



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD-ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

MONITOREO DE *Eoreuma loftini* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EN CAÑA DE AZÚCAR CON SU FEROMONA SEXUAL EN MORELOS, MÉXICO

HANZEL JESÚS BARROSO AKÉ

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

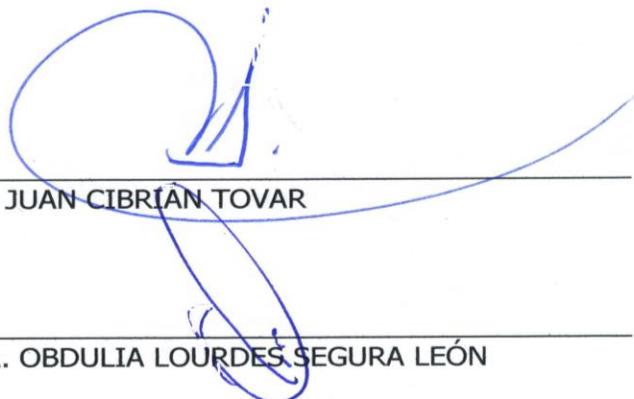
2014

La presente tesis titulada: **Monitoreo de Eoreuma loftini (Lepidoptera: Crambidae) en caña de azúcar con su feromona sexual en Morelos, México** realizada por el alumno: **Hanzel Jesús Barroso Aké**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. JUAN CIBRIÁN TOVAR

ASESOR


DRA. OBDULIA LOURDES SEGURA LEÓN

ASESOR


DR. AUSENCIO AZUARA DOMÍNGUEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2014.

MONITOREO DE *Eoreuma loftini* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EN CAÑA DE AZÚCAR
CON SU FEROMONA SEXUAL EN MORELOS, MÉXICO

Hanzel Jesús Barroso Aké, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

Eoreuma loftini (Lepidoptera: Crambidae) es un problema fitosanitario en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México. Para ampliar el conocimiento de esta especie, en este trabajo se plantearon los objetivos siguientes: conocer la fluctuación población de *E. loftini*; evaluar la eficacia de captura de machos con la feromona comercial; determinar la relación entre capturas, temperatura y precipitación pluvial y estimar la duración del atrayente en campo. Se establecieron dos experimentos con trampas tipo “ala”; el primero del mes de febrero de 2013 con revisiones quincenales hasta enero de 2014. En el cual, el liberador de la feromona se renovó mensualmente. El experimento dos, se llevó a cabo de abril a diciembre de 2013, con revisiones mensuales y reemplazo del atrayente cada tercer mes. En cada experimento se evaluaron dos tratamientos, con y sin la feromona (BioLure®), los tratamientos se compararon con pruebas de t pareada. El número promedio de adultos capturados, se utilizó para describir la fluctuación poblacional. Mediante un análisis de regresión lineal se determinó la relación entre los datos de captura con temperatura y precipitación pluvial. Los resultados señalan que *E. loftini*, se encuentra presente durante todo el año. El atrayente es específico ya que se atrapó un mayor número de *E. loftini* (1709) que palomillas no blanco (107). Se observó una asociación positiva entre el número de adultos capturados con la temperatura media ($R= 0.885$). La feromona, es efectiva durante un mes, después del segundo mes, su eficiencia en atraer machos, disminuye. Se realizó la amplificación del Citocromo Oxidasa I para esta especie.

Palabras Clave: fluctuación poblacional, regresión lineal, trampa tipo “ala”, citocromo oxidasa I.

MONITORING OF *Eoreuma loftini* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) IN SUGARCANE WITH
ITS SEXUAL PHEROMONE IN MORELOS, MEXICO

Hanzel Aké Jesus Barroso, M. in C.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

Eoreuma loftini (Lepidoptera: Crambidae) is a phytosanitary problem in the plant growing area of sugarcane in Tlaquiltenango, Morelos, Mexico. To extend the knowledge of this species, in this study the following objectives were pursued: to determine the population fluctuation of *E. loftini*; evaluating the effectiveness of capture of males with commercial pheromone; determine the relationship between catch, temperature and rainfall and estimate the duration of the attractant field. Two experiments with Wing traps were established; the first, begin in February 2013 with fortnightly revisions until January 2014. In this experiment the pheromone septa was renewed monthly. Experiment two, was carried out from April to December 2013, with monthly revisions and septa replacement every third month. In both experiments, two treatments were evaluated, with and without pheromone (BioLure®). Treatments were compared with paired t tests. The average number of adults captured, was used to describe the population dynamics. Using a linear regression analysis the relationship between catch data with temperature and rainfall was determined. The results indicate that *E. loftini* is present throughout the year. The attractant is specific since a larger number of *E. loftini* (1709) that no target moth (107) was trapped. A positive association between the number of adults caught with the average temperature ($R = 0.885$) was observed. The pheromone is effective for a month, after the second month, its efficiency in attracting males, decreases. Amplification of Cytochrome Oxidase was done for this species.

Keywords: population dynamics, linear regression, trap type "wing" cytochrome oxidase I.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (No. de becario 1121092)** por el apoyo financiero proporcionado durante la realización de mis estudios de maestría.

A las líneas prioritarias de investigación **LPI 5** y **LPI 16**, del Colegio de Postgraduados, enfocadas en Biotecnología microbiana, vegetal y animal; e innovación tecnológica, respectivamente.

Al **Dr. Juan Cibrián Tovar** por su gran apoyo como consejero y por el tiempo que invirtió y dedico para poder llevar a cabo este trabajo de la mejor forma, con consejos y sugerencias acertadas, en los momentos indicados.

A la **Dra. Obdulia L. Segura León** que con su experiencia, se logró desarrollar el estudio de manera adecuada y por brindarme la ayuda y confianza para asistir a congresos nacionales.

Al **Dr. Ausencio Azuara Domínguez** por sus valiosas contribuciones y ayuda en los análisis de datos y porque desde el inicio de la maestría, siempre estuvo presente para aclarar mis dudas.

Al **Dr. Manolo Muñoz Merino** por el tiempo que destino como guía en todas las cuestiones con instrumentos y el equipo de laboratorio, por los cálculos y su serenidad para explicar las cosas.

Al **M.C. Jorge Valdez Carrasco** que siempre me brindo un espacio para poder realizar mis actividades en su laboratorio.

A todos los profesores investigadores que fueron parte de mi formación académica, y a todo el personal que sin duda me brindaron su apoyo cuando tenía dudas en trámites y servicios.

DEDICATORIAS

A **Dios** porque en los momentos de frustración siempre me escuchó, me brindó salud y fuerza, para poder dedicarme a la culminación de una meta más en mi vida.

A **mi familia** en especial a mis padres, **Armando Barroso** y **Lucelly Aké**, que me brindaron su apoyo en todo momento y darme ánimos día a día; a mis hermanos, **Jacobo** y **Alisa**, que siempre creyeron en mí.

A **Ana María**, por ahora formar parte importante en mi vida, que con tu amor y cariño hiciste que todo esto fuera mejor, porque gracias a ti conocí a una segunda familia que me adoptó y me quisieron como parte de ellos. Te amo.

A todos mis amigos del laboratorio de Ecología Química de Insectos: **Ricardo, José Manuel, Luis, Shay** y **Elsy**, gracias por hacer de mi estancia en la maestría más amena y agradable.

A **todos mis compañeros** del Colegio de Postgraduados, en especial a mis amigos de Fitosanidad, que me apoyaron y brindaron siempre su amistad.

A **piecito**, a milanesa y a mandi que los quiero mucho.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo general.....	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.2 Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Descripción taxonómica de <i>Eoreuma loftini</i>.....	6
2.2 Distribución de <i>E. loftini</i>.....	6
2.3 Plantas hospederas de <i>E. loftini</i>.....	7
2.4 Biología y ecología de <i>E. loftini</i>.....	7
2.5 Control biológico/Enemigos naturales.....	9
2.6 Control químico.....	10
2.7 Feromonas sexuales.....	11
2.8 Variedades resistentes.....	12
2.9 Control cultural.....	13

III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Área de estudio	14
3.2 Trampa y liberador	15
3.3 Establecimiento del experimento	16
3.3.1 Fluctuación poblacional	16
3.3.2 Duración del atrayente	16
3.4 Análisis estadístico de datos	18
3.5 Corroboración de la especie capturada	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1 Fluctuación poblacional	19
4.2 Especificidad de la feromona sexual	21
4.3 Correlación de la captura de insectos con datos climatológicos	22
4.4 Duración de la feromona en campo	25
4.5 Corroboración de <i>E. loftini</i>	26
V. CONCLUSIONES	29
VI. LITERATURA CITADA	29
VII. ANEXOS	38

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Parasitoides utilizados como control biológico contra <i>E. loftini</i>	10
Cuadro 2. Susceptibilidad de 16 variedades de caña de azúcar al daño de barrenadores de la caña de azúcar. El Mante, Tamaulipas 2010-2011	13
Figura 1. Trampa tipo “ala” (a) y liberador rojo (b), de la feromona sexual, de caucho 8 mm.....	15
Figura 2. Puntos de muestreo en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para conocer la fluctuación poblacional de <i>E. loftini</i>	16
Figura 3. Puntos de muestreo en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para determinar la duración del atrayente en campo.....	17
Figura 4. Fluctuación poblacional del barrenador del tallo <i>Eoreuma loftini</i> en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México.....	20
Figura 5. Promedio de captura para insectos no blanco ($P < 0.001$) y <i>E. loftini</i> ($P < 0.001$) con una prueba de <i>t</i> pareada ($\alpha = 0.05$). Letras diferentes, señalan diferencia estadística entre tratamientos.....	22
Figura 6. Correlación entre el número de capturas de <i>E. loftini</i> y la temperatura promedio (°C) (a) y correlación entre el número de capturas	

de *E. loftini* y precipitación pluvial promedio (mm) **(b)**, por fecha de muestreo en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México.....24

Figura 7. Promedio \pm SE de capturas por mes de *E. loftini*, con diferentes meses de permanencia del septo en campo. El primer mes en campo no hubo diferencias entre tratamientos. Después del segundo y tercer mes, de permanencia en campo, el Tratamiento 2, capturo menos adultos de *E. loftini*, a diferencia del Tratamiento 1, que era cambiado el septo mensualmente. Letras iguales muestran igualdad de capturas entre tratamientos, letras diferentes señalan diferencias estadísticas de capturas entre tratamientos ($\alpha = 0.05$).....25

Figura 8. Órganos genitales masculinos de *E. loftini*. A: Aedeagus; B: Valvas; C: Tegumen, uncus (1) y gnathos (2). Crédito de fotografía: M.C. Jorge Valdez Carrasco (Colegio de Postgraduados).....27

Figura 9. Amplificación de un fragmento del gen, Citocromo Oxidasa I (COI), de *E. loftini*, con los iniciadores LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3').....28

I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de caña de azúcar se realiza en 15 estados de la república, con una superficie total de 664 mil hectáreas, donde podemos encontrar 51 ingenios cañeros. Esta actividad, genera más de dos millones de empleos, en forma directa e indirecta (SAGARPA, 2012). Actualmente, la actividad cañera se ve afectada por una diversidad de plagas, que atacan diferentes partes de la planta, como son *Phyllophaga* sp. y *Cyclocephala* sp. (King, 1994) que se encuentran en el suelo, de igual forma, existen plagas que atacan el follaje y tallo, entre las que destacan *Aenolamia* sp. (Hemiptera: Cercopidae) y *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) (Ramón, 2002), además de *Eoreuma loftini* (Dyar), que actualmente es plaga principal, y que desplaza a otros barrenadores, en cultivos de maíz y azúcar (Rodríguez-del-Bosque, 2013).

