



UNIVERSIDAD JÚAREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Especies de Parasitoides del Barrenador Neotropical del Maíz
***Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Crambidae)**

T E S I S

Tesis para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA

Azalia Correa Méndez

DIRECTOR

Dr. Rodolfo Osorio Osorio

CO-DIRECTOR

Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa

Villahermosa, Tabasco. Agosto de 2019



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS



ASUNTO: El que se indica.

OFICIO: DACA-292

Villahermosa, Tabasco, a 14 de agosto de 2019

C. AZALIA CORREA MÉNDEZ
EGRESADA DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a usted que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo, le **autoriza la impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de Tesis titulada "**Especies parasitoides del barrenador neotropical del maíz *Diatraea lineolata* (Lepidoptera Crambidae).**"

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

PHD. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA.
DIRECTOR



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS



C.c.p.- Archivo.

Miembro CUMEX desde 2008
Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Km 25, Carret. Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Tel. (+52 993) 358-15-85 y 142-9150

Correos electrónicos: direccion.daca@ujat.mx, daca.direccion@gmail.com

www.ujat.mx

www.facebook.com/ujat.mx | www.twitter.com/ujat | www.youtube.com/UJATmx

CARTA AUTORIZACIÓN

La que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada “**Especies parasitoides del Barrenador Neotropical del Maíz *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Crambidae)**”, de la cual soy autora y titular de los derechos de autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitada para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes mencionado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 15 días del mes de Agosto del año 2019.

Autoriza



Azalia Correa Méndez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante la Maestría.

Al Dr. Rodolfo Osorio Osorio por su acertada dirección, dedicación y disponibilidad durante el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación. Gracias por compartir sus conocimientos, experiencias, consejos, por la confianza ofrecida, por su apoyo incondicional y por su valiosa amistad.

Al Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa por su valiosa colaboración y apoyo incondicional durante el proyecto de investigación.

Al M.C. Luis Ulises Hernández Hernández por los conocimientos compartidos y participación en el desarrollo de este proyecto de investigación, además de su apreciable amistad y valiosos consejos.

A cada uno de los integrantes del comité revisor: Dr. Aldenamar Cruz Hernández, Dr. Cesar Márquez Quiroz, Dr. Alfonso Juventino Chay Canul, Dr. Efraín de la Cruz Lázaro y al Dr. Eusebio[†] Martínez Moreno, por las correcciones y sugerencias brindadas en esta investigación. Gracias por la accesibilidad y disponibilidad del tiempo para revisar el proyecto de investigación.

A cada uno de los profesores del programa de la maestría de los cuales tuve la dicha de recibir clases, por sus conocimientos, experiencias, dedicación y consejos compartidos que me ayudaron en mi formación académica.

Al Ing. Bernardino Hernández Cardoza por su apoyo y facilidades para llevar a cabo la etapa experimental de este proyecto de investigación.

Al M.C. Jorge Valdez Carrasco por la digitalización de las imágenes de los parasitoides.

A mis compañeros de generación y amigos por sus consejos, por la amistad, por los momentos compartidos y agradable compañía en especial a Karina, Ana María, Karen Zuleyma, Verónica, Felson, Mezo, Emmanuel y Jonatán.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por permitirme despertar en cada amanecer y brindarme una vida llena de experiencias, aprendizajes y de felicidad, además de darme la fortaleza para culminar este proyecto de investigación.

A MIS PADRES

Los seres más importantes en mi vida y a quienes les debo todo, por apoyarme siempre, por su confianza y por estar ahí cuando los necesito, ocupan un lugar muy especial en mi corazón. Y este logro lo quiero compartir con ustedes.

A MIS HERMANOS

Marco Antonio y Amelia por estar conmigo y llenar mi vida de grandes momentos compartidos, por haberme brindado su comprensión y apoyo incondicional, pero sobre todo por la fortuna de tenerlos conmigo.

A MI ESPOSO

David López Morales que ha estado a mi lado compartiendo mis alegrías y angustias, por tu comprensión, por tu paciencia, por el apoyo incondicional, por el estímulo que me supere día a día, por el cual estoy dispuesta a enfrentar cualquier obstáculo. Pero sobre todo, porque compartí contigo intensamente cada etapa de este proyecto de investigación y la trayectoria de la Maestría. Y finalmente porque gozas conmigo, éste tan anhelado momento. Te amo mi amor.

A MIS PRIMOS

Antonio y Noemí que los considero como mis hermanos, por su apoyo incondicional, palabras de aliento así mismo a sus hijas Noelia y Laura por su colaboración en la etapa experimental de este proyecto de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este proyecto de investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivo específico.....	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Importancia del cultivo de maíz.....	4
4.2. Los barrenadores del tallo <i>Diatraea</i> spp.....	4
4.2.1. Distribución geográfica.....	4
4.2.2. Taxonomía del Barrenador Neotropical del maíz.....	5
4.2.3. Biología y hábitos.....	6
4.2.4. Control químico.....	7
4.2.5. Control biológico.....	7
4.3. El Barrenador Neotropical del tallo del maíz.....	10
4.3.1. Distribución geográfica.....	10
4.3.2. Plantas hospedantes.....	10
4.3.3. Biología y hábitos.....	10
4.3.4. Daños.....	11
4.3.5. Parasitoides.....	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
5.1. Sitio experimental.....	14
5.2. Establecimiento del cultivo.....	14
5.3. Manejo del cultivo.....	14

5.4. Búsqueda y colecta de parasitoides.....	14
5.5. Manejo del material biológico colectado.....	15
5.6. Confirmación de la identificación taxonómica de <i>D. lineolata</i>	16
5.7. Identificación taxonómica de parasitoides.....	17
5.8. Análisis de datos.....	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
6.1. Parasitoides de <i>D. lineolata</i>	18
6.2. Porcentajes de parasitismo.....	21
6.3. Densidad poblacional de <i>D. lineolata</i>	22
VII. CONCLUSIONES.....	27
VIII. LITERATURA CITADA.....	28

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de parasitoides potenciales de <i>Diatraea</i> spp.....	9
Cuadro 2. Ingredientes para la preparación de dieta artificial para las larvas de <i>Diatraea</i> spp.....	16

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen bajo muestreo: A) Desarrollo vegetativo, B) Floración, C) Grano lechoso, D) Madurez fisiológica del grano y E) Cosecha de grano.....	15
Figura 2.	Adultos de <i>A. diatraeae</i> emergidos de larvas de <i>D. lineolata</i> . Hembra (A) y macho (B).....	19
Figura 3.	Cocon de <i>A. diatraea</i> (C).....	19
Figura 4.	Larvas de <i>D. kimballi</i> alimentándose sobre una larva de <i>D. lineolata</i> (A). Cocones de <i>D. kimballi</i> (B).....	20
Figura 5.	Adultos de <i>D. kimballi</i> emergidos de larvas de <i>D. lineolata</i> . Hembra (C) y macho (D).....	20
Figura 6.	Número de larvas encontradas del barrenador del tallo <i>D. lineolata</i> y número de larvas parasitadas, registrado en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen en el ciclo verano-otoño 2018 en Macuspana, Tabasco, México.....	23
Figura 7.	Precipitación pluvial y temperatura media durante ciclo verano-otoño 2018 del cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, México.....	23
Figura 8.	Número de larvas encontradas del barrenador del tallo <i>D. lineolata</i> y número de larvas parasitadas, registrado en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen en el ciclo invierno 2018-primavera 2019 en Macuspana, Tabasco, México.....	24
Figura 9.	Precipitación pluvial y temperatura media durante ciclo invierno 2018-primavera 2019 del cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, México.....	24

RESUMEN

El Barrenador Neotropical del Maíz, *Diatraea lineolata* (Walker) 1856 (Lepidoptera: Crambidae), es una plaga de importancia económica en el cultivo de maíz en México. El objetivo de esta investigación fue identificar las especies de insectos parasitoides que atacan a *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen. Así mismo, se estimaron los porcentajes de parasitismo de acuerdo a la especie de parasitoide, la etapa fenológica y la época de siembra del cultivo en el estado de Tabasco, México. Se realizaron cinco muestreos a través de cinco etapas fenológicas del cultivo: 1) Desarrollo vegetativo, a los 42 Días Después de la Siembra (DDS); 2) Floración, a los 65 DDS; 3) Grano lechoso o elote, entre 78 y 82 DDS; 4) Madurez fisiológica del grano o dobla, entre 86 y 94 DDS; y 5) Cosecha, entre 93 y 117 DDS. En cada fecha de muestreo se tomaron de forma sistemática una muestra de 500 plantas en el cultivo para la búsqueda de parasitoides en larvas de *D. lineolata*. En el ciclo verano-otoño de 2018 se identificaron dos especies de parasitoides: El endoparasitoide *Apanteles diatraeae* (Hymenoptera: Braconidae) y el ectoparasitoide *Digonogastra kimballi* (Hymenoptera: Braconidae) con 1.4% (etapa grano lechoso) y 0.54% (etapa de cosecha) de parasitismo, respectivamente. En el ciclo invierno 2018-primavera 2019 se encontró de nuevo al parasitoide *A. diatraeae*, pero ahora en tres etapas fenológicas del cultivo de maíz: grano lechoso, madurez fisiológica y cosecha, con parasitismo de 27.3, 16.6 y 2.5% respectivamente. Ambos parasitoides pueden ser promisorios en el control biológico inducido de *D. lineolata*. En el área de estudio se encontró que el barrenador *D. lineolata* ataca al cultivo de maíz Mejen desde la floración hasta las etapas de grano lechoso, madurez fisiológica del grano y la cosecha. En estas dos últimas etapas, las poblaciones de esta plaga se incrementan significativamente.

Palabras claves: Parasitismo, barrenador del tallo, *Apanteles diatraeae*, *Digonogastra kimballi*.

ABSTRACT

The Neotropical Corn Borer, *Diatraea lineolata* (Walker) 1856 (Lepidoptera: Crambidae), is a pest of economic importance in the maize crop in Mexico. The objective of this investigation was to identify the parasitoid insect species that attack *D. lineolata* in the Mejen maize crop. Likewise, the parasitism percentages according to the parasitoid species, the phenological stage and the sowing time of the crop in the state of Tabasco, Mexico were estimated. Five samples were conducted through five phenological stages of the crop: 1) Vegetative development, at 42 Days After Sowing (DAS); 2) Flowering, at 65 DAS; 3) Milky grain or corn, between 78 and 82 DAS; 4) Physiological maturity of the grain or doubles, between 86 and 94 DAS; and 5) Harvest, between 93 and 117 DAS. At each sampling date, a sample of 500 plants was systematically taken in the crop for the search of parasitoids in larvae of *D. lineolata*. In the summer-autumn 2018 cycle, two species of parasitoids were identified: the *Apanteles diatraeae* (Hymenoptera: Braconidae) endoparasitoid and *Digonogastra kimballi* (Hymenoptera: Braconidae) ectoparasitoid, with 1.4% (milky grain stage) and 0.54% (harvest stage) of parasitism, respectively. Both parasitoids can be promising in the induced biological control of *D. lineolata*. In the study area it was found that the *D. lineolata* borer attacks the Mejen maize crop from flowering to the milky grain, physiological maturity of the grain and the harvest stages. In these last two stages, populations of this pest are increased significantly.

Keywords: Parasitism, stem borer, *Apanteles diatraeae*, *Digonogastra kimballi*.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea maíz* L., es un cultivo de importancia económica y social en México. A nivel nacional se siembran 1, 172, 941 ha; de las cuáles, en el estado de Tabasco se cultivan 34, 783 ha, con un rendimiento de 1.9 t ha⁻¹ (SIAP, 2018). Este cultivo es común en las áreas rurales de Tabasco y aproximadamente el 60% de la superficie están plantadas con variedades de maíz nativos de la región (Nadal, 2000; Isaac-Márquez *et al.*, 2005). Dentro de estas variedades se encuentra el maíz Mejen, que pertenece a la raza del maíz Tuxpeño con buena calidad agronómica en planta y resistencia a enfermedades (CONABIO, 2010). Es un cultivo de ciclo corto y de temporal, que se siembra entre mayo y febrero, periodo en el que se acumula aproximadamente 3,000 mm de lluvia en el Sureste de México (Gliessman, 2002). Tiene un amplio y variado uso: para tortilla, elote, pozol, tamales y esquites (CONABIO, 2011); además, es excelente como opción forrajera (Fuentes *et al.*, 2001).

