, R.; Dufrene, E.; Dalley, C.; Richard, E. and Tew, T. 2008. Reevaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Louisiana. England. Crop Protection. 27:1256-1261. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.03.011>.
 - 34 Zhang, X. Q.; Liang, Y. J.; Qin, Z. Q.; Li, D. W.; Wei, C. Y.; Wei, J. J.; Wei, J. J.; Li, Y. R. and S. X. P. 2019. Application of multi-rotor unmanned aerial vehicle application management of stem borer (Lepidoptera) in sugarcane. India. Sugar tech. 21:847-852. Doi: 10.1007/s12355-018-0695-y.

Daño por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en la región cañera Córdoba-Golfo, Veracruz

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 July 2023
Date accepted: 01 September 2023
Publication date: 08 December 2023
Publication date: November 2023
Volume: 14
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3371
DOI: 10.29312/remexca.v14i8.3371

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

barrenadores del tallo
distribución poblacional
espaciotemporal
porcentaje de daño

Counts

Figures: 2

Tables: 3

Equations: 0

References: 34

Pages: 0