El barrenador mexicano del arroz, *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Crambidae), es plaga en cultivos de importancia económica y de plantas no cultivables (Johnson y van Leerdam, 1981; Browning *et al.*, 1989). En México, de donde es originario, este insecto es una de las principales plagas que ataca al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Puebla, Morelos, Veracruz y Oaxaca (Rodríguez-del-Bosque y Vejar-Cota, 2008; Rodríguez-del-Bosque y Pantaleón-Paulino, 2012).

En Texas y Lousiana, USA, esta plaga se ha reportado ocasionando daño, en cultivos de arroz y caña de azúcar (Hummel *et al.*, 2010). En el caso del cultivo de caña, la larva de *E. loftini*

causa daños severos en los entrenudos del tallo (Legaspi *et al.*, 1999a). Para el control de este insecto, es necesario aplicar un manejo integrado con tácticas, tales como el uso de insecticidas durante periodos cortos, variedades resistentes, trampas impregnadas con feromonas, riego y fertilización del cultivo (Reay-Jones *et al.*, 2007; Hummel *et al.*, 2010). El uso de parasitoides, como control biológico, es difícil, debido a que las larvas de *E. loftini*, compactan sus excretas, taponeando los túneles, obstaculizando la entrada de los parasitoides (Rodríguez-del-Bosque y Vejar-Cota, 2008).

Desde su hallazgo, el uso de feromonas juega un papel importante en el monitoreo y control de insectos plaga (Shaver *et al.*, 1991). Al respecto, Brown *et al.* (1988) y Shaver *et al.* (1988) demostraron que la hembra de *E. loftini* libera tres componentes químicos, identificados como (Z)-13-octadecenil acetato, (Z)-11-hexadecenil acetato y (Z)-13-octadecenal, para atraer al macho. Esta feromona sexual ha sido utilizada para describir la dispersión y desplazamiento de *E. loftini* en Texas y Louisiana, USA (Reay-Jones *et al.*, 2007; Hummel *et al.*, 2010). Los resultados del trapeo se utilizaron para pronosticar las pérdidas económicas causadas por el barrenador del tallo en la Industria del azúcar y en la producción de arroz (Reay-Jones *et al.*, 2008). Sin embargo, Palacio-Cortés *et al.* (2010) señalan, posibles cambios en la composición de los compuestos feromonales, en otros lepidópteros que atacan a la caña de azúcar. De igual manera, se ha demostrado, que la atracción de la feromona, tiende a disminuir después de una semana en activo (McLeod y Starratt, 1978), y que, el cambio continuo del atrayente, influye de forma importante, en el éxito del uso de trampas con feromonas (Gray *et al.*, 1991).

En México, se desconoce la actividad poblacional del barrenador en algunas zonas productoras de caña de azúcar y otros cultivos de importancia económica. Por lo anterior, en el presente trabajo se plantearon los objetivos siguientes: conocer la fluctuación poblacional de *E. loftini* en el cultivo de caña de azúcar y evaluar la especificidad y eficiencia de la feromona sexual comercial en el monitoreo de esta especie, en Tlaquiltenango, Morelos, México. De forma adicional, se hizo el registro de la secuencia de la región del código de barras, de los machos de *E. loftini* capturados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Conocer la fluctuación poblacional de *Eoreuma loftini*, en el cultivo de caña de azúcar, en la localidad de Tlaquiltenango, Morelos, México, mediante su feromona sexual comercial.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la eficacia de captura de la feromona comercial de *E. loftini* vs. Palomillas no blanco.
- Determinar la relación entre las capturas de *E. loftini*, con temperatura y precipitación pluvial.
- Estimar la duración de (Z)-13-octadecenil acetato, (Z)-11-hexadecenil acetato y (Z)-13-octadecenil, en la captura de machos, en campo.
- Realizar el registro, de la secuencia de la región del código de barras, de los machos de *E. loftini* capturados.

1.2 HIPÓTESIS

Eoreuma loftini se encontrará presente, teniendo una constancia poblacional, durante el ciclo fenológico de la caña de azúcar, a lo largo del año.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción taxonómica de *Eoreuma loftini*

E. loftini, conocido de igual forma como, el barrenado mexicano del arroz, es un barrenador de la caña de azúcar, que pertenece a la familia Crambidae. Este insecto fue reportado por primera vez por Dyar (1917) quien lo describió como dos especies diferentes, criados en diferentes plantas hospederas, *Chilo loftini* (a partir de la caña de azúcar) y *Chilo opinionellus* (de trigo). Posteriormente Bleszynski (1967), clasificó a *C. loftini*, en el género *Acigona* Hübner. A su vez Klots (1970) demostró que, las dos especies nominales descritas por Dyar, eran la misma especie, y debían trasladarse al género *Eoreuma* Ely.

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Crambidae

Género: *Eoreuma*

Especie: *Eoreuma loftini*

2.2 Distribución de *E. loftini*

El barrenador del tallo, *E. loftini*, es originario de México, se encontró en las costas del Noroeste de México, en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán (Van Zwalunwenburg, 1950; Riess, 1981; Johnson, 1984). Así mismo, a mediados de 1980's, *E. loftini*, ya no se limitaba a los estados mencionados con anterioridad, sino que, se

expandió hacia el este de México, a los estado de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1989), hasta ser detectado, por primera vez, en Texas, EE. UU. (Johnson y van Leerdam, 1981). En el 2008, *E. loftini*, se detectó por primera vez en el Luisiana EE. UU. y se pronostica una continua propagación hacia los cultivos de arroz y caña de azúcar. (Hummel *et al.*, 2010). A *E. loftini* se le atribuye el 95% del daño causado en los tallos de caña de azúcar, siendo una plaga que ocasiona pérdidas de 10-20 millones de dólares por año, en los EE. UU. (Legaspi *et al.*, 1999a).

2.3 Plantas hospederas de *E. loftini*

El barrenador mexicano del arroz, ataca un amplio rango de plantas, cultivadas y no cultivadas, teniendo gran variedad en las plantas hospederas. Se ha encontrado en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), hierba limón (*Cymbopogon citratus/flexuosus* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), y tomate (*Lycopersicum* spp.). De igual modo, entre sus principales hospederos, de plantas no cultivadas, se encuentran las hierbas perenes, zacate Johnson [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], y el pasto macho (*Paspalum urvillei* Steud.); así como en los pastos, raigrás (*Lolium* spp.), bromus (*Bromus* spp.), y grama común [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] (Johnson, 1984; Browning *et al.*, 1989; Beuzelin *et al.*, 2011).

2.4 Biología y ecología de *E. loftini*

Actualmente *E. loftini* representa una plaga importante, debido a su expansión, y a su amplia gama de plantas hospederas, desplazando a otros barrenadores del tallo, causando un mayor daño, en los cultivos de caña de azúcar (Johnson, 1984; Reay-Jones *et al.*, 2007;

Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2013). Para poder entender el comportamiento, de este insecto, es importante conocer sus características biológicas.

Las hembras de *E. loftini*, usualmente colocan masas de huevo, en las hojas secas de la parte inferior de la planta de caña de azúcar, entre 0 y 80 cm por encima del suelo, los huevos son de color cremoso, globulados y depositan entre 5-100 (van Leerdam *et al.*, 1984; van Leerdam *et al.*, 1986). Manteniendo temperaturas constantes, *E. loftini*, completa su estadio de huevo en 14 días a 20 °C, y a los 32 °C en 5 días. Al emerger, las larvas se mueven a las partes verdes de la planta, para alimentarse. Las larvas pasan por 5 a 6 instares, después de los cuales llegan a alcanzar una longitud de 2.0 a 2.5 cm aproximadamente, son blanquecinas, con una cápsula cefálica color naranja-marrón y tienen cuatro rayas dorsales paralelas de color rojo-purpura. A partir del segundo instar, las larvas comienzan a barrenar el tallo, para completar su desarrollo. Estas tardan aproximadamente 78 días a 20 °C, y 21 días a 32 °C, para terminar su etapa larval (van Leerdam, 1986; Browning *et al.*, 1989). El comportamiento de la larva de *E. loftini*, difiere con la de otros barrenadores del tallo, ya que estas realizan túneles dentro del tallo, de forma vertical, diagonal y horizontalmente, en los cuales, las excretas se compactan, creando una protección para larvas y pupas, evitando ser atacadas por parasitoides, en comparación con los otros barrenadores, que producen una cavidad hueca (con menos excretas), facilitando la entrada de los parasitoides y depredadores (Legaspi *et al.*, 1997a).

La etapa como pupa varía, puede ser de 21 días a 20 °C, o de 7 días a 32°C. Las pupas miden aproximadamente 2 cm, son de color café, con pequeñas proyecciones similares, a tubérculos en la parte posterior del abdomen. Las pupas conservan las líneas paralelas en el dorso que distinguen a las larvas (Legaspi *et al.*, 1997a). El adulto es una polilla de color pajizo, sin marcas, con excepción de

una pequeña (<1 mm) mancha oscura en el centro de cada ala delantera. La etapa adulta dura aproximadamente 7 d. Los adultos miden de 1.5 a 2.0 cm de longitud cuando están en reposo.

Eoreuma loftini, puede llegar a entrar, en un estado de diapausa, que está regulada por la interacción del fotoperiodo y temperatura (van Leerdam, 1986). Esto sucede, durante los meses pertenecientes al otoño e invierno. El estado de diapausa en *E. loftini*, se caracteriza por la baja actividad de la larva y la acumulación de grasa corporal, lo que le permite sobrevivir a bajas temperaturas (Browning y Smith, 1988). *E. loftini* llega a tener de 4 a 6 generaciones por año, teniendo una presencia más o menos constante, suponiendo la existencia, de generaciones superpuestas a lo largo del año (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2012).