El cultivo de maíz es afectado por una extensa lista de insectos plaga (Valdez-Torres *et al.*, 2012), en el cual destacan los barrenadores del tallo: *Diatraea grandiosella* (Dyar), *Diatraea saccharalis* (Fabricius) y *Diatraea lineolata* (Walker). En México, estas mismas especies de barrenadores también dañan a la caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., y al sorgo, *Sorghum bicolor* L. Moench, entre otros (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1988a; Vargas *et al.*, 2015).

El Barrenador Neotropical del Maíz, *D. lineolata* fue descrito por primera vez en Venezuela por Francis Walker en 1856 (Solís y Metz, 2016). Después se registró en Guatemala, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Colombia, Ecuador, Cuba, Las Bahamas, Las Guyanas y México (Bleszynski, 1969). Recientemente, en el estado de Tabasco, México, se reportó su presencia en tallos del maíz Mejen (Osorio-Osorio *et al.*, 2015). Los daños ascienden hasta un 62.4% de tallos barrenados por las larvas de esta especie, que ameritan la aplicación de medidas de control. Entre los diversos métodos de control de plagas, se considera que el control químico es poco efectivo contra barrenadores del tallo, ya que las larvas crecen y se desarrollan en el interior del tallo protegidos del ambiente externo (Fonseca *et al.*, 2013). Una alternativa de control es el uso de enemigos naturales, que incluye el empleo de parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Hernández-Velázquez *et al.*, 2012). La primera

evaluación del control biológico de barrenadores en México fue realizado entre 1921 y 1924 en el cultivo de caña de azúcar en los Mochis, Sinaloa (Van Zwaluwenburg, 1926). El Dr. Van Zwaluwenburg liberó las moscas parasitoides *Lixophaga diatraea* (Townsend) (Diptera: Tachinidae) y *Sarcophaga sternodontis* (Townsend) (Diptera: Sarcophagidae), introducidas a México desde Cuba. Entre los años 1920 y 2017 en esta misma área geográfica se realizaron otras evaluaciones del control biológico de barrenadores, enfocados al manejo de *Diatraea considerata* (Heinrich) y *D. grandiosella* en el cultivo de caña de azúcar (Flanders, 1930; Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1989a; Wiedenmann *et al.*, 2003; Vejar-Cota *et al.*, 2017). Los estudios de control biológico del barrenador neotropical del maíz *D. lineolata* son escasos. En Tamaulipas, México, a mediados de la década de 1980, se introdujo al parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) para el control de *D. lineolata* en el cultivo de maíz, observándose un parasitismo de larvas del 11% (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990a). Recientemente, en La Paz, El Salvador se ha reportado el parasitismo de larvas en *D. lineolata* de 22.7% y 31.8% ocasionados por los taquínidos *Billea* spp., (Diptera: Tachinidae) y *Palpozenillia* spp. (Diptera: Tachinidae), respectivamente (Joyce *et al.*, 2016). Con estos datos, se infiere que existen diferentes especies de parasitoides que afectan a las poblaciones del barrenador del tallo *D. lineolata* en el cultivo de maíz y que su estudio representa una alternativa de manejo de esta plaga.

Esta investigación permitirá conocer los parasitoides de *D. lineolata* presentes en forma natural en el cultivo de maíz Mejen en el Ejido Chinalito, municipio de Macuspana, Tabasco. Además, se determinará el porcentaje de parasitismo de cada especie parasitoide en esta plaga, lo que permitirá analizar el potencial de los mismos enemigos naturales y su eficacia para utilizarse como agentes de control biológico. Actualmente, no se tienen registros de investigaciones sobre parasitoides de *D. lineolata* bajo las condiciones climáticas y manejo del cultivo de maíz Mejen en el estado de Tabasco. El presente estudio establecerá las bases para investigaciones futuras en esta área.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la identidad taxonómica de las especies de parasitoides que atacan a larvas y pupas del barrenador del tallo *Diatraea lineolata* en el cultivo maíz Mejen en el Ejido Chinalito, municipio de Macuspana, Tabasco. Así mismo, estimar los porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide, según la etapa fenológica y la época de siembra del cultivo.

2.2. Objetivos específicos

- a) Realizar el muestreo de plantas de maíz infestadas por *D. lineolata* para la búsqueda y colecta de insectos parasitoides.
- b) Dar seguimiento a la cría de las larvas y pupas de *D. lineolata* colectadas en campo para recuperar ejemplares parasitados.
- c) Efectuar la identificación taxonómica de ejemplares parasitoides encontrados en el estudio.
- d) Estimar los porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide, la etapa fenológica y la época de siembra del cultivo.

III. HIPÓTESIS

Existen diferentes especies de parasitoides que atacan a las poblaciones del barrenador del tallo *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen en Tabasco, México. Los porcentajes de parasitismo varían de acuerdo a la especie de parasitoide, la etapa fenológica y la época de siembra del cultivo en la región.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia del cultivo de maíz

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos básicos en la alimentación humana y las diferentes partes de la planta tienen una gran variedad de usos (Fernández *et al.*, 2013). Desde el punto de vista alimentario, económico y social el maíz es el cultivo de mayor importancia en México, teniendo una producción de 3, 232, 550 t (SIAP, 2018). Es una especie con amplia distribución en territorio nacional, con gran variabilidad morfológica y fenológica que se refleja en la expresión de diversas características como el rendimiento de grano y resistencia a condiciones de tensión ambiental (Pecina *et al.*, 2011).

El cultivo de maíz representa una de las principales actividades productivas del estado de Tabasco, en el que se cultiva para autoconsumo y el resto como una respuesta a la demanda local. Se estima que anualmente en la entidad se siembran 34, 783 mil ha, que ocupan a 62 mil productores (SIAP, 2018). Este se cultiva en dos ciclos agrícolas: primavera-verano y otoño-invierno. Adicionalmente, hay un ciclo de siembra que se le denomina siembra de marzo o marceño, que se realiza el mes de marzo al inicio de la época seca y se cultiva en las tierras bajas que conservan humedad y de gran riqueza nutrimental (Orozco, 2002).

4.2. Los barrenadores del tallo *Diatraea* spp.

El género *Diatraea* es el grupo de barrenadores del tallo más importante que ataca a cultivos gramíneas, principalmente a maíz, caña de azúcar, arroz, sorgo y gramíneas forrajeras (Rodríguez-del-Bosque y Smith, 1997). Entre una extensa lista de especies plaga, destacan los barrenadores del tallo *D. saccharalis*, *D. grandiosella* y *D. lineolata* (Valdez-Torres *et al.*, 2012).

4.2.1. Distribución geográfica

El barrenador de caña de azúcar *D. saccharalis* es la plaga más importante económicamente y se le encuentra desde el sur de los Estados Unidos, Las Antillas, Centroamérica hasta Argentina (Peairs y Saunders, 1980). El barrenador del suroeste del maíz *D. grandiosella* se encuentra en los Estados Unidos y en parte del norte, oeste y sur

de México (Inglis, 2000). El Barrenador Neotropical del Maíz *D. lineolata* se ha registrado en la región Neotropical del mundo, desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Centroamérica, Las islas del Caribe, México hasta el Sur de Texas, EU (Dyar y Heinrich, 1927; Bleszynski, 1969).

En México, las especies de barrenadores de mayor importancia económica que dañan al cultivo de maíz son: *D. grandiosella*, *D. saccharalis* y *D. lineolata* (Rodríguez-del-Bosque y Smith, 1988a; Vargas *et al.*, 2015). El barrenador del suroeste del maíz *D. grandiosella* generalmente produce daños en el cultivo de maíz en los estados ubicados en el oeste y centro de México, tales como Chihuahua, Colima, Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Morelos, Puebla y Veracruz (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014). El barrenador del tallo de la caña de azúcar *D. saccharalis* ataca principalmente el cultivo de maíz y se encuentran en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Guerrero, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014). Recientemente, en el estado de Tabasco, México se reportó a *D. lineolata* atacando tallos del cultivo de maíz Mejen (Osorio-Osorio *et al.*, 2015).

4.2.2. Taxonomía del Barrenador Neotropical del Maíz

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Crambidae

Género: *Diatraea*

Especie: *D. lineolata* (Walker) (Dyar y Heinrich, 1927; Bleszynski, 1969)

Se ha determinado que el género *Diatraea* comprende a 56 especies (Dyar y Heinrich, 1927). El estudio de la genitalia del adulto es la única característica de valor taxonómico para diferenciar especies de *Diatraea*. Más adelante, Bleszynski (1969) describió y estableció las claves taxonómicas de 21 especies del género, donde también resaltó que la genitalia de macho posee importantes caracteres taxonómicos. Peairs y Saunder (1980) también confirmaron que la genitalia es reconocida por su valor taxonómico en la separación de especies. En una revisión reciente Solís y Metz (2016)

consideran que en América hay 41 especies de *Diatraea* basándose en la morfología de la genitalia del macho.

4.2.3. Biología y hábitos

En general todos los barrenadores tienen un ciclo biológico similar, el cual comprende los estados de huevo, larva, pupa y adulto (Riley y Solís, 2005; Passoa, 2014).

a) Huevo. Son aplanados, ovales, blanquecinos y/o amarillos. Son depositados en el haz y en envés de las hojas en grupos pequeños sobrepuestos de 25 a 35 huevecillos (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014). Estos eclosionan en promedio de 4 a 9 días, dependiendo de la temperatura, la duración es muy variable (Riley y Solís, 2005).

b) Larva. Miden de 1.8 a 4 cm de longitud, con el cuerpo blanco-cremoso y pequeñas manchas redondas y de color café, al emerger se alimentan de la hoja. A los 2 a 3 días pasa a la nervadura central y de los 10 a 15 días penetran en el tallo donde permanecen por un lapso de 18 a 24 días (Pérez y Martínez, 2011; Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014). La cabeza es de color café y está armada con fuertes mandíbulas masticadoras que son las que le permiten perforar el tallo; las patas son de igual color que el cuerpo (Riley y Solís, 2005). El periodo larval dura aproximadamente de 25 a 35 días, dependiendo de las condiciones climáticas. En promedio los barrenadores tienen cinco instares (Passoa, 2014).

c) Pupa. Son de color café, miden alrededor de 1.7 cm de largo y 0.4 cm de ancho, y se localizan dentro de los tallos de la planta. La pupa es inicialmente de color marrón claro, oscureciendo a medida que se aproxima al estado adulto, este estado dura aproximadamente 9 días (Riley y Solís, 2005; Passoa, 2014).

d) Adulto. Son palomillas de color café claro, con el cuerpo cubierto de escamas incluyendo patas y antenas, con alas marcadas con puntos negros; las hembras son más grandes que los machos (Passoa, 2014). Estas permanecen ocultas durante el día y ovipositan durante la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas, así como también sobre las vainas foliares que envuelven el tallo (Riley y Solís, 2005). La longevidad del adulto varía de 3 a 10 días, por lo que su ciclo de vida de este insecto es

de 30 a 55 días pudiendo ocurrir hasta tres generaciones de la plaga durante el ciclo vegetativo del cultivo (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014).

Entre los métodos de control más utilizados para barrenadores se destaca el uso de insecticidas químicos y el control biológico, este último mediante la utilización de parasitoides y entomopatógenos (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2014; Vejar-Cota *et al.*, 2017).