2.5 Control biológico/Enemigos naturales

En México y EE: UU. se ha utilizado una diversidad de parasitoides, como método de control biológico, para *E. loftini*. Aunque, debido a la biología de la plaga, los resultados no han sido completamente exitosos. Un ejemplo es el uso del parasitoide, *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera: Braconidae), encontrado en Monterrey, Nuevo León, México, en zacate Johnson, por Marsch, en 1984 (Browning y Melton, 1984; Marsch, 1984). Las expectativas generadas en este parasitoide, eran grandes, ya que podía soportar condiciones climáticas extremas y atacar diferentes estadios de las larvas de *E. loftini* (Smith *et al.*, 1987). Sin embargo, el parasitoide no fue efectivo, las poblaciones de *E. loftini* no disminuyeron en campo, probablemente por el difícil acceso de *A. pyralophagus*, a los tallos de caña, donde se encontraban las larvas de la plaga (Hawkins *et al.*, 1987). De igual modo, otras especies han sido utilizadas para atacar las diferentes etapas de desarrollo de *E. loftini*, pudiendo contribuir a reducir los niveles poblacionales de este insecto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parasitoides utilizados como control biológico contra *E. loftini*.

Parasitoide	Familia	Estado que ataca
<i>Aghatis stigmatera</i>	Braconidae	larva
<i>Macrocentrus prolificus</i>	Braconidae	Larva
<i>chelonus sonorensis</i>	Braconidae	Huevo-Larva
<i>Digonogastra solitaria</i>	Braconidae	Larva
<i>Lydella jalisco</i>	Tachinidae	Larva
<i>Paratheresia claripalpis</i>	Tachinidae	Larva

Por otro lado, se desarrollaron ocho especies de Trichogrammatidae, bajo condiciones de laboratorio, en huevos de *E. loftini*, siendo *Trichogramma retorridum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) el más eficaz. Sin embargo, la ubicación de los huevos de *E. loftini*, en condiciones de campo, limita el parasitismo de esta especie (Browning y Melton, 1987).

Así mismo, el uso de otros métodos de control, de agentes antagónicos, como los nematodos entomopatógenos, que bajo condiciones de laboratorio mostró resultados positivos (Ring y Browning, 1990), pero las pruebas en campo demostraron lo contrario, posiblemente a causa de los métodos de aplicación en campo (Legaspi *et al.*, 2000a). Pruebas en laboratorio y campo, señalan que el uso de hongos entomopatógenos, como agentes de control biológico, tienen buen efecto antagónico en larvas de *E. loftini*, que se infectaron con el hongo, *Beauveria bassiana*, aunque no como se esperaba, por esto, es necesario validar el método de aplicación en campo para el cultivo de caña de azúcar (Legaspi *et al.*, 2000b) y así mejorar los resultados.

2.6 Control químico

El uso de insecticidas, para el control de *E. loftini*, se recomienda cuando las larvas están recién emergidas, haciendo un control dirigido cuando comienzan la migración, de las hojas

secas a las partes verdes de la planta (Meagher *et al.*, 1994). Sin embargo, los insecticidas no han tenido el éxito que se esperaba, por lo que productores, han dejado de realizar las aplicaciones constantes (Legaspi *et al.*, 1997b). Una posible razón, de que los insecticidas no den el resultado esperado, es el pequeño lapso de tiempo que se tiene para aplicar los pesticidas, a las larvas de *E. loftini*, antes de que estas se adentren al tallo. De igual modo, las recomendaciones de realizar aplicaciones semanalmente, implican un gasto extra para el producto; además de que se potencializa la posibilidad, de que los insectos obtengan resistencia hacia los insecticidas (Meagher *et al.*, 1994; Legaspi *et al.*, 1997b).

Algunos métodos, que han resultado efectivos, son la realización de dos a tres aplicaciones de, ciflutrina o lambda-cihalotrina, durante la etapa de crecimiento de la caña de azúcar; esto ayuda a disminuir el número de entrenudos dañados (Legaspi *et al.*, 1997b). Otro método, es el uso de tebufenocida, un regulador del crecimiento en insectos, que ha demostrado buen control de *E. loftini*, tanto en laboratorio como en pruebas de campo (Rodríguez *et al.*, 1995; Rodríguez *et al.*, 2001). Tebufenocida, tiene un bajo impacto en organismos benéficos, como parasitoides y depredadores de *E. loftini*, factor importante en la utilización de este producto (Legaspi *et al.*, 1999b).

2.7 Feromonas sexuales

La aplicación de semioquímicos, es una alternativa implementada para el manejo de palomillas, principalmente el de feromonas sexuales (Wyatt, 1998). Insectos del orden Lepidoptera usan cantidades extremadamente pequeñas de feromona para comunicarse al momento de su apareamiento (Witzgall *et al.*, 2008). En *E. loftini*, Brown *et al.* (1988)

mostraron, que la hembra, produce la feromona sexual, siendo las primeras pruebas para el desarrollo de la feromona sintética. Más tarde, Shaver *et al.* (1990) demostraron que los componentes, (Z)-13-octadecenil acetato, (Z)-11-hexadecenil acetato, y (Z)-13-octadecenal en la proporción de 8:1:1.3 son eficaces en la captura de machos de *E. loftini* durante un período de 112 días. El uso de septos de caucho como dispensadores de la feromona, se describió como la mejor opción, utilizando a las trampas cebadas con feromonas, como una herramienta eficaz, en campo, para el monitoreo de la plaga (Shaver *et al.*, 1991). El uso de feromonas sexuales, como confusión de apareamiento, da resultado en campos pequeños, hasta con un 95.5 % de interrupción (Shaver y Brown, 1993). Sin embargo en campos grandes, la confusión sexual, no ha resultado ser un método eficaz en la reducción de daños al cultivo de caña de azúcar (Spurgeon *et al.*, 1997; Legaspi *et al.*, 1999c).

2.8 Variedades resistentes

El uso de diversos cultivares de caña de azúcar, como estrategia de control de *E. loftini*, mostraron variabilidad en daño, debido a la presencia del insecto plaga (Pfannenstiel y Meagher, 1991). En Texas EE. UU., estudios han demostrado que, el cultivar CP 70-321 sufrió menos lesiones que el cultivar NCO 310, en las evaluaciones de cría (Pfannenstiel y Meagher, 1991). Los datos de campo confirmaron estos resultados (Meagher *et al.*, 1993; Legaspi *et al.*, 1999a). De igual forma, en México el uso de cultivares resistentes, es parte del programa de manejo integrado en contra de los barrenadores del tallo. En el sur de Tamaulipas, los cultivares más tolerantes fueron CP 87-1233, MEX 96-19 y MEX 95-104, mientras que la más susceptible fue CP 88-1322 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Susceptibilidad de 16 variedades de caña de azúcar al daño de barrenadores de la caña de azúcar. El Mante, Tamaulipas 2010-2011 (Fuente: Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2012).

Variedad	Promedio de entrenudos barrenados de <i>Diatraea</i> + <i>Eoreuma</i> (Tukey 5%)
CP 88-1322	7.00 a
ITV 92-1424	5.50 ab
CP 72-2086	5.25 ab
CP 80-1857	4.80 ab
MEX 95-27	4.80 ab
RB 83-5054	4.60 ab
RB 85-5035	4.45 ab
RD	4.35 ab
MEX 96-3	4.10 ab
YZ 64-24	4.08 ab
CP 70-3241	4.05 ab
MEX 94-4	4.03 ab
RB 85-5113	4.00 ab
MEX 95-104	3.00 b
MEX 96-19	2.85 b
CP 87-1233	2.85 b

2.9 Control cultural

La implementación de programas agrícolas, en el cultivo de caña de azúcar, aplicados por los organismos encargados de la Sanidad Vegetal, forman parte del manejo integrado de los barrenadores de caña de azúcar, basados en medidas de buenas prácticas agrícolas (CVCA, 2010; Bioagro, 2011). Algunas buenas prácticas agrícolas para el manejo fitosanitarios, son las siguientes:

- Destruir los residuos de cosechas anteriores, mediante incineración o arado de disco, o incluso inundación por varios días.
- Realizar fertilizaciones adecuadas y riego suficiente en temporada de seca.
- Seleccionar correctamente la semilla vegetativa para la siembra.

- Hacer los cortes de la caña, al ras del suelo, y no practicar la quema indiscriminada.
- Evitar cultivos mixtos con otras gramíneas (particularmente con maíz).
- Destruir hospederos alternos de la plaga (malezas), alrededor del cultivo.
- Remojar las semillas de caña, durante 72 horas en agua a 25.6 °C, esto no incide en la germinación; además, esto tiende a producir un mejor soporte de la planta.

Aunque la implementación de este tipo de control, ayuda a minimizar el ataque de los barrenadores del tallo, algunas técnicas como el entresacado de cogollos con “corazón muerto” en etapa de “pelillo”, resulta una práctica económicamente elevada, además de reducir el impacto de los enemigos naturales (Vejar-Cota *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Los estudios se realizaron en la unidad de producción de caña, “Lagunillas” (18° 34’ 10” N; 099° 07’ 29” W), que corresponde a la zona de influencia del ingenio “Emiliano Zapata”, ubicada en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos. Esta región tiene un clima subhúmedo con lluvias en verano, altitud de 900 m, temperatura promedio anual de 24 °C y precipitación pluvial promedio de 910 mm (INEGI, 2009). El manejo agronómico de la unidad experimental, fue el utilizado comúnmente en la región; la etapa fenológica de la planta, en un principio, fue la denominada “pelillo”. Las plantas de caña de azúcar antes de la zafra, al final del experimento, alcanzaron una altura de 2,15 m.

3.2 Trampa y liberador

Se utilizaron trampas tipo “ala” (Figura 1a), elaboradas en el laboratorio de Ecología Química de Insectos del Colegio de Postgraduados, que consisten de dos hojas de polipropileno color blanco de 28 cm × 23 cm (alto: largo). La hoja inferior de la trampa se impregno con 5 g de resina sintética fenol-butílica (Stick-bug50® 50 %), como adhesivo. Las hojas se fijaron en los bordes laterales, con un alambre galvanizado, calibre 16 mm. Para la captura de *E. loftini* se utilizaron septos de caucho rojo de 8 mm (Figura 1b), como liberadores, impregnados con 1 mg de la feromona sexual: (Z)-13-octadecenil acetato, (Z)-13-octadecenal y (Z)-11-hexadecenil acetato (BioLure®), en las proporciones de 77:13:10, respectivamente. Los liberadores se fijaron, con un alfiler, en las trampas, si el tratamiento lo requería.