4.2.4. Control químico

El control químico solo puede ser efectivo durante los primeros estadios larvales, antes de que penetren al tallo (Schexnayder, 2001). En estos estadios, en el sur de Texas se observó que la aplicación de los insecticidas novaluron, flubendiamida y clorantropilprol redujo daños del 39 al 99% en parcelas infestadas por *D. saccharalis* en comparación con las parcelas no tratadas (Wilson *et al.*, 2017). Sin embargo, el control químico está relacionado con la aparición de resistencia y el efecto nocivo a los enemigos naturales de la plaga (Séralini *et al.*, 2014). Además se menciona que debido a los hábitos críticos de alimentación del barrenador y a la presencia de múltiples generaciones de la plaga la eficacia de los insecticidas es limitada (De Freitas *et al.*, 2007).

4.2.5. Control biológico

El control biológico es una alternativa sustentable en el manejo de plagas donde se integran los parasitoides, depredadores y patógenos (Hernández-Velázquez *et al.*, 2012). El uso de estos enemigos naturales permite regular las densidades poblacionales de organismos plaga a un nivel bajo (Williams *et al.*, 2013).

Los parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en los programas de control biológico de plagas insectiles (Carballo, 2002). Éstos se desarrollan dentro o fuera del organismo hospedero. Se alimentan de los fluidos corporales y de los órganos internos matando lentamente al insecto hospedero (Carballo, 2002; Nicholls, 2008). Un parasitoide necesita de un hospedero para completar su ciclo de vida y la hembra es quien busca al hospedero (Nicholls, 2008).

Es por ello que se han realizado evaluaciones de la efectividad del uso de parasitoides para el control biológico de *Diatraea* spp. En Colombia, las poblaciones de larvas de *Diatraea* se controlan mediante liberaciones de moscas taquínidas *Lydella minense* (Townsend) y *Billaea claripalpis* (Wulp), mientras que los huevecillos con el parasitoide *Trichogramma exiguum* (Pinto & Platner) (Vargas *et al.*, 2015).

Rivera y Soto (2017) evaluaron la eficiencia de *T. exiguum*, *L. minense*, *B. claripalpis* y *C. flavipes* sobre *D. saccharalis* en caña de azúcar, como alternativa para el control de la plaga. En Venezuela se realizaron estudios que consistieron en la liberación de los parasitoides *M. minense* y *C. flavipes* demostrando *M. minense* tuvo mayor incidencia en la disminución de las poblaciones de *D. saccharalis* (Weir *et al.*, 2007). Posteriormente varios autores reportaron que el género de parasitoide de mayor abundancia poblacional y mejor eficiencia de parasitismo sobre *Diatraea* spp., fue *Cotesia* spp., (Figueredo *et al.*, 2010). En Brasil se han realizado diversos estudios y reportan que *C. flavipes* es un parasitoide que se ha empleado durante varios años y se produce de forma masiva para ser liberado posteriormente en cultivos de caña de azúcar; además tiene la capacidad de reconocer sus hospederos incluso dentro de las galerías de la caña de azúcar (Cano *et al.*, 2006; Matias-Da-Silva *et al.*, 2010). En Cuba se ha estado produciendo más de 65 millones de pupas *Lixophaga diatraea* (Townsend) por año, insecto taquínido parasitoide del barrenador de la caña de azúcar (Montes *et al.*, 2008). En el Salvador el parasitoide *Billea* spp., causó un 67% de parasitismo en larvas de *D. saccharalis* en el cultivo de caña de azúcar (Joyce *et al.*, 2016).

En México una de las estrategias que se ha utilizado en el sur de Tamaulipas desde hace casi tres décadas es la liberación de avispa *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Riley y Solis, 2005; Rodríguez-del-Bosque y Vejar-Cota, 2008). En la década de 1980, *C. flavipes* se introdujo con éxito en el norte de Tamaulipas para el control de *D. saccharalis*, donde se observó un porcentaje de parasitismo del 53.3% y se ha convertido en un factor importante la regulación poblacional de esta plaga (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990a). En la región Azucarera de Los Mochis, Sinaloa el parasitoide *Macrocentrus prolificus* (Wharton) (Himenóptera: Braconidae) fue un éxito, con un 52% de parasitismo en su hospedero *D. considerata* (Vejar-Cota *et al.*, 2005a). En el Cuadro 1, se presenta la lista de insectos parasitoides que atacan a *Diatraea* spp.

Cuadro 1. Lista de parasitoides potenciales de *Diatraea* spp.

Especie y tipo de parasitoide	Hospedante	Lugar	Referencias
Parasitoides de huevecillos			
Hymenoptera: Trichogrammatidae <i>Trichogramma</i> spp.	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. grandiosella</i>	Venezuela, Colombia, Brasil, México	Vargas <i>et al.</i> (2015), Rodríguez <i>et al.</i> (2016), Rivera y Soto (2017), Rodríguez-del-Bosque <i>et al.</i> (1989a)
Himenoptera: Braconidae <i>Chelonus sonoriensis</i> Cameron	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. grandiosella</i> y <i>D. considerata</i>	México	Rodríguez del Bosque <i>et al.</i> (2014)
Parasitoides de larvas			
Hymenoptera: Braconidae <i>Cotesia flavipes</i> Cameron	<i>Diatraea</i> spp., <i>D. saccharalis</i> , <i>D. lineolata</i>	Venezuela, Costa Rica, Cuba, Brasil, México	Badilla (2002), Cano <i>et al.</i> (2006), Figueredo <i>et al.</i> (2010), Rodríguez-del-Bosque <i>et al.</i> (1990a)
<i>Apanteles deplanatus</i> Muesebeck	<i>D. considerata</i> <i>D. manufactella</i>	México	Rodríguez-del-Bosque y Smith (1994)
<i>Apanteles diatraeae</i> Muesebeck	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. lineolata</i> , <i>D. grandiosella</i> y <i>Diatraea</i> sp.	Cuba, USA en Texas, Arizona, Centro y Sureste de América, oeste de India y México	Muesebeck, (1921) Krombein <i>et al.</i> (1979), Rodríguez-del-Bosque y Smith (1995)
<i>Macrocentrus prolificus</i> Wharton	<i>D. considerata</i>	México	Vejar-Cota <i>et al.</i> (2005a)
<i>Digonogastra kimballi</i> Kirkland	<i>D. grandiosella</i> , <i>D. saccharalis</i> y <i>D. lineolata</i> <i>D. considerata</i> <i>D. manufactella</i>	México Texas, UE	Rodríguez-del-Bosque y Smith (1990a) Kirkland (1982), Wharton <i>et al.</i> (1989) Overholt (1990)
<i>Digonogastra solitaria</i> Wharton y Quicke	<i>Eoreuma loftini</i>	Texas, UE	Wharton <i>et al.</i> (1989)
Diptera: Tachinidae			
<i>Paratheresia</i> spp.	<i>D. saccharalis</i> y <i>D. lineolata</i>	Salvador	Joyce <i>et al.</i> (2016)
<i>Palpozenillia</i> spp.	<i>D. lineolata</i>	Salvador	Joyce <i>et al.</i> (2016)
<i>Metagonistylum minense</i> Townsend	<i>D. saccharalis</i>	Colombia	Vargas <i>et al.</i> (2015) Rivera y Soto (2017)
<i>Parathesia claripalpis</i> Vander Wulp	<i>D. saccharalis</i> , <i>D. grandiosella</i> <i>Eoreuma loftini</i>	Colombia, Panamá	Vargas <i>et al.</i> (2015) Rivera y Soto (2017)
<i>Lydella minense</i> Townsend	<i>D. saccharalis</i>	Colombia	Vargas <i>et al.</i> (2015)
<i>Siphosturmia rafaelli</i> Townsend	<i>D. saccharalis</i>	México	Hernández-García <i>et al.</i> (2016)
<i>Lixophaga diatraea</i> Townsend	<i>D. saccharalis</i>	Cuba	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Parasitoides de larva y pupa			
Hymenoptera: Chalcididae <i>Conura acuta</i> Fabricius	<i>D. considerata</i> <i>D. grandiosella</i>	México	Vejar-Cota <i>et al.</i> (2005b)

4.3. El Barrenador Neotropical del Maíz *D. lineolata*

4.3.1. Distribución geográfica

Diatraea lineolata fue descrito por primera vez en Venezuela por Francis Walker en 1856 (Solís y Metz, 2016). Se encuentra en la región Neotropical del mundo desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Centroamérica, Las islas del Caribe, México hasta el Sur de Texas, E.U.A (Dyar y Heinrich, 1927; Bleszynski, 1969). En México, es una especie que se ha encontrado en maíz en Tamaulipas (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1988b), Veracruz (Aguirre, 2007) y Jalisco (Pérez-Domínguez e Ireta-Moreno, 2017). Recientemente, en el estado de Tabasco, México se ha reportado ocasionando daño en el cultivo de maíz Mejen (Osorio-Osorio *et al.*, 2015).

4.3.2. Plantas hospedantes

Es una plaga importante del cultivo de maíz, *Z. mays*, (Dyar y Heinrich, 1927; Peairs y Saunders, 1980; Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1988a; Osorio-Osorio *et al.*, 2015). Además, se ha encontrado en caña de azúcar (*S. officinarum*) (Bleszynski, 1969), sorgo (*S. bicolor*) (Agnew *et al.*, 1988), zacate Johnson (*S. halepense*) y otras especies de poaceas (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1988b).

4.3.3. Biología y hábitos

Los adultos de *D. lineolata* son de vida muy corta, la hembra vive en promedio de 3-9 días y el macho con un promedio de 2-8 días (Keith y Kevan, 1944). A nivel laboratorio, a una temperatura 25 °C, el periodo de huevo a adulto en promedio es de 49 días (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1989b). La hembra oviposita en las hojas superiores, en el espigado del maíz o en la envoltura de las mazorcas jóvenes; depositan un promedio de 377 huevos, los cuáles son de color amarillo pálido ceroso, redondos ovales y planos (Keith y Kevan, 1944). En un experimento a nivel laboratorio a una temperatura de 25 °C la eclosión de los huevos en promedio es de 6 días, el estado larval de seis instares, con un promedio de 32 días (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1989b). Al emerger las larvas se alimentan de las hojas del maíz. Larvas de tercer al sexto instar generalmente se encuentran alimentándose del tallo. Las larvas de tercer instar perforan un túnel en el tallo de forma longitudinal a través de varios entrenudos (Rodríguez-del-

Bosque *et al.*, 1990b). La transformación de larva a pupa, sucede dentro del tallo, pero antes que la larva realice un orificio de salida, recubre con seda y entra en estado prepupal, las manchas se oscurecen y el cuerpo se contrae un poco (Keith y Kevan, 1944). El estado de pupa tiene una duración en promedio de 11 días (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990b). Durante la prepupa los ejemplares pierden las manchas y se tornan de una coloración amarilla uniforme. Éstas prepupas permanecen en reposo en los tallos durante la estación seca, meses más tarde con el inicio de las lluvias pupan y así la especie puede finalizar su ciclo durante el cual la planta huésped está ausente (Hynes, 1942).

La construcción de galerías en el tallo merma el rendimiento del cultivo de maíz, esto se debe a que la larva del barrenador destruye la fuente de translocación de nutrientes y flujo de agua. La mazorca no llena completamente su grano y provoca que la misma planta al no alimentarse de los nutrientes que provee el sistema radical se alimente de sus reservas nutritivas, en este caso de la mazorca (Barros-Ríos *et al.*, 2011).

4.3.4. Daños

En el estado de Tabasco el 62.4% de los tallos del maíz Mejen nativo son infestados por *D. lineolata*. De estas, el 38.5% tenía un nudo dañado, el 32.1% dos nudos 21.3% tres nudos, 5.6% cuatro nudos y 2.5% tenían cinco nudos dañados. Existe una directa relación entre el número de larvas y el número de nudos lesionados por planta. De acuerdo con los hábitos alimenticios, la mayoría de las larvas se localizan barrenando los tallos, aunque ocasionalmente se encuentran alimentándose de granos en las mazorcas (Osorio-Osorio *et al.*, 2015).