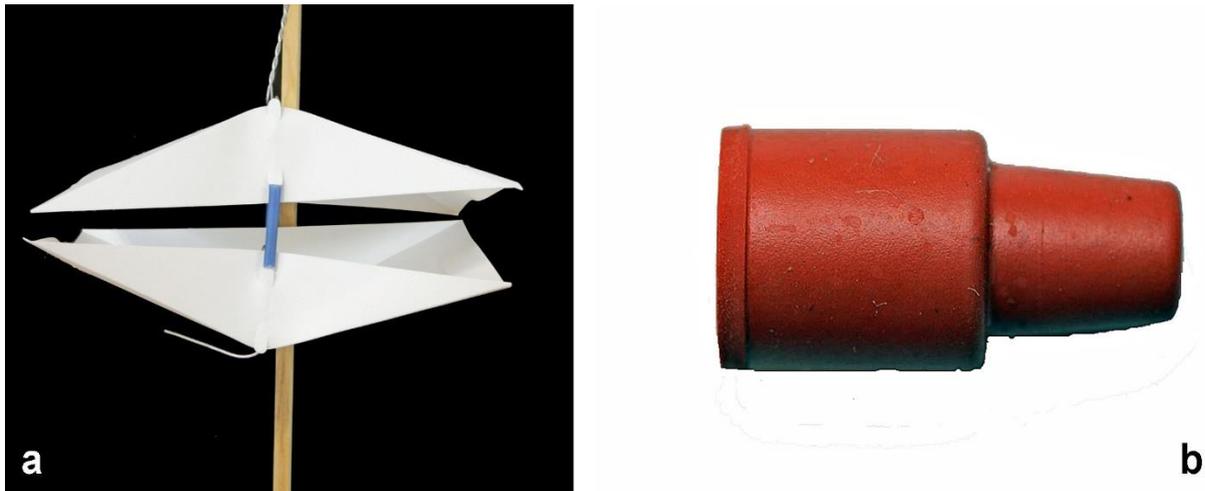


Figura 1. Trampa tipo “ala” (a) y liberador rojo (b), de la feromona sexual, de caucho 8 mm.

3.3 Establecimiento del experimento

3.3.1 Fluctuación poblacional. Este experimento se estableció, de febrero 2013 a enero 2014. El diseño experimental fue completamente al azar, se utilizaron ocho trampas por tratamiento, con y sin la feromona sexual de *E. loftini*, distribuidas en la periferia del cultivo, a una separación de 100 m entre trampa (Figura 2), colocadas a una altura de 1,30 m en estacas de madera (1,50 m alto y 5 cm de espesor) (Shaver *et al.*, 1990; Kovanci *et al.*, 2006). Los liberadores se reemplazaron cada 30 días. El cambio de la base pegajosa de la trampa se hizo cada 15 días, para su posterior registro de capturas. Para evitar el sesgo en los datos, las trampas se rotaron cada 45 días.

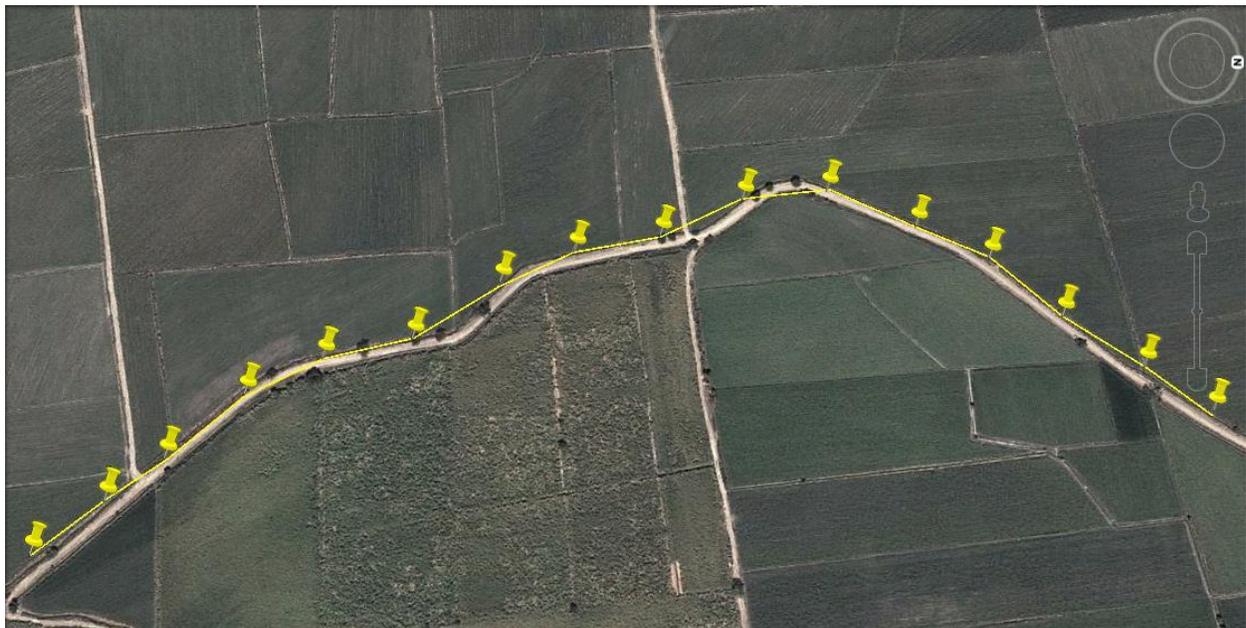


Figura 2. Puntos de muestreo en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para conocer la fluctuación poblacional de *E. loftini*.

3.3.2 Duración del atrayente. De igual modo, para conocer la duración del atrayente en campo, que se refleja con la captura de insectos, se colocó un segundo experimento con tres

tratamientos: Tratamiento 1, donde el cambio de septo se realizó cada tercer mes; Tratamiento 2, el liberador se cambió mensualmente; y Tratamiento 3, que se asignó como testigo. Con idéntico establecimiento al ensayo anterior (Figura 3). La recolecta y cambio de la base de las trampas, se hizo de forma mensual, de abril 2013 a diciembre 2013. Constando de tres períodos, el primero, de abril 2013 a junio 2013; el segundo, de julio 2013 a septiembre 2013 y el tercero, de octubre 2013 a diciembre 2013. La captura mensual de insectos en cada período, se promedió con el mes correspondiente, para su análisis y comparación entre tratamientos.



Figura 3. Puntos de muestreo en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para determinar la duración del atrayente en campo.

La base de las trampas se trasladaron al Laboratorio de Ecología Química de Insectos del Colegio de Postgraduados, Texcoco, estado de México, donde, se contabilizó a los insectos de *E. loftini* y de palomillas no blanco. También, durante el desarrollo del experimento, se obtuvieron los datos de temperatura promedio y precipitación pluvial total, de la Red de Estaciones

Agrometereológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del estado de Morelos, México.

3.4 Análisis estadístico de datos

En el Experimento 1, el número promedio de adultos, capturados por fecha de muestreo, se utilizó para describir la fluctuación poblacional de *E. loftini* presente en el cultivo de caña de azúcar. Por otro lado, se realizó un análisis de regresión lineal, a fin de determinar la relación entre temperatura y precipitación pluvial, sobre la ocurrencia de la especie. Para señalar la eficiencia de la feromona en el trapeo de *E. loftini*, se analizaron ambos tratamientos (trampas con o sin feromona sexual) con una prueba de *t* pareada ($\alpha \leq 0.05$). Finalmente, para el Experimento 2, se compararon los promedios de trapeo, de los tres tratamientos, con una prueba de *t* pareada ($\alpha \leq 0.05$), para señalar si existen diferencias entre las capturas y la edad del atrayente en campo. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2004).

3.5 Corroboración de la especie capturada

Los ejemplares capturados en las trampas se identificaron en el laboratorio de Morfología de Insectos del Colegio de Postgraduados, Texcoco, estado de México, con base en las características taxonómicas de la genitalia del macho y a través de los caracteres morfológicos de los adultos de esta especie (Agnew *et al.*, 1988). Así mismo, se realizó la identificación genética de cuatro individuos, para lo cual se amplificó un fragmento de 658 bp, del gen Citocromo Oxidasa I (COI), con los iniciadores LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-

3´) y HCO2198 (5´-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3´) con la metodología descrita por Hebert (2003). Los productos de PCR fueron secuenciados por la empresa MacroGen, Korea.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Fluctuación poblacional

El barrenador del tallo *E. loftini*, se encontró presente durante todo el ciclo de cultivo de caña de azúcar, desde pelillo hasta antes de la zafra. Sin embargo, las capturas no son constantes todo el año. Se presentó un pico poblacional en mayo 2013 (Figura 4), donde el número total de insectos capturados fue de 433. Durante el periodo de estudio, los datos señalan que hay un incremento en la población de adultos de *E. loftini* entre abril 2013 y junio 2013, con un promedio de 22 machos capturados por trampa. La temperatura promedio, en esta época, fue de 27-42 °C. Este resultado coincide con lo reportado por Beuzelin *et al.* (2011), quienes mencionan que, con el uso de trampas cebadas con la feromona sexual, en pastos no cultivables, las mayores capturas de *E. loftini* se presentaron entre abril y agosto, con un pico poblacional en el mes mayo en Texas, EE. UU.

No obstante, Wilson *et al.* (2012), con el mismo método, señalan un máximo pico poblacional a finales de agosto, en campos comerciales de caña de azúcar de Texas, EE. UU., donde menciona que, conocer la fluctuación poblacional de *E. loftini*, ayuda a diseñar y aplicar estrategias de control, en el momento adecuado. En contraste, la población de adultos capturados de septiembre 2013 a enero 2014 fue menor, con promedio de capturas de uno. Con una notable

disminución en noviembre 2013, mes en el que se capturó un total de ocho ejemplares (Figura 4).

La temperatura promedio, de este periodo, fue de 21,97 °C.

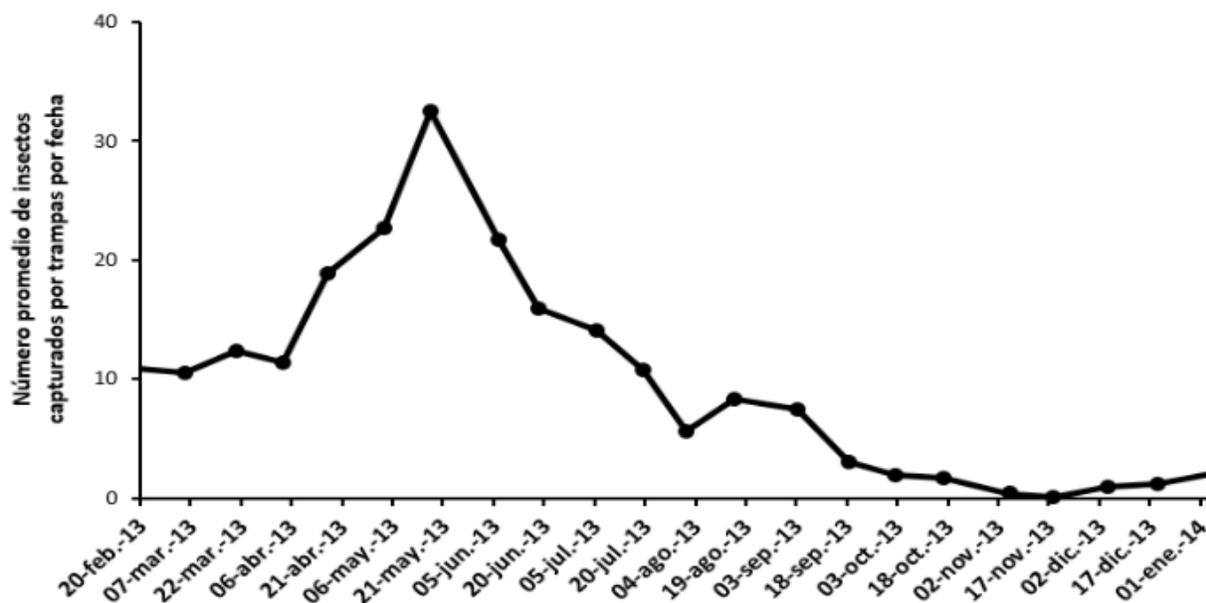


Figura 4. Fluctuación poblacional del barrenador del tallo *Eoreuma loftini* en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México.