En el estado de Veracruz, se ha estimado que un 10% de plantas dañadas por *D. lineolata* merman de 500 a 600 kg de maíz por hectárea (Aguirre, 2007). Un efecto indirecto del daño de *D. lineolata* en los tallos de maíz es el establecimiento del hongo *Fusarium* sp. Se ha encontrado que por cada 10% de plantas atacadas hay 9.8% de plantas dañadas por el hongo *Fusarium* sp., que al dañar los tejidos de conducción del tallo afecta directamente el transporte de nutrientes a la mazorca, lo que provoca una disminución del rendimiento y el quebrado de plantas desde la fructificación a la cosecha (Aguirre, 2007). Los barrenadores propician la entrada de otros patógenos por

las galerías que construyen en el tallo, tal como *Sclerotium bataticola* ocasionando la podredumbre del tallo y pérdidas durante la cosecha por caída de espigas como consecuencia del barrenado del pedúnculo y base de las mismas (Alonso y Miguez, 1984).

La intensidad de infestación y el daño de *D. lineolata* es variable de acuerdo a la localidad y desarrollo fenológico del cultivo de maíz. En 1986, en el Salvador, las infestaciones por *D. lineolata* fueron bajas en etapas tempranas de crecimiento, aumentando durante la floración y maduración del grano, alcanzando un promedio máximo de 11% (Serrano *et al.*, 1988). En Tamaulipas, México, las poblaciones de *D. lineolata* están presentes en primavera y otoño. Las densidades más altas ocurren en los periodos junio-julio y octubre-diciembre cuando el maíz está la etapa reproductiva (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990b).

4.3.5. Parasitoides

Hay pocos estudios realizados del control biológico de *D. lineolata*. En el Salvador se encontraron dos moscas parasitoides con un 37% de parasitismo de *Paratheresia* spp. y *Palpozenillia* spp. (Diptera: Tachinidae), fueron dominantes en larvas de *D. lineolata* en el cultivo de maíz (Joyce *et al.*, 2016). En Arizona de 1931 a 1934 en el cultivo de maíz el porcentaje de parasitismo de *A. diatraeae* sobre *D. grandiosella* fue de 3.6% en la primera generación, incrementando en la segunda generación con un 32.4% y hubo un mayor incremento en la tercera generación con un 78.9% (Davis, 1944).

En México, en el periodo 1984 a 1988 se evaluó el parasitismo de los barrenadores del tallo de maíz en el estado de Tamaulipas, México. En específico para *D. lineolata* el parasitismo por *C. flavipes* fue de 0.3 y 4.5% durante la temporada de primavera y otoño, respectivamente. En otoño, en la etapa fenológica vegetativa, reproductiva y de senescencia del cultivo de maíz el porcentaje de parasitismo fue de 1.4, 5.1 y 6.4% respectivamente. También se encontraron otros parasitoides con menor porcentaje de parasitismo para *D. lineolata*: *Glyptapanteles* sp., *Digonogastra* sp., *Eucelatoria* sp., con 0.4, 0.9 y 1.1%, respectivamente (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990a). Cabe destacar que a mediados de la década de 1980 el bracónido asiático *C.*

flavipes fue introducido en Tamaulipas para el control de *D. lineolata* con un nivel de parasitismo del 11.7 % (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990a).

Otra especie de parasitoide registrado en México es *D. kimballi* registrado para Morelos (Jojutla, Xochitepec, Miacatlán, San Miguel, Palo Bolero y Tetela), Guanajuato (Pénjamo) y Veracruz (Poza Rica) el cual se encontró asociado a *D. grandiosella*, *D. sacharalis* y *D. lineolata*, aunque esta especie rara vez superó el 5% de parasitismo sobre las poblaciones de barrenadores (Kirkland, 1982; Wharton *et al.*, 1989). En Veracruz, *D. kimballi* se encontró asociado a *D. magnifactella* (Wharton *et al.*, 1989), en Jalisco (Autlán) y Nayarit (Tepic) a *Diatraea* sp. (Wharton *et al.*, 1989) y en Sinaloa (Culiacán) a *D. considerata* (Wharton *et al.*, 1989). En un cultivo de maíz en Tamaulipas, *Digonogastra* sp., parasitó de 0.9 y 0.6% a los barrenadores del tallo *D. lineolata* y *D. saccharalis*, respectivamente (Rodríguez-del Bosque y Smith 1990a). En contraste, Overholt (1990) mencionó que el parasitismo de *D. kimballi* sobre *D. grandiosella* fue de 11.3%. En condiciones de laboratorio, en larvas en diapausa de *D. lineolata* *D. kimballi* alcanzó hasta 60% de parasitismo (Rodríguez-del Bosque y Smith, 1989c).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Sitio experimental

El estudio se realizó en el Ejido Chinalito, municipio de Macuspana, Tabasco, México (17° 45'12" N, 92° 15'47" LO, 11 MSNM). El clima es cálido húmedo con lluvias durante todo el año. La temperatura media anual es de 26.2 °C, entre temperaturas medias mensuales de 22.7 °C en enero y 28.5 °C en mayo. La precipitación media anual es de 2,387 mm con un promedio máximo mensual de 383 mm en septiembre y un mínimo de 76 mm en abril (CONAGUA, 2018).

5.2. Establecimiento del cultivo de maíz

El cultivo de maíz Mejen se estableció en una hectárea, en dos periodos de cultivo bajo condiciones de producción temporal: en julio del 2018 (ciclo verano-otoño), y diciembre de 2019 (ciclo invierno-primavera). La distancia entre plantas fue de 0.5 m y entre hileras de 0.92 m, depositando dos semillas por punto, para una densidad de 43 mil plantas por hectárea (Tinoco *et al.*, 2002).

5.3. Manejo del cultivo

Se realizó la fertilización del cultivo con la fórmula 90-40-00 recomendada para el estado de Tabasco por Tinoco *et al.* (2002), que equivale en producto comercial a 196 kg de urea y 87 kg de superfosfato de calcio triple. La cantidad de urea se fraccionó en dos partes. La primera aplicación se realizó a los 10 días después de la siembra (DDS) y la segunda aplicación se incorporó a los 30 DDS. El superfosfato de calcio triple se mezcló con la primera aplicación de urea. No se realizó ninguna aplicación de insecticidas con el fin de no interferir con la infestación del barrenador del tallo. El control de malezas se realizó de forma manual cuatro veces en el ciclo del cultivo.

5.4. Búsqueda y colecta de parasitoides

La búsqueda y recolecta de parasitoides se realizó mediante el muestreo de larvas de *D. lineolata* en los cultivos de maíz previamente establecidos. En cada ciclo de cultivo se realizaron cinco muestreos a través de cinco etapas fenológicas del maíz Mejen (Figura 1). En cada fecha de muestreo se tomó de forma sistemática una muestra

de 500 plantas. Para ello, las plantas se cortaron al ras de suelo, se eliminó el follaje y se hizo un corte longitudinal del tallo para extraer las larvas y pupas parasitadas/no parasitadas del barrenador de tallo. Las larvas y pupas extraídas se colocaron y se mantuvieron de forma individual en contenedores de plástico transparentes de 30 ml. Las pupas de los parasitoides que se encontraron durante la disección de los tallos, se colocaron en tubos de ensayo con algodón húmedo para evitar la deshidratación. Ambos tipos de muestras se trasladaron al laboratorio de Sanidad Vegetal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, donde se mantuvieron en observación. En el caso de las larvas se dio seguimiento a su desarrollo hasta la obtención de adultos de *D. lineolata* o la emergencia de los parasitoides.

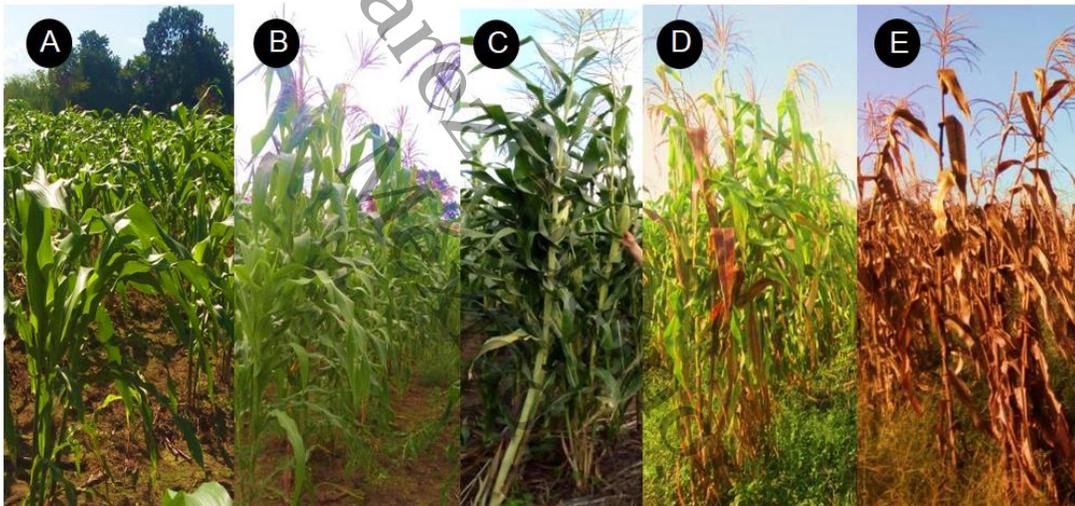


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen. 1) Desarrollo vegetativo, 42 DDS; 2) Floración, 65 DDS; 3) Grano lechoso o elote, entre 78 y 82 DDS; 4) Madurez fisiológica del grano o dobla, entre 86 y 94 DDS; y 5) Cosecha, entre 93 y 117 DDS.

5.5. Manejo del material biológico colectado

Las larvas de *D. lineolata* recolectadas en campo se colocaron dentro de una cámara de cría. A cada ejemplar se le proporcionó, con un intervalo de 5 días, una porción de la dieta artificial propuesta por Badilla-Fernández *et al.* (1994) para que continuaran su desarrollo. En el Cuadro 2 se indican los ingredientes de la dieta. Las condiciones de la cámara de cría de insectos fueron de 28 ± 5 °C, $70 \pm 5\%$ humedad relativa y fotoperiodo de 12:12 h (luz: oscuridad). Diariamente y durante 10 días se

revisó los recipientes de plástico con la finalidad de registrar la emergencia de los parasitoides y adultos de *D. lineolata*.

Cuadro 2. Ingredientes para la preparación de la dieta artificial para larvas de *Diatraea* spp.

Ingredientes*	Cantidad
Harina de maíz	280 g
Germen de trigo	70 g
Levadura de cerveza	75 g
Ácido ascórbico	7.5 g
Ácido benzoico	3.75 g
Nipagin (metil paraben)	4 g
Agar	35 g
Formol MD (37%)	2 ml
Ácido acético glacial	4 ml
Sulfato de estreptomicina	2 g
Agua para sólidos	1000 ml
Agua para disolver agar	1000 ml

*Para larvas de primer instar se excluyó el formol y el ácido acético glacial.

5.6. Confirmación de la identidad taxonómica de *D. lineolata*

La corroboración de la identidad taxonómica de *D. lineolata* se realizó con la genitalia de los machos. A 10 machos emergidos se les cortó la parte apical del abdomen donde se encuentran sus genitales. Se utilizaron las estructuras genitales del macho por ser las que permiten la diferenciación entre las especies de barrenadores (Vargas *et al.*, 2013). Para facilitar la obtención de la genitalia las porciones de tejidos extraídos se colocaron en hidróxido de potasio al 10% durante 24 horas, posteriormente se lavaron con agua destilada y alcohol al 70% para eliminar el excedente de tejido circundante. El montaje de cada genitalia se realizó al colocar esta estructura en un portaobjeto de vidrio que contenía una gota de glicerina, el cual se cubrió con el vidrio de un cubreobjeto (Hernández *et al.*, 2015). Previamente se separaron las estructuras bajo el microscopio estereoscopio a 40X. Se utilizaron las ilustraciones de las de genitalias del trabajo de Dyar y Heinrich (1927) y Bleszynski (1969) para confirmar la identidad de la especie.