De igual forma, con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, el uso de trampas cebadas, surge como una alternativa, no solo para el manejo y monitoreo de la plaga, de la zona productora de caña de azúcar en Morelos, México. Cabe resaltar, para esta zona, es la primera ocasión en que se presentan registros de la actividad de esta plaga, en la caña de azúcar. En EE. UU. el uso de feromonas sexuales se ha utilizado para describir la dispersión de este insecto en Texas y Louisiana, y pronosticar pérdidas económicas, a causa del barrenador del tallo, en la industria del azúcar y en la producción de arroz (Reay-Jones *et al.*, 2008). Además, el manejo de la plaga con parasitoides, se presenta como una estrategia más, dado que, al conocer

el comportamiento poblacional de *E. loftini*, la liberación de los parasitoides, en el momento adecuado, puede tener mayor impacto.

Teniendo en cuenta que, en la región de Tlaquiltenango, Morelos, *E. loftini* coexiste con otros barrenadores del tallo, conocer su fluctuación poblacional es algo importante, debido a que, Rodríguez-del-Bosque y Reyes-Méndez (2013), encontraron que en cultivos, donde *E. loftini* no se encontraba presente, ahora es la plaga dominante, desplazando a otros barrenadores como *Diatraea lieolata* y *Diatraea saccharalis*.

4.2 Especificidad de la feromona sexual

Por otro lado, un inconveniente para el uso de trampas con feromonas, es la posibilidad de que estas capturen más especies no blanco, que la especie deseada. Sin embargo en este caso, la baja densidad de capturas de palomillas no blanco, en las trampas con feromona, indica una alta especificidad de la feromona sexual comercial (BioLure®) hacia *E. loftini*. Ya que, se observó que las trampas con la feromona sexual, capturaron más adultos de *E. loftini*, que las trampas sin el mismo ($F= 9.167$; $df= 21$; $P < 0.001$). Mientras tanto, el registro de insectos no blanco, señala la presencia de un mayor número de palomillas de otras especies, en las trampas sin la feromona ($F= 4.725$; $df= 21$; $P < 0.001$) (Figura 5). Por lo anterior, se puede señalar que la feromona sexual posee una alta especificidad y actúa eficientemente, en el trapeo del barrenador del tallo, presente en “Lagunillas”, zona productora de caña de Tlaquiltenango, Morelos, México. Aunque la presencia de palomillas no blanco, puede atribuirse a los diferentes componentes en la feromona sexual, que actúan como atrayentes para otras especies. Igualmente,

un factor importante en la atracción de insectos, es el diseño y color de la trampa (Mitchell *et al.*, 1989).

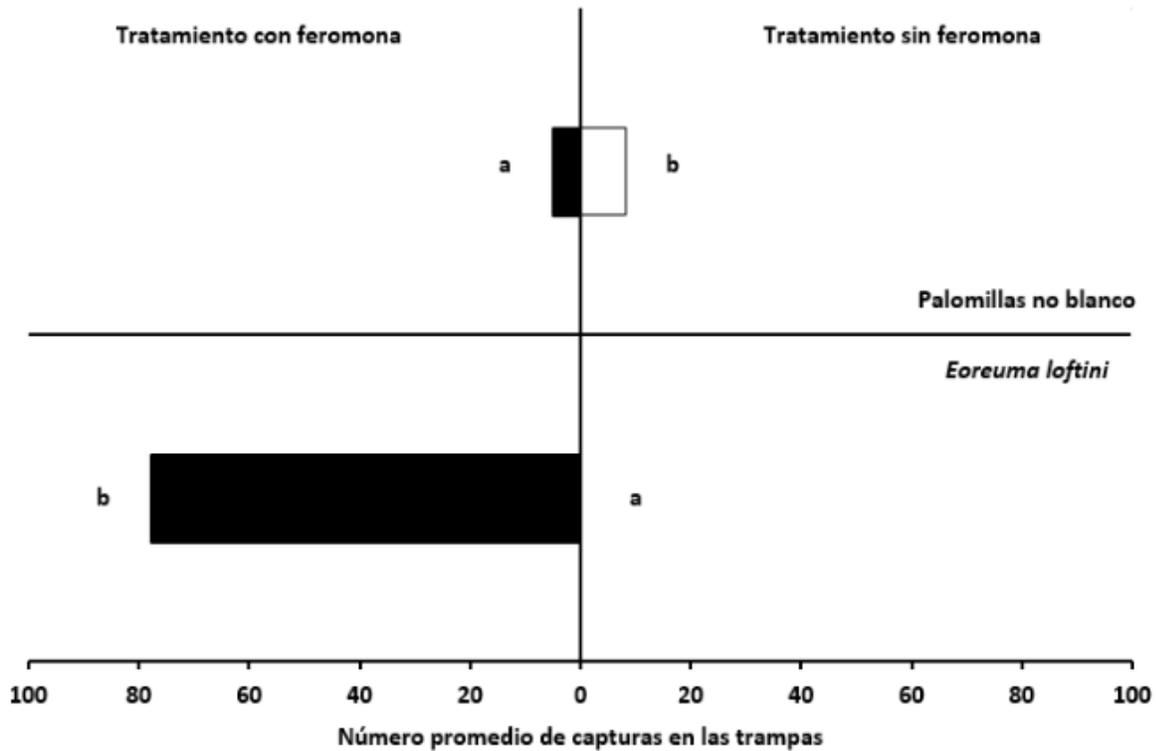


Figura 5. Promedio de captura para insectos no blanco ($P < 0.001$) y *E. loftini* ($P < 0.001$) con una prueba de t pareada ($\alpha = 0.05$). Letras diferentes, señalan diferencia estadística entre tratamientos.

4.3 Correlación de capturas de insectos con datos climatológicos

En el estudio se determinó, que existe una correlación significativa asociada ($r = 0.885$) entre la temperatura promedio ($F = 72.53$; $df = 21$; $P < 0.001$) (Figura 6a), y la captura de machos, en la zona de muestreo. Para este caso, en la ecuación de la recta, que describe las capturas, $y = 3,1867(x) - 67,191$, se puede interpretar, que el valor 3,1867 indica el incremento de individuos

capturados en las trampas, en promedio, por cada °C de aumento en la temperatura. Por otro lado, el análisis de correlación, con la precipitación pluvial y la presencia de *E. loftini* en la trampas, no mostro relación ($r= 0.086$), con este factor climático ($F= 0.149$; $df= 21$; $P= 0.703$) (Figura 6b). De acuerdo con Begon *et al.* (1996), la fluctuación poblacional de los insectos es afectada por factores climáticos, ya que estos delimitan la distribución de los mismos.

La correlación existente entre la temperatura y la captura de *E. loftini* supone que, la liberación de los compuestos en los septos, aumenta cuando la temperatura es mayor (Maitlen *et al.*, 1976), provocando así una mayor atracción, cuando las temperaturas oscilan entre 27 °C y 29 °C. No hubo una correlación con la precipitación pluvial. Aunque en el trabajo se esperaba que este factor ambiental afectara en las capturas, dado que Montoya *et al.* (2002), señalan que la precipitación pluvial afecta de forma negativa en las capturas, dado que los insectos presentan una movilidad reducida en épocas de lluvia. Conocer los factores climáticos, que actúan en la fluctuación poblacional de este insecto, permiten determinar sus limitantes para su desarrollo en campo.

Así mismo, algunas especies tienen una limitada distribución geográfica, debido a su escasa capacidad de adaptación a la variabilidad ambiental, lo que les impide ampliar su rango de hospederos (Tuda *et al.*, 2005). No obstante, *E. loftini* tiene un amplio rango de cultivos hospederos para completar su desarrollo y se distribuye en gran parte de México y algunos estados de EE. UU. (Hummel *et al.*, 2010; Beuzelin *et al.*, 2013).

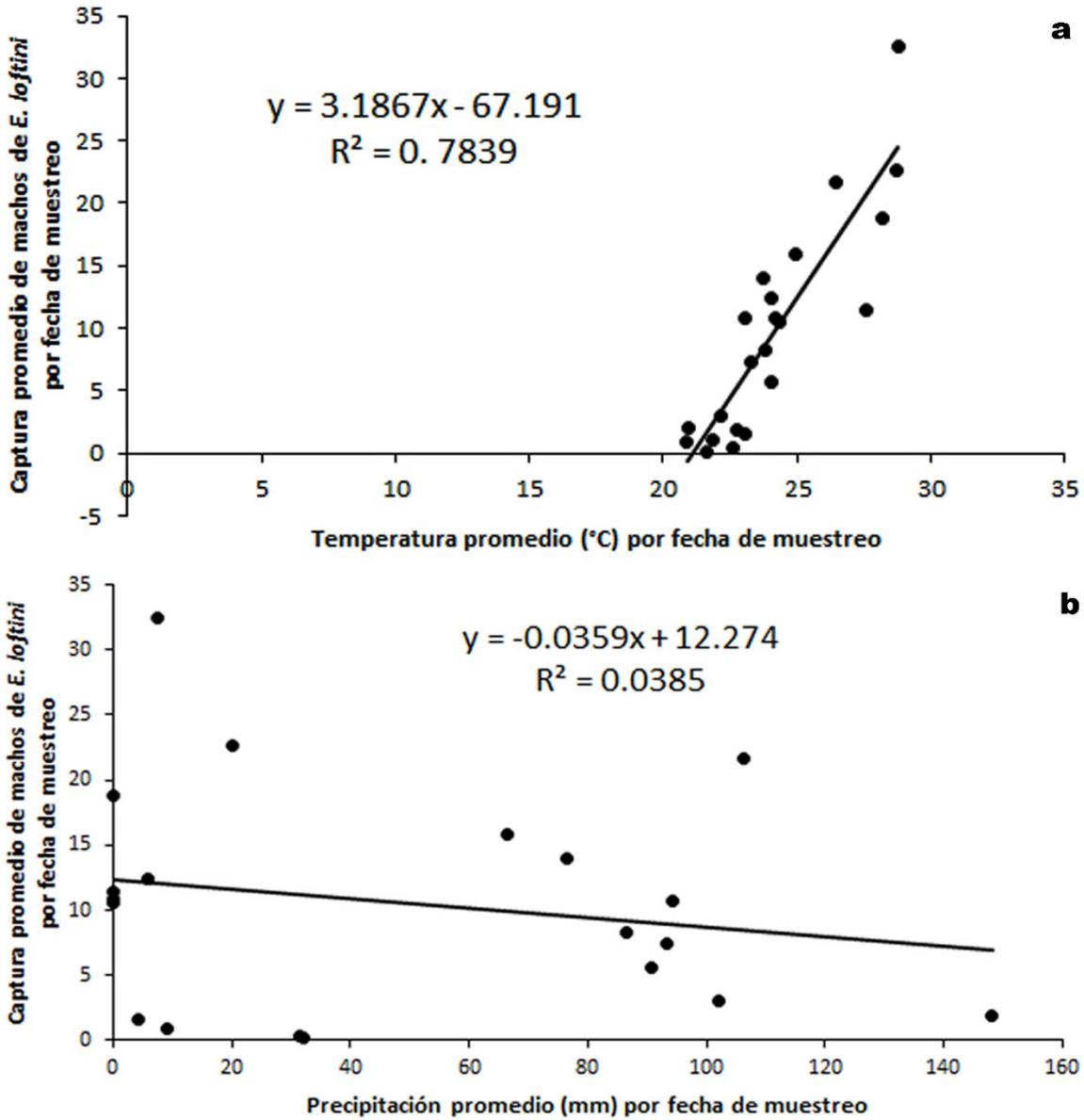


Figura 6. Correlación entre el número de capturas de *E. loftini* y la temperatura promedio (°C) (a) y correlación entre el número de capturas de *E. loftini* y precipitación pluvial promedio (mm) (b), por fecha de muestreo en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México.

4.4 Duración de la feromona en campo

Un factor importante, en el uso de feromonas, es el tiempo de captura que el atrayente tiene en campo. Por lo que el análisis comparativo, de capturas, entre los tratamientos 1 y 2, en el segundo experimento, señala que durante el primer mes de edad de la feromona, en campo, no existieron diferencias estadísticas entre los Tratamientos 1 y 2 ($F= 0.988$; $df= 2$; $P> 0.05$) (Figura 7) en el trapeo de machos de *E. loftini*. Lo anterior coincide con lo descrito por Kovanci *et al.* (2006), donde no observaron diferencias entre capturas y edad del septo durante los 28 días que el atrayente duro en campo, con dosis menores a 1 mg, y atribuyen el aumento o disminución de capturas a otro factor, como es la densidad de población del insecto.

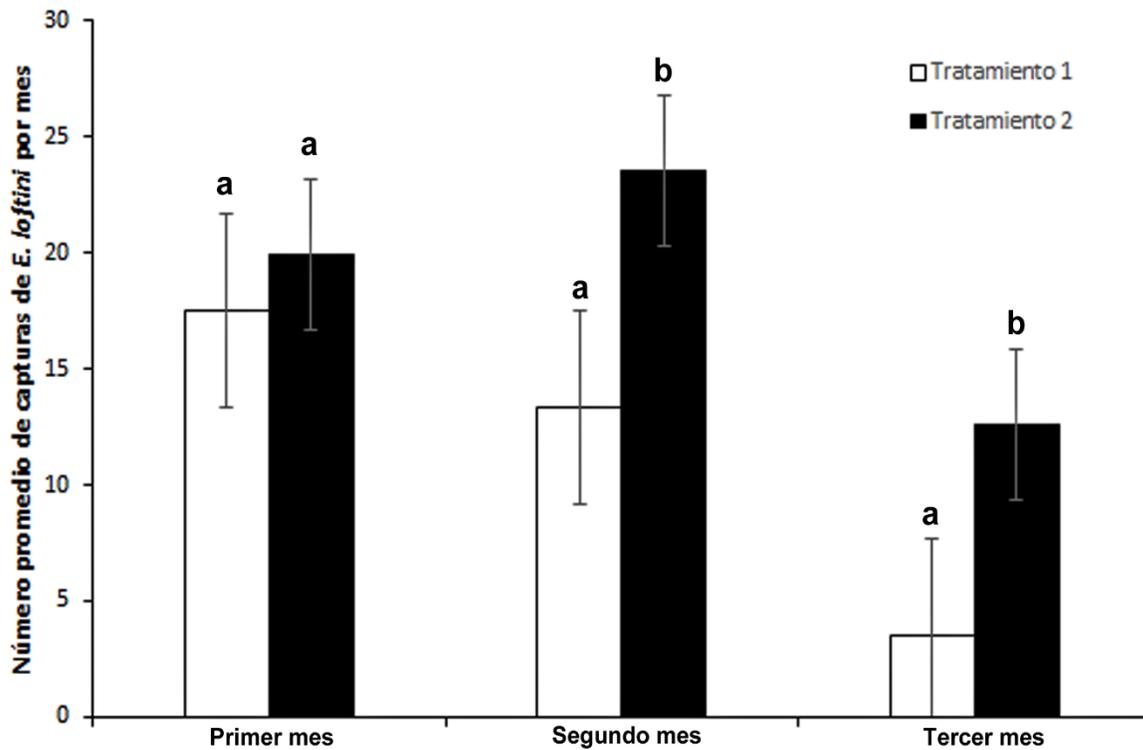


Figura 7. Promedio \pm SE de capturas por mes de *E. loftini*, con diferentes meses de permanencia del septo en campo. El primer mes en campo no hubo diferencias entre tratamientos. Después del segundo y tercer mes, de permanencia en campo, el Tratamiento 2, capturo menos adultos de *E.*

loftini, a diferencia del Tratamiento 1, que era cambiado el septo mensualmente. Letras iguales muestran igualdad de capturas entre tratamientos, letras diferentes señalan diferencias estadísticas de capturas entre tratamientos ($\alpha = 0.05$).

Sin embargo, durante el segundo mes de permanencia en campo, del Tratamiento 1, el número de capturas disminuyó, en promedio a 13 machos por trampa, que, comparado con los datos del Tratamiento 2, al cual se realizó el cambio mensual del septo, capturo un promedio de 23 adultos de *E. loftini*, mostrando así, diferencias entre tratamientos ($F= 3.059$; $df= 2$; $P< 0.05$) (Figura 4). Finalmente, al tercer mes de edad de la feromona en campo, se observó un notable descenso, con promedio de tres machos de *E. loftini*, en los datos de captura del Tratamiento 1; a diferencia del Tratamiento 2, que registró mayor promedio de captura con 12 adultos ($F= 7.039$; $df= 2$; $P< 0.009$) (Figura 7). Con base en los resultados obtenidos, se determinó que el septo cargado con 1 mg del atrayente, tiene una buena efectividad durante 30 días, y que a partir del segundo mes existen diferencias significativas, esto se ve más acentuado en el tercer mes, donde las capturas son menores. Al respecto, Shaver *et al.* (1990), encontraron que los septos cargados con la feromona sexual, con dosis de 1.25 mg a 5 mg, no tienen diferencias estadísticas, en las capturas de machos de *E. loftini*, durante un periodo mayor a los 100 días de exposición en campo.

4.5 Corroboración de *E. loftini*

Finalmente la corroboración de la especie con la que se trabajó, es una parte básica de la investigación, en México, existen diversas especies de barrenadores que atacan a la caña de azúcar, siendo la disección de los órganos genitales masculinos, el método que permite un clara

identificación entre estas especies (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 2012). Las características morfológicas de los órganos genitales del macho de la especie capturada en las trampas, coincidieron con la descripción realizada por Agnew *et al.* (1988) (Figura 8), confirmando así, la especie capturada en las trampas, como *E. loftini*.

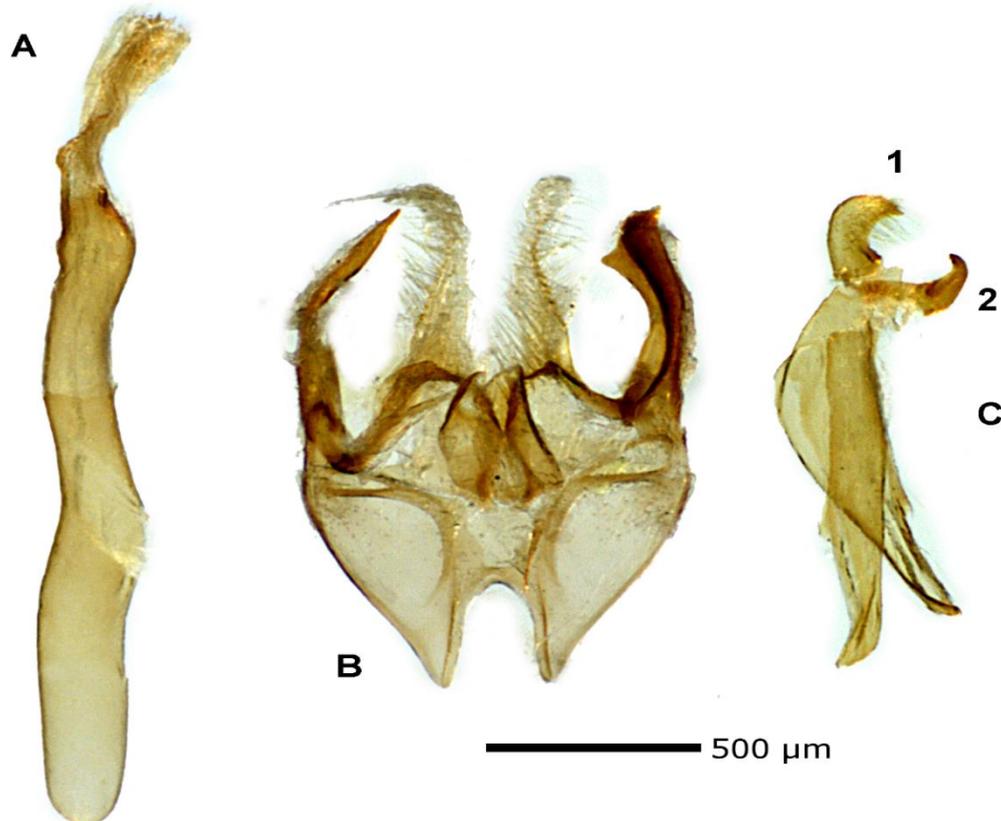


Figura 5. Órganos genitales masculinos de *E. loftini*. A: Aedeagus; B: Valvas; C: Tegumen, uncus (1) y gnathos (2). Crédito de fotografía: M.C. Jorge Valdez Carrasco (Colegio de Postgraduados).