5.7. Identificación taxonómica de parasitoides

La identificación taxonómica de los ejemplares de parasitoides adultos emergidos se realizó mediante los trabajos taxonómicas de Muesebeck (1921, 1957), Wharton y Smith (1989), Austin y Dangerfield (1989), Wharton *et al.* (1997) y Fernandez-Triana *et al.*, (2014). También se enviaron ejemplares adultos ($n = 6$) de cada especie a la

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán, México, para corroborar su identificación taxonómica a nivel de especie.

5.8. Análisis de datos

Se realizó un análisis de frecuencia de larvas parasitadas y no parasitadas de *D. lineolata* para la elaboración de gráficos de barras. La determinación del porcentaje de parasitismo (PP) por especie de parasitoide, etapa fenológica y época de siembra del cultivo se realizó mediante la siguiente ecuación (Figueredo, 2010):

$$PP = \frac{(\text{Total de formas biológicas del parasitoide})}{(\text{Total de formas biológicas del parasitoide} + \text{Total del hospedante})} \times 100$$

Por otro lado, para correlacionar los niveles poblacionales de *D. lineolata* y sus parasitoides de las dos épocas de siembra con la precipitación pluvial y la temperatura los datos se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua del estado de Tabasco en el municipio de Macuspana (CONAGUA, 2018, 2019). Esto con la finalidad de correlacionar estos elementos climáticos con los niveles de poblaciones de *D. lineolata* y sus parasitoides.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Parasitoides de *D. lineolata*

Se encontraron dos especies de parasitoides de larvas de *D. lineolata*, ambos gregarios. El endoparasitoide *Apanteles diatraeae* Muesebeck, (Hymenoptera: Braconidae) (Figura 2 y 3) y el ectoparasitoide *Digonogastra kimballi* (Kirkland) (Hymenoptera: Braconidae) (Figura 4 y 5). No se registraron parasitoides de huevos y pupas. Este es el primer registro de *D. kimballi* parasitando a larvas de *D. lineolata* en un cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, lo cual amplía la distribución de esta especie en México.

Apanteles diatraeae fue descrito en Cuba asociado a larvas de *D. saccharalis* por Carl Frederick William Muesebeck (Muesebeck, 1921). Además de *D. lineolata*, tiene como hospederos a *D. grandiosella* y *Diatraea* sp. (Muesebeck, 1957). Se encuentra distribuido en Texas, Arizona (E.U.A), Centro y Sureste de América, así como en la india occidental (Krombein *et al.*, 1979). En México se ha reportado en los estados de Morelos (Van Zwaluwenburg, 1926), Tamaulipas y Tabasco (Rodríguez-del-Bosque y Smith, 1995).

Apanteles diatraeae tiene como características diagnosticas de tener el temple y mesoescutum con punturas setigeras, escutelo liso. Las tégulas y patas son oscuras, en ocasiones no tan oscuras como el cuerpo. Las patas posteriores usualmente más oscuras que las patas anteriores y las medias. La venación de la ala anterior de color claro, estigma casi opaco. Las venas 2r y 1Rs en ángulos donde éstas se unen más o menos redondeadas suavemente, borde del lóbulo vanal de la ala posterior virtualmente recto y desprovisto de pelos marginales en su mitad anterior. El terguito II rectangular (Austin y Dangerfield, 1989).

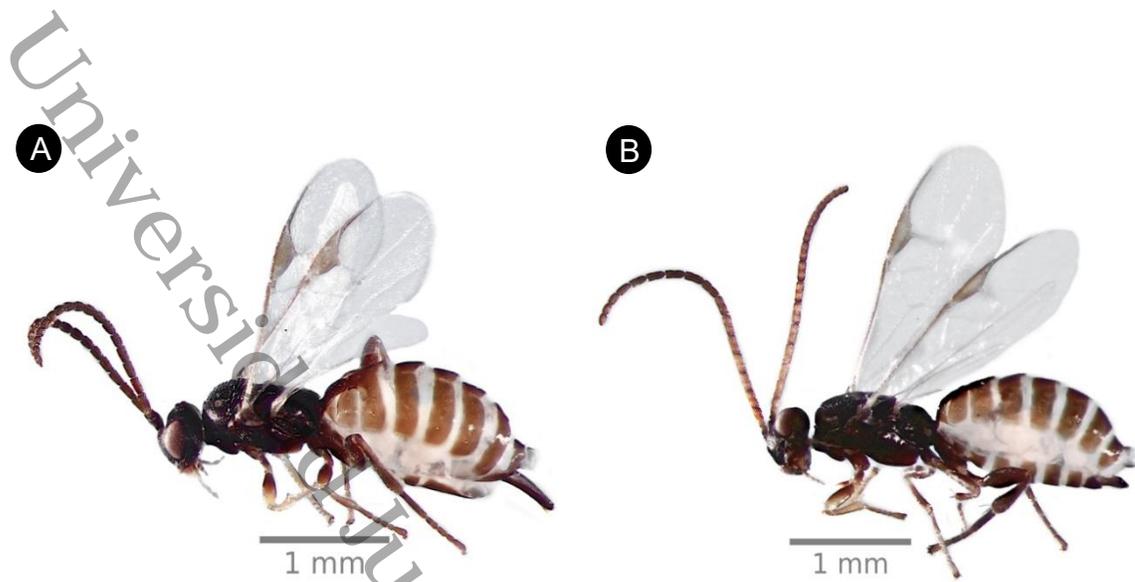


Figura 2. Adultos de *A. diatraeae* emergidos de larvas de *D. lineolata*. Hembra (A) y macho (B).



Figura 3. Cocon de *A. diatraeae* (C).



Figura 4. Larvas de *D. kimballi* alimentándose sobre una larva de *D. lineolata* (A). Cocones de *D. kimballi* (B).

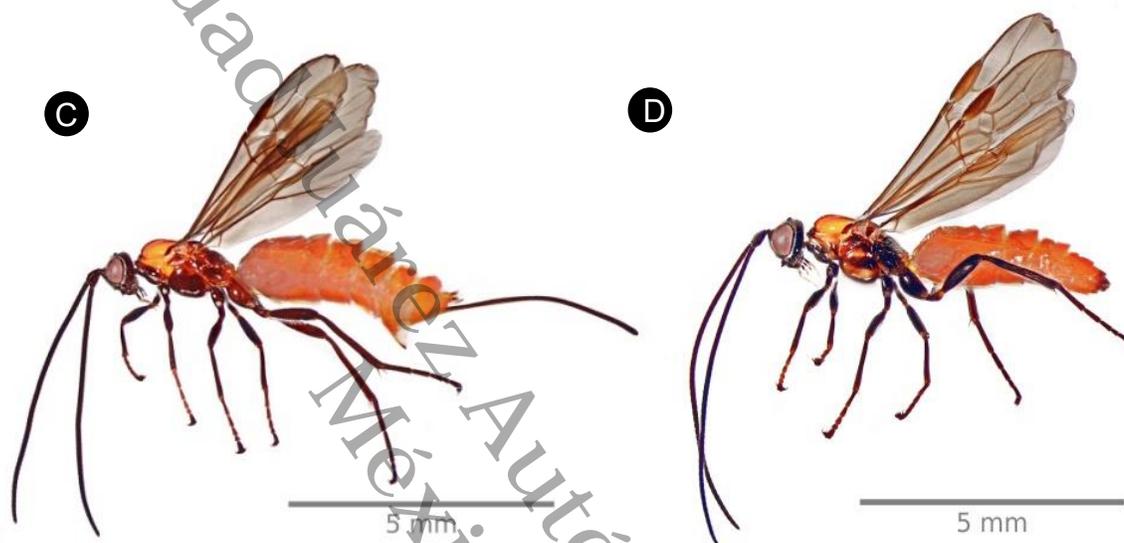


Figura 5. Adultos de *D. kimballi* emergidos de larvas de *D. lineolata*. Hembra (C) y macho (D).

En lo que respecta a *D. kimballi* (Kirkland) 1989, esta especie se distingue de otras especies de avispas por su coloración de la cabeza negra, mesonoto rojizo, propodeo oscuro con franjas medias pálidas y metasoma rojizo. El tamaño de su ovipositor oscila de 2.4-5.0 mm. La escultura de la cara varía de casi lisa a puntuada. La depresión clipeal está bordeada dorsalmente por una carina distintiva y el margen dorsal del clipeo claramente se eleva por encima del nivel de la cara (Wharton y Smith, 1989). Quicke (1988) menciona que debido a que el género *Iphiaulax* se restringió a las especies que se distribuyen al viejo mundo, lo que resultó en la transferencia de las especies del nuevo mundo a *Digonogastra* un nombre que previamente había sido tratado como un sinónimo de *Iphiaulax*. *D. kimballi* tiene como hospederos a *D. grandiosella*, *D. lineolata*, *D. magnifactella*, *D. saccharalis* y *D. considerata* (Achterberg y Polaszek, 1996). Este parasitoide está distribuido en E.U.A., e

introducido en el sur de África (Achterberg y Polaszek, 1996). Por otra parte, en México se ha registrado en Morelos (Jojutla, Xochitepec, Miacatlán, San Miguel, Palo Bolero y Tetela), Guanajuato (Pénjamo) y Veracruz (Poza Rica) asociado a *D. grandiosella*, *D. sacharalis* y *D. lineolata* (Kirkland 1982, Wharton *et al.*, 1989). En Veracruz se encontró asociado a *D. magnifactella* (Wharton *et al.*, 1989), en Jalisco (Autlán) y Nayarit (Tepic) a *Diatraea* sp. (Wharton *et al.*, 1989) y en Sinaloa (Culiacán) a *D. considerata* (Wharton *et al.*, 1989).

6.2. Porcentajes de parasitismo

En el ciclo verano-otoño de 2018 del cultivo de maíz Mejen, en la etapa fenológica de grano lechoso, se encontró una larva parasitada de *D. lineolata* de 3° instar. En este caso el parasitoide se identificó como *A. diatraeae* (Figura 2 y 3). En esta etapa se colectaron 70 larvas de *D. lineolata* por lo tanto el porcentaje de larvas parasitadas fue de 1.4%. Del total de ejemplares de *A. diatraeae* que emergieron 47 fueron hembras y 3 machos, por lo tanto su relación hembra: macho fue de 1: 0.06. En la etapa de cosecha del grano, se encontraron dos larvas parasitadas (ambas de 5° instar) (Figura 2). Como responsable de este parasitismo se identificó a *D. kimballi* como ectoparasitoide gregario de larvas de 5° instar de *D. lineolata* (Figura 3 y 4). En esta etapa se colectaron 365 larvas de *D. lineolata*, por lo tanto el porcentaje de larvas parasitadas fue de 0.54%. Del total de ejemplares de parasitoides que emergieron 3 fueron hembras y 4 machos, en promedio 3.5 avispas de *D. kimballi* por larva y la relación (hembra: macho) fue de 1:1.3.

En el ciclo de cultivo invierno 2018-primavera 2019 se encontró de nuevo el parasitoide *A. diatraeae*, pero ahora en tres etapas del cultivo de maíz. En la etapa fenológica grano lechoso se encontraron tres larvas parasitadas que corresponden al (3°, 4° y 5° instar de *D. lineolata*) en la etapa fenológica de madurez del grano se encontró una larva parasitada (3° instar de *D. lineolata*) y en la etapa fenológica de la cosecha del grano se encontraron dos larvas parasitadas (4° y 5° instar de *D. lineolata*). Los porcentajes de parasitismo por etapas fenológicas del cultivo correspondió a 27.3, 16.6 y 2.5%, respectivamente. Del total ejemplares de ejemplares de parasitoides que

emergieron 153 fueron hembras y 97 machos. En promedio emergieron 83.3 avispas de *A. diatraeae* por larva de *D. lineolata* y la relación hembra: macho fue de 1:0.6.