Por otra parte la amplificación molecular con la región del Citocromo Oxidasa I (Figura 9) de la mitocondria de cuatro machos de *E. loftini* capturados en las trampas, señala bajos

niveles de polimorfismo dentro de la población a nivel de nucleótidos, sin embargo a nivel de aminoácidos no se presenta variación; la comparación de la secuencias obtenidas con las depositadas en el GenBank señala que esta región no ha sido secuenciada con anterioridad para esta especie, por lo que con base a la morfología y la respuesta hacia la feromona comercial, se puede señalar que se trata de *E. loftini*.

Las secuencias se depositan en la base de datos del NCBI con el código de acceso XXXX. El obtener el código de barras, para la identificación de especies, y depositarlo en la base de datos públicos, es una contribución al conocimiento de la diversidad biológica, debido a que no se encontraron secuencias de esta especie en el GenBank. La especie más cercana encontrada, pertenece a otro lepidóptero, *Palpita bonjingalis* (HM390259), con 93 % de bases compartidas, de la familia Crambidae al igual que *E. loftini*.

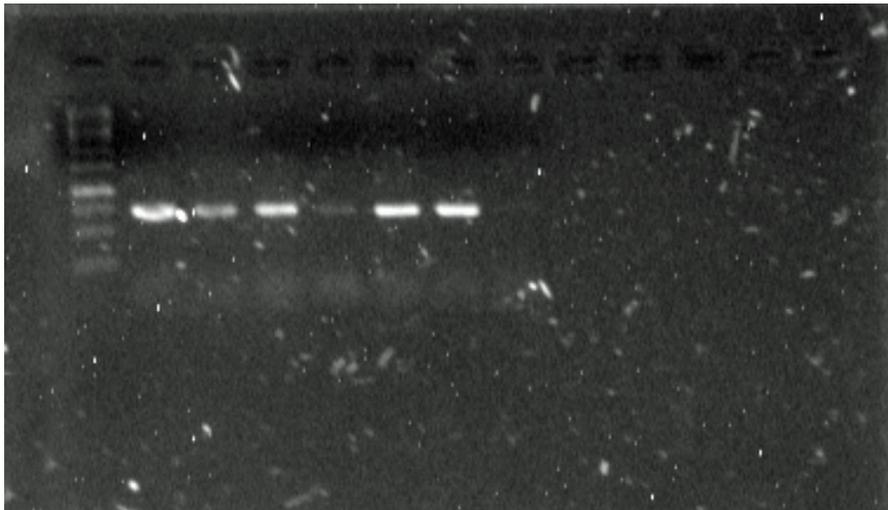


Figura 9. Amplificación de un fragmento del gen, Citocromo Oxidasa I (COI), de *E. loftini*, con los iniciadores LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO2198 (5'-TAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3').

V. CONCLUSIONES

E. loftini, se encuentra presente todo el año, en el cultivo de caña de azúcar, con un notable pico poblacional en mayo, y una disminución en noviembre. Afectando su captura en las trampas, el factor climático de temperatura. El uso de feromonas sexuales, es una alternativa para el monitoreo o trampeo masivo de la plaga. Con 1 mg del atrayente, se tiene la capacidad de capturar machos de *E. loftini*, durante tres meses. Sin embargo el número de insectos capturados, disminuye a partir del primer mes de permanencia en campo, en la zona productora de caña de azúcar de Tlaquiltenango, Morelos, México.

La continuación de este trabajo, ayudaría a determinar si el uso de diferentes modelos y colores de trampas, afectan la captura de *E. loftini*.

VI. LITERATURA CITADA

- Agnew, C. W., L. A. Rodríguez-del-bosque, and J. W. Smith Jr. 1988. Misidentifications of Mexican stalkborers in the subfamily Crambinae (Lepidoptera: Pyralidae). *Folia Entomológica Mexicana* 75: 63-75.
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, 3rd edn. Oxford: Blackwel Science 1068 p.
- Beuzelin, J. M., L. T. Wilson, A. T. Showler, A. Mészáros, B. E. Wilson, M. O. Way, and T. E. Reagan. 2013. Oviposition and larval development of a stem borer, *Eoreuma loftini*, on rice and non-crop grass hosts. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 146: 332–346.

- Beuzelin, J. M., A. Mészáros, T. E. Reagan, L. T. Wilson, M. O. Way, D. C. Blouin, and A. T. Showler. 2011. Seasonal infestations of two stem borers (Lepidoptera: Crambidae) in noncrop grasses of gulf coast rice agroecosystems. *Environmental Entomology* 40:1036-1050.
- Bioagro, 2011. *Diatraea saccharalis*. Bioagro-Soluciones Biológicas. En: http://www.bioagro.com.co/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=27&limit=1&limitstart=4
- Bleszynski, S. 1967. Studies on the Crambinae (Lepidoptera). Part 44. New neotropical genera and species. Preliminary check-list of neotropical Crambinae. *Acta Zoologica Cracoviensa* 12: 39-110.
- Brown, H. E., L. T. Wood, T. D. Shaver, and J. Worley. 1988. Behavioral responses of male *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) to ovipositor extracts. *Journal of Economic Entomology* 81: 184-188.
- Browning, H. W., M. O. Way, and B. M. Drees. 1989. Managing the Mexican rice borer in Texas. Texas Agricultural Experiment Station B-1620.
- Browning, H. W., and J. W. Smith, Jr. 1988. Interim progress report of the Mexican rice borer research program. Texas Agricultural Experiment Station Rpt. 1988, College Station, TX.
- Browning, H. W., and C. W. Melton. 1987. Indigenous and exotic Trichogrammatids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) evaluated for biological control of *Eoreuma loftini* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) borers on sugarcane. *Environmental Entomology* 16: 360-364.

- Browning, H. W., and C. W. Melton. 1984. Parasite rearing and release for biological control of the pyralid borer, *Eoreuma loftini* (Dyar) on sugarcane. Texas Agricultural Experiment Station PR-4196.
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (CVCA). 2010. Monografía de la Caña de Azúcar. Gobierno de Veracruz. pp. 21.
- Dyar, H. G. 1917. Seven new crambids from the United States. Insector Inscitiae Mentrus 5: 84-87.
- Gray, E. M., D. D. Walgenbach, A. Carrick, N. N. Troxclair, and G. L. Hein. 1991. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) moth captures in aerial water pan traps influenced by replacement of pheromone at different intervals. Journal of Economic Entomology 84: 1196-1202.
- Hawkins, B. A., H. W. Browning, and J. W. Smith, Jr. 1987. Field evaluation of *Allorhogas pyralophagus* (Hym.: Braconidae), imported into Texas for biological control of the stalkborer *Eoreuma loftini* (Lep.: Pyralidae) in sugarcane. Entomophaga 32: 483-491.
- Hebert N., P. D., A. Cywinska, S. L. Ball, and J. R. Dewaard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society London Biological Sciences 270: 313-321.
- Hummel, N. A., T. Hardy, T. E. Reagan, D. K. Pollet, C. E. Carlton, M. J. Stout, J. M. Beuzelin, W. Akbar, W. H. White. 2010. Monitoring and first discovery of the Mexican rice borer *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Crambidae) in Louisiana. Florida Entomologist 93: 123-124.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Síntesis de información geográfica del estado de Morelos. www.inegi.org.mx

- Johnson, K. J. R. 1984. Identification of *Eoreuma loftini* (Dyar) (Lepidoptera: Pyralidae) in Texas, 1980: Forerunner for other sugarcane boring pest immigrants from Mexico? Bulletin of the Entomological Society of America 30: 47-52.
- Johnson, K. J. R., and M. B. van Leerdam. 1981. Range extension of *Acigona loftini* into the Lower Rio Grande Valley of Texas. Sugar Azucar 76: 34.
- King, A. 1994. Biología, identificación y distribución de especies de Phyllophaga spp. en América Central. In: Seminario-Taller Centroamericano sobre Biología y Control de Phyllophaga. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp 50-61.
- Klots, A. B. 1970. North American Crambinae: Notes on the tribe Chiloini and a revision on the genera *Eoreuma* Ely and *Xubida* Schaus (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of the New York Entomological Society 78: 100-120.
- Kovanci, O. B., C. Schal, J. F. Walgenbach, and G. G. Kennedy. 2006. Effects of pheromone loading, dispenser age, and trap height on pheromone trap catches of the oriental fruit moth in apple orchards. Phytoparasitica 34:252-260
- Legaspi, J. C., B. C. Legaspi, Jr., and R. R. Saldaña. 2000a. Evaluation of *Steinernema riobravis* (Nematoda: Steinernematidae) against the Mexican rice borer. Journal of Entomological Science 35: 141-149.
- Legaspi, J. C., T. J. Poprawski, and B. C. Legaspi, Jr. 2000b. Laboratory and field evaluation of *Beauveria bassiana* against sugarcane stalkborers (Lepidoptera: Pyralidae) in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Journal of Economy Entomology 93: 54-59.
- Legaspi, J. C., B. C. Legaspi, Jr., J. E. Irvine, J. Johnson, R. L. Meagher, Jr., and N. Rozeff. 1999a. Stalkborer damage on yield and quality of sugarcane in Lower Rio Grande Valley of Texas. Journal of Economy Entomology 92: 228-234.

- Legaspi, J. C., B. C. Legaspi, Jr., and R. R. Saldaña. 1999b. Laboratory and field evaluations of biorational insecticides against the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) and a parasitoid (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economy Entomology* 92: 804-810.
- Legaspi, J. C., B. C. Legaspi, Jr., and R. R. Saldaña. 1999c. Evaluation of a synthetic pheromone for control of the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) in south Texas. *Subtropical Plant Science* 51: 49-55.
- Legaspi, J. C., R. R. Saldaña and N. Roseff. 1997a. Identifying and managing stalkborers on Texas sugarcane. Texas Agricultural Experiment Station MP-1777.
- Legaspi, J. C., B. C. Legaspi, Jr., E. G. King and R. R. Saldaña. 1997b. Mexican rice borer, *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) in the Lower Rio Grande Valley of Texas: Its history and control. *Subtropical Plant Science* 49: 53-64.
- Maitlen, J. C., L. M. McDonough, H. R. Moffitt, and D. A. George. 1976. Codling moth sex pheromone: Baits for mass trapping and population survey. *Environmental Entomology* 5: 199-202.
- Marsch, P. M. 1984. A new species of Braconidae (Hymenoptera) from Mexico introduced into Texas to control a sugar cane borer, *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 86: 861-863.
- Meagher, R. L., Jr., J. W. Smith, and K. J. R. Johnson. 1994. Insecticidal management of *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) on Texas sugarcane: A critical review. *Journal of Economy Entomology* 87: 1332-1344.
- Meagher, R. L., Jr., R. S. Pfannenstiel, and R. R. Saldaña. 1993. Survey and estimated injury of the Mexican rice borer in Texas sugarcane. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists* 12: 22-26.