El parasitoide *A. diatraeae* se estudió en Arizona de 1931 a 1934 en el cultivo de maíz donde se presentaron tres generaciones de este parasitoide sobre *D. grandiosella*. El porcentaje de parasitismo sobre larvas fue de 3.6% en la primera generación, incrementando en la segunda generación a 32.4%, pero en la tercera generación hubo un mayor incremento a un 78.9%, lo que indica que este parasitoide fue más efectivo en las dos últimas generaciones (Davis, 1944). En otro estudio, se ha reportado un parasitismo de hasta 50% en larvas de *Diatraea* sp., en el cultivo de maíz en el estado de Morelos y se ha registrado la misma especie en el estado de Tamaulipas (Van Zwaluwenburg, 1926). En este último estudio el porcentaje de parasitismo por *A. diatraeae* fue bajo (1.4 a 27.3%).

Con relación a *D. kimballi* se menciona que rara vez superó el 5% de parasitismo sobre las poblaciones de barrenadores en los sitios donde se reportó en México (Jojutla, Xochitepec, Miacatlan, San Miguel, Palo Bolero y Tetela [Morelos], Poza Rica [Veracruz] y Penjamo [Guanajuato]) (Kirkland, 1982), lo que coincide con el presente estudio. En un cultivo de maíz en Tamaulipas, *Digonogastra* sp., parasitó a larvas de barrenadores del tallo *D. lineolata* y *D. saccharalis* con 0.9 y 0.6% respectivamente (Rodríguez-del-Bosque y Smith, 1990a). En contraste, Overholt (1990) mencionó que el parasitismo de *D. kimballi* sobre *D. grandiosella* fue de 11.3%. En condiciones de laboratorio *D. kimballi* parasitó a *D. lineolata* en larvas en diapausa, alcanzando hasta un 60% de parasitismo (Rodríguez-del-Bosque y Smith 1989c).

6.3. Densidad poblacional de *D. lineolata*

La infestación por larvas de *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen en el ciclo verano-otoño 2018 ocurrió desde la etapa de floración, la cual fue incrementando conforme transcurrieron las etapas fenológicas del cultivo (Figura 6). En la etapa de madurez fisiológica del grano fue donde se presentó el pico poblacional de larvas, de 120 aumentando hasta 365 larvas de *D. lineolata* por muestra (500 plantas) en la etapa de la cosecha del grano.

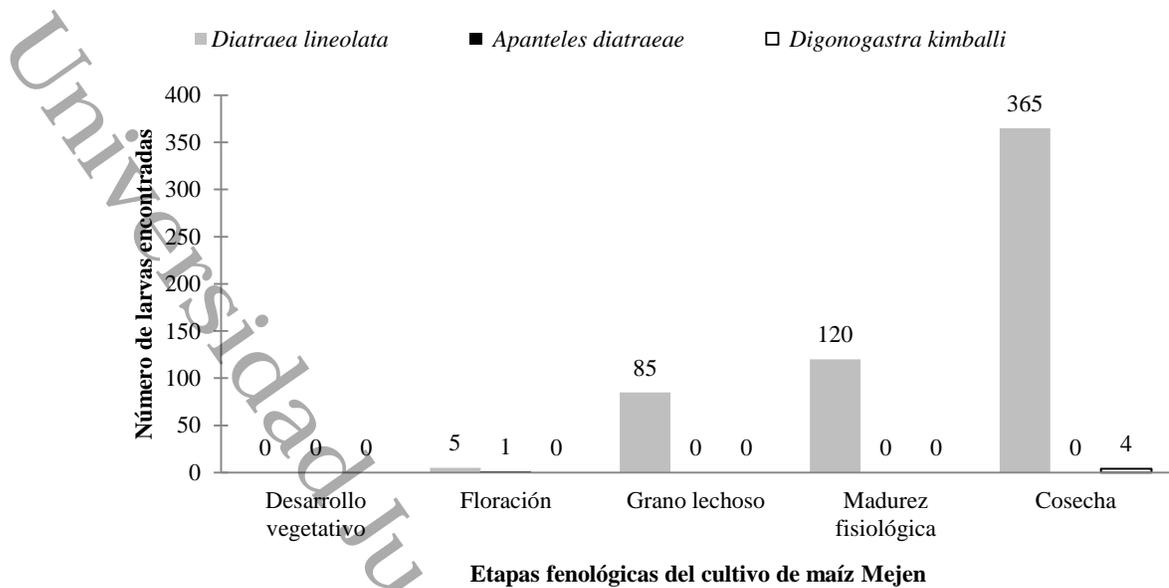


Figura 6. Número de larvas encontradas del barrenador del tallo *D. lineolata* y número de larvas parasitadas registrado en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen en el ciclo verano-otoño 2018 en Macuspana, Tabasco, México.

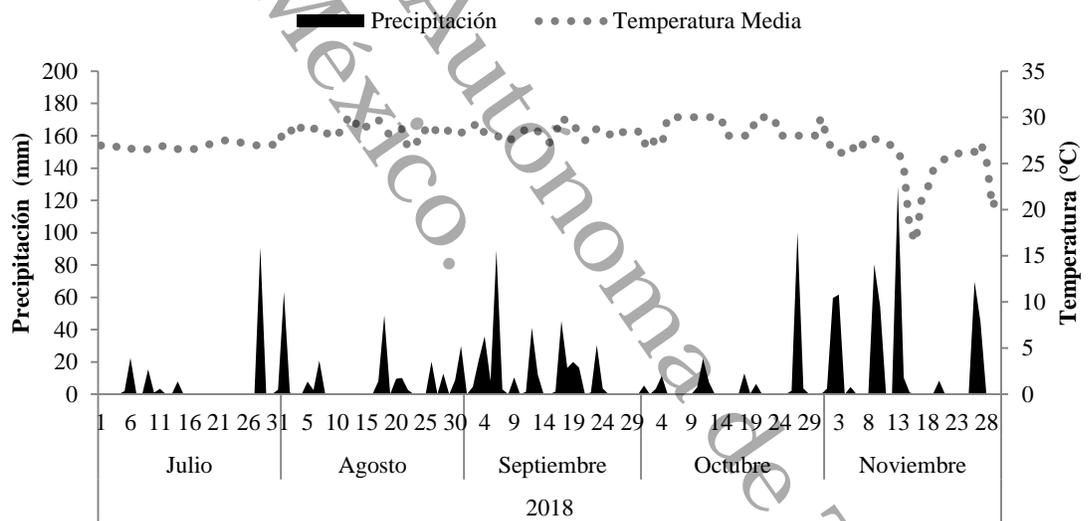


Figura 7. Precipitación pluvial y temperatura media durante ciclo verano-otoño 2018 del cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, México.

La presencia de larvas de *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen en el ciclo invierno 2018-primavera 2019 inició en la etapa de grano lechoso, en donde se encontraron 10 larvas en la muestra (n=500 plantas) (Figura 8). Al igual que en el ciclo anterior, a medida que incrementó la madurez fisiológica del cultivo aumentó hasta 95 larvas de *D. lineolata* en la etapa de la cosecha de grano.

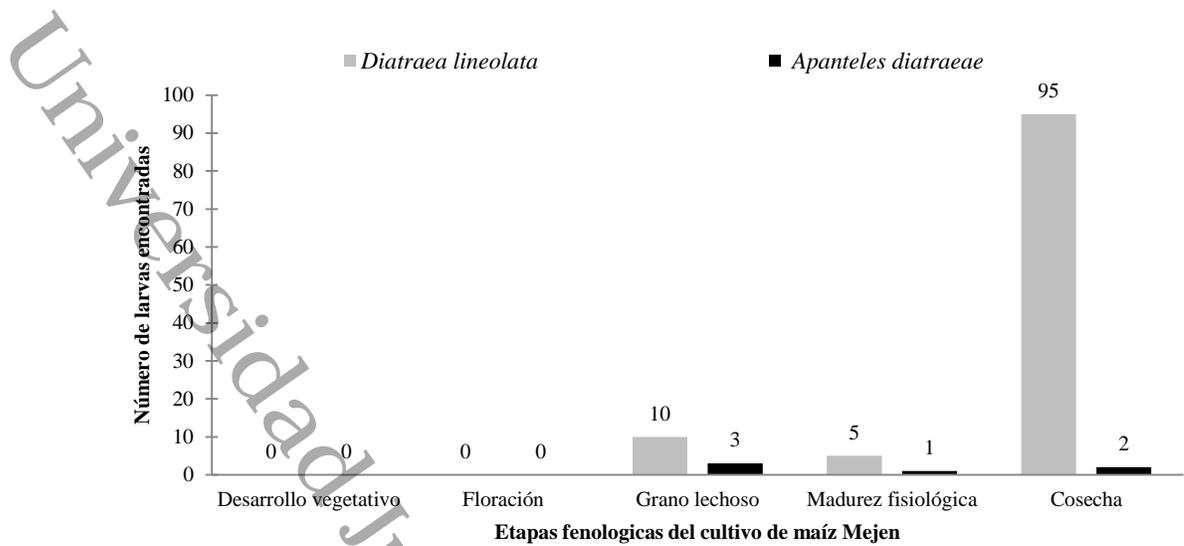


Figura 8. Número de larvas encontradas del barrenador del tallo *D. lineolata* y número de larvas parasitadas registrado en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz Mejen en el ciclo invierno 2018 - primavera 2019 en Macuspana, Tabasco, México.

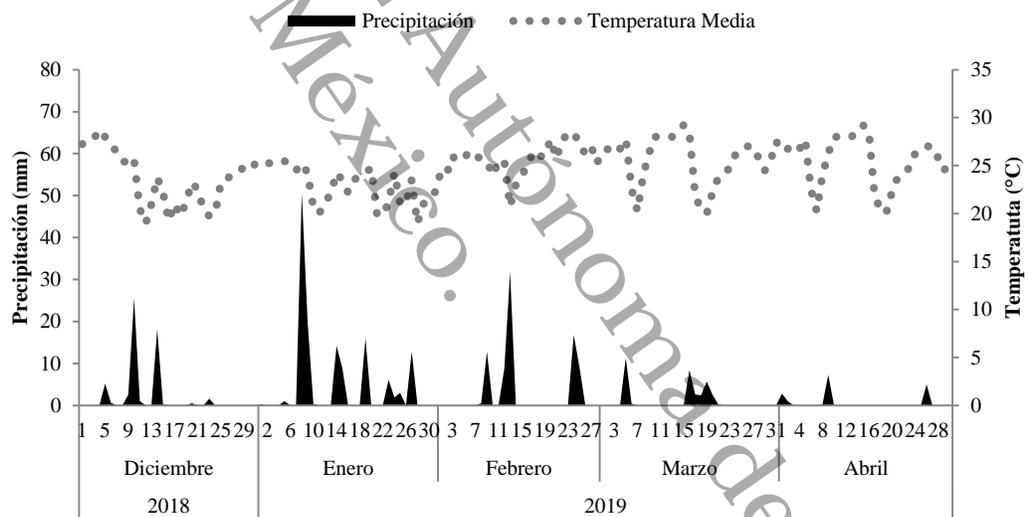


Figura 9. Precipitación pluvial y temperatura media durante ciclo invierno 2018-primavera 2019 del cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, México.