- McLeod, D. G., and A. N. Starratt. 1978. Some factors influencing pheromone trap catches of the European cornborer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). The Canadian Entomologist 110: 51-55.
- Montoya, P., H. Celedonio, H. Miranda, J. Paxtian, and D. Orozco. 2002. Evaluación de sistemas de trapeo y atrayentes para la captura de hembras de *Ceratitis capitata* (Wied.) y otras moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en la región del Soconusco, Chiapas. Folia Entomologica Mexicana 41: 359-374.
- Mitchell, E. R., H. R. Agee, and R. R. Heath RR. 1989. Influence of pheromone trap color and design on capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera:Noctuidae). Journal of Chemical Ecology 15: 1775-1784.
- Palacio-Cortés, A. M., P. H. G. Zarbin, D. M. Takiya, S. J. M. Bento, A. S. Guidolin, and F. L. Consoli. 2010. Geographic variation of sex pheromone and mitochondrial DNA in *Diatraea saccharalis* (Fab., 1794) (Lepidoptera: Crambidae). Journal of Insect Physiology 56: 1624–1630.
- Pfannenstiel, R. S., and R. L. Meagher, Jr. 1991. Sugarcane Resistance to Stalkborers (Lepidoptera: Pyralidae) in South Texas. Florida Entomologist 74: 300-305.
- Ramón M., M. Perez, C. Mendoza y F. Mauriello. 2002. Reacción de 18 cultivares de caña de azúcar al ataque del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. en el estado Portuguesa, Venezuela. Revista Facultad Agronomía 19: 210-218.
- Reay–Jones, F. P. F., L. T. Wilson, T. E. Reagan, B. L. Legendre, and M. O. Way. 2008. Predicting economic losses from the continued spread of the Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae). Journal of Economy Entomology 101: 237-250

- Reay-Jones FPF, Wilson LT, Way MO, Reagan TE, Carlton CE. 2007. Movement of Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) through the Texas rice belt. *Journal of Economy Entomology* 100:54-60.
- Riess, C. M. 1981. Taxonomy and distribution of sugarcane borers (Fam. Pyralidae) in Mexico, pp. 131-144. In *Proceedings, Second Inter-American Sugar Cane Seminar Insect and Rodent Pests*, 6-8 October, 1981, Miami, FL.
- Ring, D. R., and H. W. Browning. 1990. Evaluation of Entomopathogenic Nematodes against the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Nematology* 22: 420-422.
- Rodríguez, L. M., T. E. Reagan, and J. A. Ottea. 2001. Susceptibility of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to tebufenozide. *Journal of Economy Entomology* 94: 1464-1470
- Rodríguez, L. M., E. Ostheimer, A. Woulwine, T. E. Reagan, D. K. Pollet, and W. H. White. 1995. Efficacy of aerial application of selected insecticides against sugarcane borer, 1994. *Arthropod Management Tests* 20: 254-255.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., and C. A. Reyes-Méndez. 2013. *Eoreuma loftini* displaced *Diatraea lineolata* and *D. saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) as the main corn stalkborer in northern Tamaulipas, México. *Southwestern Entomologist* 38: 75-78.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., G. Pantaleón-Paulino. 2012. *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Crambidae) Expanded its geographic range into Southern Veracruz and Northern Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist* 37:525-528.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., P. R. Loredó, V. H. Mata, and V. J. Ávila. 2012. Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar en el sur de Tamaulipas. Folleto Técnico No. 53. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, D. F.

- Rodríguez-del-Bosque, L. A., G. Vejar-Cota. 2008. Barrenadores del tallo (Lepidoptera: Crambidae) del maíz y caña de azúcar. *In*: H. C. Arredondo Bernal and L. A. Rodríguez del Bosque (eds). Casos de Control Biológico en México. Mundi-Prensa, México-España. pp. 9-22
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., J. W. Smith, Jr., and H. W. Browning. 1989. Exploration for parasites of sugarcane and corn stalkborers in the Huastecas area of Mexico, May 1985. Texas Agricultural Experiment Station PR-4595.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Programa nacional de la agroindustria de la caña de azúcar.
- SAS Software. 2004. Version 9.0 SAS Institute, Cary, NC.
- Shaver, T. N., and H. E. Brown. 1993. Evaluation of pheromone to disrupt mating of *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane. *Journal of Economy Entomology* 86: 377-381
- Shaver, T. N., H. E. Brown, J. W. Bard, T. C. Holler, and D. E. Hendricks. 1991. Field evaluations of pheromone baited traps for monitoring Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economy Entomology* 84: 1216-1219.
- Shaver, T. N., H. E. Brown, and D. E. Hendricks. 1990. Development of pheromone lure for monitoring field populations of *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Chemical Ecology* 16: 2393-2399.
- Shaver, T. N., H. E. Brown, H. J. Williams, L. T. Woods, and J. Worley. 1988. Components of female sex pheromone of *Eoreuma loftini* Dyar. *Journal of Chemical Ecology* 14: 391-399.
- Smith, J. W., H. W. Browning, and F. D. Bennett. 1987. *Allorhogas pyralophagus* (Hym.: Braconidae) a gregarious external parasite imported into Texas. USA. For biological

- control of the stalkborer *Eoreuma loftini* (Lep.: Pyralidae) on sugarcane. *Entomophaga* 32: 477-482.
- Spurgeon, D. W., J. R. Raulston, P. D. Lingren, and J. M. Gillespie. 1997. Mating disruption of Mexican rice borers (Lepidoptera: Pyralidae) in Lower Rio Grande Valley sugarcane. *Journal of Economy Entomology* 90: 223-234.
- Tuda, M., L. Y. Choub, C. Niyomdhamc, S. Buranapanichpand, Y. Tateishi. 2005. Ecological factors associated with pest status in *Callosobruchus* (Coleoptera: Bruchidae): high host specificity of non-pests to Cajaninae (Fabaceae). *Journal of Stored Product Research* 41: 31-45.
- van Leerdam, M. B. 1986. Bionomics of *Eoreuma loftini*, a pyralid stalk borer of sugarcane. PhD dissertation, Texas A&M University, College Station, TX.
- van Leerdam, M. B., K. J. R. Johnson, and J. W. Smith, Jr. 1986. Ovipositional sites of *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane. *Environmental Entomology* 15: 75-78.
- van Leerdam, M. B., K. J. R. Johnson, and J. W. Smith, Jr. 1984. Effects of physical characteristics and orientation on oviposition by *Eoreuma loftini* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* 13: 800-802.
- Van Zwaluwenburg, R. H. 1950. The insects affecting sugar cane in Mexico. *International Society of Sugar Cane Technologists* 7:373-377.
- Vejar-Cota, G., L. A. Rodríguez-del-Bosque, and D. Sahagún. 2008. Economic and ecological impacts of hand removing dead hearts caused by *Diatraea considerata* (Lepidoptera: Crambidae) on sugarcane in Mexico. *Southwestern Entomologist* 33: 157-159.
- Wilson BE, Showler AT, Reagan TE, Beuzelin JM. 2012. Improved chemical control for the Mexican Rice Borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane: larval exposure, a novel

scouting method, and efficacy of a single aerial insecticide application. *Journal of Economy Entomology* 105: 1998-2006.

Witzgall P, Stelinski L, Gut L, Thomson D. 2008. Codling moth management and chemical ecology. *Annual Review Entomology* 53:503-522

Wyatt, T. D. 1998. Putting pheromones to work. *In* R. T. Cardé and A. K. Minks [eds.], *Insect pheromone research: new directions*. Chapman & Hall, New York. pp. 445-459

VII. ANEXOS

Cuadro A1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo, en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para la fluctuación poblacional de *E. loftini*.

Trampa	Latitud	Longitud
1	18° 34' 10.20"N	099° 07' 33.20"O
2	18° 34' 08.40"N	099° 07' 34.50"O
3	18° 34' 06.20"N	099° 07' 36.00"O
4	18° 34' 04.20"N	099° 07' 37.80"O
5	18° 34' 02.10"N	099° 07' 38.80"O
6	18° 33' 59.50"N	099° 07' 39.90"O
7	18° 33' 57.00"N	099° 07' 39.51"O
8	18° 33' 54.60"N	099° 07' 38.20"O
9	18° 33' 52.10"N	099° 07' 37.60"O
10	18° 33' 50.00"N	099° 07' 36.50"O
11	18° 33' 47.60"N	099° 07' 34.60"O
12	18° 33' 45.10"N	099° 07' 33.90"O
13	18° 33' 43.00"N	099° 07' 32.70"O
14	18° 33' 41.00"N	099° 07' 30.70"O
15	18° 33' 39.50"N	099° 07' 29.40"O
16	18° 33' 37.70"N	099° 07' 27.70"O

Cuadro A2. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo, en la unidad de producción de caña de azúcar “Lagunillas”, Morelos, México, para determinar la duración del atrayente en campo.

Trampa	Latitud	Longitud
1	18°34'19.66"N	99° 7'18.10"O
2	18°34'19.31"N	99° 7'20.00"O
3	18°34'18.90"N	99° 7'22.30"O
4	18°34'18.50"N	99° 7'24.50"O
5	18°34'18.25"N	99° 7'26.38"O
6	18°34'17.87"N	99° 7'28.52"O
7	18°34'17.45"N	99° 7'30.72"O
8	18°34'17.13"N	99° 7'32.49"O
9	18°34'16.74"N	99° 7'34.91"O
10	18°34'16.35"N	99° 7'37.02"O
11	18°34'16.00"N	99° 7'39.13"O
12	18°34'15.59"N	99° 7'41.43"O
13	18°34'15.28"N	99° 7'43.05"O
14	18°34'15.07"N	99° 7'45.10"O
15	18°34'14.72"N	99° 7'47.17"O
16	18°34'14.34"N	99° 7'49.03"O

Cuadro A3. Datos de los factores climáticos (precipitación pluvial y temperatura), de la zona de Tlaquiltenango, Morelos, México.

Numero de muestreo	Precipitación total (mm)	Temperatura media (°C)
1	0	24.17
2	0	24.35
3	5.8	24.05
4	0	27.57
5	0	28.18
6	20	28.72
7	7.4	28.78
8	106.4	26.45
9	66.4	24.96
10	76.6	23.74
11	94.2	23.07
12	90.8	24
13	86.6	23.81
14	93.2	23.26
15	102.2	22.16
16	148.2	22.77
17	4.2	23.02
18	31.4	22.57
19	32	21.61
20	9	20.87
21	0	21.88
22	0.8	20.91