La ocurrencia de las infestaciones de especies de barrenadores del tallo en sus plantas hospedantes es variable. En Argentina, el número máximo de larvas de *D. saccharalis* en el cultivo de maíz ocurrió en la etapa de elote y madurez fisiológica, oscilando entre 5 y 6 larvas de *D. saccharalis* por planta (Greco, 1995). En Costa Rica, la plaga inició las infestaciones a partir de los 41 a 56 DDS presentándose hasta la dobla

del maíz a los 85 DDS y los daños variaron de 6-18%; en la cosecha a los 167 DDS, aumentando significativamente de 51 a 61% (Reyes *et al.*, 1989). En el Salvador las infestaciones por *D. lineolata* fueron bajas en las etapas tempranas de crecimiento del cultivo de maíz, aumentando durante la floración y maduración del grano a un promedio máximo de infestación de 11% (Serrano *et al.*, 1988). Para *D. grandiosella* el cultivo de maíz es su principal hospedante y puede dañar la planta en todas las etapas de su crecimiento y desarrollo (Chippendale, 1979). En el estado de Jalisco, México se presenta desde la etapa fenológica de grano dentado hasta madurez del grano de maíz, el promedio del número de larvas de barrenadores de tallo de *D. grandiosella* y *D. lineolata* por planta fue de 0.6 hasta 2.8 (Pérez-Domínguez e Ireta-Moreno, 2017). En Tamaulipas, México en el cultivo de maíz en la etapa de la cosecha el número promedio de larvas *D. lineolata* fue de 0.18 a 0.33, dependiendo de la estación del año (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1988b). Además las poblaciones de *D. lineolata* estuvieron presentes en primavera y otoño, dado que las densidades más altas estuvieron alrededor de 3.1 larvas por planta y, estas ocurrieron en los periodos junio-julio y octubre-diciembre cuando el cultivo de maíz se encontraba en la etapa reproductiva, pero el promedio general de la densidad de larvas de *D. lineolata* durante el experimento fue de 0.75 (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1990b).

Con relación a la infestación de *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen y las condiciones de temperatura y precipitación pluvial del área de estudio se tiene lo siguiente: Durante el ciclo verano-otoño 2018 se presentó una temperatura promedio de 28.4 °C y una precipitación acumulada de 894.2 mm (Figura 7), mientras que en el ciclo invierno 2018 - primavera 2019 se presentó una menor precipitación acumulada que fue de 272.2 mm y una temperatura promedio de 25.1 °C (Figura 9). La presencia de *D. lineolata* está más relacionada con la madurez del cultivo que con las condiciones de temperatura y precipitación del área de estudio. En otros estudios los reportes han sido diferentes por ejemplo Hallowey (1928) mencionó que existe una relación inversa entre la precipitación pluvial y la abundancia de ejemplares de *Diatraea* spp. En otro experimento, la infestación fue del 6% donde hubo 2565.4 mm de lluvia y de 66% donde hubo 533.4 mm de lluvia; lo que demuestra que una gran cantidad de lluvia disminuye la infestación de *Diatraea*. Por su parte Hynes (1942) menciona que en tallos secos las

larvas de *D. lineolata* entran en diapausa, donde permanecen en reposo en los tallos durante la estación seca, meses más tarde con el inicio de las lluvias pupan y así la especie puede finalizar su ciclo durante el cual la planta huésped está ausente, además de que la alta humedad en el interior del tallo de maíz ocasionado por las lluvias tempranas induce a pupar. Para el caso de *D. grandiosella* la fase activa de este insecto coincide con la estación lluviosa (Kikukawa, 1983).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

VII. CONCLUSIONES

Se identificaron dos especies de parasitoides de larvas del Barrenador Neotropical del Maíz, *D. lineolata*: *A. diatraeae* y *D. kimballi* ambas pertenecientes a la familia Braconidae. Para *A. diatraeae* se encontró parasitismo de 1.4 a 27.3% y para *D. kimballi* 0.58% de parasitismo. Este es el primer registro de *D. kimballi* parasitando a larvas de *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen en Macuspana, Tabasco, lo cual amplía la distribución de esta especie en México.

Las infestaciones del barrenador *D. lineolata* en el cultivo de maíz Mejen en el área de estudio ocurren desde la floración, incrementando en las etapas de grano lechoso y madurez fisiológica del grano hasta alcanzar el máximo pico poblacional en la cosecha del cultivo.

VIII. LITERATURA CITADA

- Achterberg, C.V. y Polaszek, A. (1996). The parasites of cereal stem borers (Lepidoptera: Cossidae, Crambidae, Noctuidae, Pyralidae) in Africa, belonging to the family Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Zoologische Verhandeling*, 304: 1-123.
- Austin, A.D. y Dangerfield, P.C. (1989). The taxonomy of New World microgastrine braconids (Hymenoptera) parasitic on *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Piralidae). *Bulletin Entomology Research*, 79: 131-144.
- Agnew, C.W., Rodríguez-del-Bosque, L.A. y Smith, J.W. (1988). Misidentifications of Mexican stalkborers in the subfamily Crambidae (Lepidoptera: Pyralidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 75: 63-75.
- Aguirre, H.A. (2007). Pérdida del Rendimiento de Maíz por Daño del Barrenador Neotropical *Diatraea lineolata* (Walker) y *Fusarium* spp., en el Trópico. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila México. 80 p.
- Alonso, S.N. y Miguez, F.N. (1984). El barrenador del tallo de maíz. *Crea*, 109: 20-30.
- Álvarez, G.J.F., Naranjo, M.O. y Grillo, H.R. (2008). Estudio de la interacción entre *Lixophaga diatraeae* (Townsend) (Diptera: Tachinidae) y *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoides de *Diatraea saccharalis* (Fab.) en Cuba. Parte II. *Centro Agrícola*, 35(1): 71-75.
- Badilla F.F. (2002). Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 64: 77-87.
- Badilla, F., Solís, I. y Alfaro, A. (1994). Manual para la producción del parasitoide *Cotesia Flavipes* para el control biológico de los taladradores de la caña de azúcar *Diatraea* spp., en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de azúcar (DIECA). Costa Rica. 22 p.
- Barros-Ríos, J., Malvar, R.A. y Santiago, R. (2011). Función de la pared celular del maíz (*Zea mays* L.) como mecanismo de defensa frente a la plaga del taladro (*Ostrinia nubilalis* Hüb. y *Sesamia nonagrioides* Lef.). *Revista de Educación Bioquímica*, 30(4): 132-142.

- Bleszynski, S. (1969). The taxonomy of the Crambidae moth borers of sugar cane (Studies on the Crambidae (Lepidoptera). In: Pest of sugar Cane. Editorial Elsevier Publishing Company. Amsterdam, Países Bajos. 11-41.
- Cano, M.A.V., Dos Santos, E.M. y Pinto, A.E. (2006). Produção de *Cotesia flavipes* para o controle da broca da cana. En: S. Pinto, A. (Ed.). Controle de pragas da cana de açúcar. Boletín Técnico Biocontrol, Brasil. 1(3): 21-24.
- Carballo, M. (2002). Manejo de insectos mediante parasitoides. Manejo integrado de plagas y Agroecología, 66(1): 118-122.
- CONABIO. (2010). Argumentación para conservar las razas de maíces nativos de México. Taller con especialistas en maíces nativos, realizado los días 17 y 18 de marzo de 2010 en las instalaciones de la CONABIO. México, D.F.
- CONABIO. (2011). Base de datos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Octubre de 2010. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>
- CONAGUA. (2018). Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>. Consultado el 31 de Diciembre de 2018.
- CONAGUA. (2019). Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>. Consultado el 20 de Mayo de 2019.
- Chippendale, M.G. (1979). The southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*: Case history of an invading insect. Research Bulletin, 1031: 5-52.
- Davis, E.G. (1944). *Apanteles diatraeae*, a braconid parasite of the southwestern corn borer. USDA Technical Bulletin, 871: 1-19.
- De Freitas, M.D.R.T., Da Silva, L.A. y Mendonca, E.D.L. (2007). The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions. Florida Entomologist, 90(2): 309-313.
- Dyar, H. y Heinrich, C. (1927). The American moths of the genus *Diatraea* and allies. Proceedings U.S. National Museum, 71(2691): 1-48.

- Fernández, S.R., Morales, Ch.L.A., y Gálvez, A.M. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. Artículo de Revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3): 275-283.
- Fernandez-Triana, J.L., Whitfield, J.B, Rodriguez, J.J., Smith, M.A., Janzen, D.H., Hallwachs, W., Hajibabaei, M., Burns, J.M., Solis, M.A., Brown, J., Cardinal, S., Goulet, H., Hebert, P.D.N. (2014). Review of *Apanteles* sensu stricto (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) from Area de Conservacion Guanacaste, northwestern Costa Rica, with keys to all described species from Mesoamerica. *ZooKeys*, 383: 1-565.
- Figueredo, L., Becerra, P., Perozo, J., Monasteri, P., y Piñango L. (2010). Parasitoides y parasitoidismo sobre el complejo taladrador de la caña de azúcar en los valles Turbio y Yaracuy, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 28: 55-60.
- Flanders, S.E. (1930). Mexican sugar cane-borers and the parasite *Trichogramma*. *Journal Economic Entomology*, 23: 603-606.
- Fonseca, A., Peña, Ch.G., Trejo, L., Lina, G.L.P., Rodríguez, B.L.A. y Hernández, V.M. (2013). Patogenicidad y virulencia de cepas de *Bacillus thuringiensis* nativas del estado de Morelos sobre *Diatraea magnifactella* (Lepidoptera: Crambidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 29: 534-543.
- Fuentes, J.A. Cruz, C., Castro, L., Gloria, G., Rodríguez, S. y Ortiz, B. (2001). Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2): 193-197.
- Greco, N. (1995). Densidad y número de generaciones de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en el maíz de la zona marginal sur de la región maicera típica de la Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 71(1): 61-66.
- Gliessman, S.R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Agruco-CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Halloway, T.E. Haley, T.E., Loftin, U.C. y Heinrich, C. (1928). The sugar-cane moth borer in the United states. *Technical Bulletin*, 41: 1-80.

- Hernández-García, V., Ramírez-Ramírez, H., Osorio-Osorio, R., Zetina, D.H., y Aguirre-Uribe, A.L. (2016). First Report of *Siphosturmia rafaeli* (Townsend) as a Parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Crambidae) at Tabasco, México Source: Southwestern Entomologists, 41(3): 879-882.
- Hernández, G.V., Osorio, O.R., Hernández, H.L.U. (2015). Daños y diagnóstico de barrenadores del tallo en caña de azúcar en la Región Chontalpa, Tabasco, México. El Agro Veracruzano, 2: 3-13.
- Hernández-Velázquez, V.M., Lina, G.L.P., Obregón-Barboza, V., Trejo-Loyo, A.G. and Peña-Chora, G. (2012). Pathogens associated with sugarcane borers, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae): A review. International Journal of Zoology, 2012. ID 303589.
- Hynes, H.B.N. (1942). Lepidopterous pests of maize in Trinidad. Tropical Agriculture, 19: 194-202.
- Inglis, G.D., Lawrence, A.M. y Davis, F.M. (2000). Pathogens associated with southwestern corn borers and southern corn stalk borers (Lepidoptera: Crambidae). Journal of Economic Entomology, 93(6): 1619-1626.
- Isaac-Márquez, R. De Jong, B., Ochoa-Gaona, S., Hernández, S. y Kantún, M.D. (2005). Estrategias productivas campesinas: Un análisis de los factores condicionantes del uso de suelo en el oriente de Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 21: 57-73.
- Joyce, L.A., Sermeno, C.H.M., Serrano, C.L., Paniagua, M., Scheffer, S.J. y Solis, A.A. (2016). Host-plant associated genetic divergence of two *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) stemborers on novel crop plants. Ecology and Evolution, 6:8632-8644.
- Keith, D. y Kevan, M.C. (1944). The Bionomics of the Neotropical Cornstalk Borer, *Diatraea lineolata*, Wlk. (Lep., Pyral.) in Trinidad, B.W.I. Bulletin of Entomological Research, 35(1): 23-30.
- Kikukawa, S. y Chippendale, G.M. (1983). Seasonal adaptations of populations of the Southwestern Corn Borer, *Diatraea grandiosella*, from tropical and temperate regions. Journal of Insect Physiology, 29(7): 561-567.

- Kirkland, R.L. (1982). Biology of *Iphiaulax kimballi* (Hym.: Braconidae), a parasite of *Diatraea grandiosella* (Lep.: Pyralidae). *Entomophaga*, 27: 129-134.
- Krombein, V.K., Hurd, D.P. Smith, J.R.J.W., Smith, R.D., Burks, B.D. and Muesebeck, C.F.W. (1979). Catalog of Hymenoptera in America North of México. Smithsonian Institution Press Washington, 245-1225.
- Matías-DaSilva, C., Jacinto-Marques, E., Vargas-Oliveira, J., Neves-Valente, E.C. (2010). Preference of the parasitoid *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) for *Diatraea* (Lepidoptera:Crambidae). *Maringá*, 34: 23-27.
- Montes, M., Milán, O., Azcuy, F. y Gómez, R. (2008). Producción masiva y aplicación de biorreguladores nativos en Cuba. II Taller Internacional de Manejo de Plagas. Ciudad de La Habana (Cuba). 22-29. *Fitosanidad*, 12(4): 241-242.
- Muesebeck, C.F.W. (1921). A revisión of the North American species of Ichneumonflies belonging to the genus *Apanteles*. *Proceedings U.S National Museum*, 58: 483-575.
- Muesebeck, C.F.W. (1957). New world *Apanteles* parasitic on *Diatraea* (Hymenoptera: Braconidae). *Entomological News*, 17(1): 19-27.
- Nadal, A. (2000). En el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. *Biodiversidad*, 24: 3-12.
- Nicholls, E.C.I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 2-124.
- Orozco, S.D.A. (2002). El marceño en las zonas inundables de Tabasco. *Agri-sociedad*. 65: 111-122.
- Osorio-Osorio, R., Hernández-García, V., Harris, K.M., Hernández-Hernández, L.U., Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C., Mota-Sánchez, D. y Aguirre-Uribe, U.L.A. (2015). Species of stalk Borers (Lepidoptera: Crambidae) and damage to maize in Southeastern México. *Southwestern Entomologist*, 40(4): 831-835.
- Overholt, W.A. y Smith, J.W. (1990). Comparative evaluation of three exotic insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) against the southwestern borer (Lepidoptera: Pyralidae) in corn. *Environmental Entomology*, 19: 1156-1164.
- Passoa, S.C. (2014). Morphological guide to known species of *Diatraea* intercepted at U.S. ports of entry from Mexico. Pp. 3. In: T.M. Gilligan and S.C. Passoa (eds.),

- LepIntercept. An identification resource for intercepted Lepidoptera larvae. Identification Technology Program (ITP), USDA/APHIS/PPQ/S&T, Fort Collins, CO. (accessed at www.lepintercept.org).
- Pears, F.B. y Saunders, J.L. (1980). *Diatraea lineolata* y *D. saccharalis*; Una revisión en relación con el maíz. *Agronomía Costarricense*, 4(1): 123-135.
- Pecina, M., J.A., Mendoza, M.C.C., López, S.J.A., Castillo, G.F., Mendoza, R.M. y Ortiz, C.J. (2011). Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34: 85-92.
- Pérez, E.F.R. y Martínez, K.S.T. (2011). Distribución espacial y ciclo de vida de *Diatraea* spp., en plantaciones de *Saccharum officinarum* (Caquetá, Colombia). *Ingenierías & Amazonia*, 4(2): 122-130.
- Pérez-Domínguez, J.F., Ireta-Moreno, J. (2017). Daños causados por barrenadores del tallo y pudrición de tallo en maíz de la región Ciénega de Chapala, Jalisco. *Entomología Agrícola*, 5: 428-434.
- Quicke, D.I.J. (1988). *Digonogastra*: The correct name for nearctic *Iphiaulax* of authors (Hymenoptera, Braconidae). *Proceeding of the Entomological Society of Washinton*, 90: 196-200.
- Reyes, R., Guerrero, O., López, M., Carranza, N., Ayala, J., Zelaya, R. y Soto, J.I. (1989). Estimación de pérdidas en rendimiento de grano causados por gusanos barrenadores del tallo *Diatraea lineolata* Walker y termitas *Heterotermes convexinotats* Snyder en el sistema del cultivo maíz-sorgo. *Manejo integrado de plagas*, 14: 10-30.
- Riley, R.D. y Solis, A. (2005). Keys to immatures of the sugarcane borer and neotropical cornstalk borer' from Tamaulipas. México, intercepted on in Southeastern Texas. *Southwestern Entomologist*, 30(1): 35-39.
- Rivera, E.V.H., y Soto, G.A. (2017). Integración de enemigos naturales para el control de *Diatraea busckella* Dyar & Heinrich (Lepidoptera: Crambidae) en caña panelera. *Boletín Científico Centro de Museo de Historia Natural*, 21(1): 552-58.
- Rodrigues, S., Augusta, A., Barbosa., G.G., y Diniz A.C. (2016). Natural parasitism of lepidopteran eggs by *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

- in agricultural crops in Minas Gerais, Brazil. *Florida Entomologist*, 99(2): 221-225.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Smith, J.R.J.W. y Browning, H. W. (1988a). Bibliography of the Neotropical Cornstalk Borer *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist*, 71: 176-186.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Smith, J.R.J.W., y Browning, H.W. 1988b. Damage by Stalkborers (Lepidoptera: Pyralidae) to Corn in Northeastern México. *Journal de Economic Entomology*. 81: 1775-1780.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Smith, J.R.J.W., Fannenstiel, P.R.S. (1989a). Parasitization of *Diatraea grandiosella* eggs by trichogrammatids on corn in Jalisco, México. *Southwestern Entomologist*, 14: 179-180.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Smith, J.R.J.W., Browning, H.W. (1989b). Development and Life-Fertility Tables for *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae) at Constant Temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 82(4): 450-459.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A. y Smith, J.R.J.W. (1989c). Parasitization of *Diatraea lineolata* pupae and diapausing larvae by several exotic parasites. *Florida Entomologist*, 72: 703-7.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Browning, H.W. y Smith, J.R.J.W. (1990a). Seasonal parasitism of cornstalk borers (Lepidoptera: Pyralidae) by indigenous and introduced parasites in northeastern México. *Environmental Entomology*, 19: 393-402.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Smith, J.R.J.W. y Browning, H.W. (1990b). Feeding and pupation sites of *Diatraea lineolata*, *D. saccharalis*, and *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) in Relation to Corn Phenology. *Journal of Economic Entomology*, 83(3): 850-855.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A. y Smith, J.R.J.W. (1995). Casos de hiperparasitismo en barrenadores del tallo, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), en México. Nota de investigación. *Vedalia*, 2: 41-42.

- Rodríguez-Del-Bosque, L.A. and Smith, J.R.J.W. (1997). Biological control of maize and sugarcane stemborers in México: a review, *Insect Science and Its Application*, 17(3-4): 305-314.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A. y Vejar-Cota, G. (2008). Barrenadores del tallo (Lepidoptera: Crambidae) del maíz y caña de azúcar, pp. 9-22. En: H. C. Arredondo Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (eds.), *Casos de Control Biológico en México*. Ed. Mundi-Prensa, México-España. ISBN: 9789687462653.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A., Vejar-Cota, G., Vásquez-Cota, G., Vásquez-López, I., Villanueva-Jiménez, J.A., López-Collado, J., Alatorre-Rosas, R., y Hernández-Rosas, F. (2014). Plagas. Manejo integral de caña de azúcar. SAGARPA-INIFAP-UANL. Pp: 147-186. ISBN: 978-6072702868.
- Smith, J.R.J.W. y Rodríguez-del-Bosque, L.A. (1994). New distribution and Host-range record for *Apanteles deplanatus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of *Diatraea considerata* and *D. magnifactella* (Lepidoptera: Pyralidae), in México. *Biological control*, 4: 249-253.
- Schexnayder, H.P.Jr., Reagan, T.E, y Ring, D.R. (2001). Muestreo para el barrenador de la caña de azúcar (Lepidoptera: Crambidae) en la caña de azúcar en Louisiana. *Revista de Entomología Económica*, 94(3): 766-771.
- Séralini, G. E., Clair, R., Mesnage, S., Gress, N., Defarge, M., Malatesta, D., Hennequin and Vendômois, J.S. (2014). Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Environmental Sciences Europe*, 26(1): 1-14.
- Serrano, L., Oliva, J., Henrtquez, G., Nájera, J., Reyes, R. y Frank, I.C.G. (1988). Barrenadores de Maíz y Sorgo y su Control Biológico en el Salvador. *Ceiba*, 29(2): 1-4.
- SIAP. (2018). Servicio de información agrícola y pecuaria, http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do?sesionid=AADA9370D3FD1918B9016AD846E67B71. Consultado el 23 de Junio de 2018.

- Solis, M.A. y Metz, A.M. (2016). An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea Guilding* (Lepidoptera: Crambidae) based on genitalia. *Zookeys*, 565: 73-121
- Tinoco, A.C., Rodríguez, F.A.M., Sandoval, R. J.A., Barrón, F.S., Palafox, C.A., Esqueda, E.V.A., Sierra, M.M. y Romero, M.J. (2002). Manual para la producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 9. Veracruz, México. 133p. ISBN: 968-800-534-7.
- Valdez-Torres, J.B., Soto-Landeros, F., Osuna-Enciso, T. y Báez-Sañudo, M.A. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*, 46: 399-410.
- Van Zwaluwenburg, R.H. (1926) Insect enemies of sugarcane in western Mexico. *Journal Economic Entomology*, 19: 664-669.
- Vargas, G., Lastra, L.A., y Solís, M.A. (2013). First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca River Valley of Colombia. *Florida Entomology*, 96: 1198-1201.
- Vargas, G., Gómez, L.A. y Michaud, J.P. (2015). Sugarcane stem borers of the Colombian Cauca River Valley: current pest status, biology, and control. *Florida Entomologist*, 98: 728-735.
- Vejar-Cota, G., Caro, A., Rodríguez-del-Bosque, L.A. Smith, J.R.J.W. Hernández, J., Sahagun, D.C., y Wiedenmann, R.N. (2005a). Release and establishment of *Macrocentrus prolificus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of sugarcane stalkborers (Lepidoptera: Crambidae), in northwestern México. *Southwestern Entomologist*, 30(3): 175-180.
- Vejar-Cota, G., Echevería, N.E. y Rodríguez-del-Bosque, L.A. (2005b). Parasitism and development of *Conura acuta* (Hymenoptera: Chalcididae) on sugarcane stalkborers (Lepidoptera: Crambidae) in México. *Environmental Entomology*, 34: 1122-1128.
- Vejar-Cota, G., García-Gutiérrez, C., Rosas-García, N.M. Escobedo-Bonilla, C.M y, González-Ocampo, H.A. (2017). Morphological and Molecular characterization

- of entomopathogenic fungi with potential to control sugarcane borers at Sinaloa. *Southwestern Entomologist*, 42(2): 395-400.
- Weir, L.E.H., Contreras, W. y Gil-de-Weir, K. (2007). Biological control of *Diatraea* spp. (Lepidoptera:Pyralidae) in sugarcane crops in Central Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 55: 655-658.
- Wharton, R.A. and Smith, J.R.J.W. (1989). Two new species of *Digonogastra* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) parasitic on Neotropical pyralid borers (Lepidoptera) in maize, sorghum and sugarcane. *Bulletin Entomological Research*, 79: 401-410.
- Wharton, R.A., Marsh, P.M. y Sharkey, M. J. (1997). Manual of the New World Genera of the Family Braconidae (Hymenoptera). Special publication of The International Society of Hymenopterists 1. Washington, DC.
- Wiedenmann, R.N., Smith, J.R.J.W. y Rodríguez-del-Bosque, L.A. (2003). Host suitability of the new world stalkborer *Diatraea considerata* for three world parasitoids. *Biocontrol Science and Technology*, 48: 659-669.
- Williams, T., Arredondo, H.C. y Rodríguez-del-Bosque, L.A. (2013). Biological Pest Control in Mexico. *Annury Review Entomological*, 58: 119-140.
- Wilson, B.E., VanWeelden, M.T., Beuzelin, J.M., Reagan, T.E. y Prado, J.A. (2017). Effectiveness of the regulators of growth of insects and insecticide diamide for the control of borer of shafts (Lepidoptera: Crambidae) in cane of sugar. *Journal Economical Entomology*, 110(2): 453-463.