

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**



**EVALUACION DEL INSECTICIDA SPINOSAD EN ESTACIONES CEBO PARA EL
MANEJO DE LA MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA EN LOS CITRICOS DEL
NORESTE DE MEXICO**

Por:

DAVID MICELI RINCON

Tesis

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Titulo De:

Ingeniero Agrónomo En Horticultura

Buenavista Saltillo Coahuila, México

Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación del insecticida spinosad en estaciones cebo para el manejo de la mosca mexicana de la fruta en los cítricos del noreste de México

Presentado Por:

DAVID MICELI RINCÓN

TESIS

Que somete a consideración del jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por el comité de sinodales

Dr. Reynaldo Alonso Velasco
Presidente

Dr. José Isabel López Arroyo
Vocal

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Vocal

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo
Vocal

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México, Diciembre, 2007

Agradecimientos

A todas las personas que han hecho posible este trabajo y me han permitido participar en este; como son el Dr. Reynaldo Alonso Velasco, Dr. José Isabel López Arroyo, Dr. Víctor Manuel Reyes Salas y al Ing. Gerardo Rodríguez Galindo asesores de este trabajo de tesis.

Se agradece también a el CONACYT/Gobierno Del Estado De Nuevo León por financiar este proyecto a través del Fondo Mixto Proyecto FOMIT 12610 y la fundación Produce San Luis Potosí A.C.

Agradezco también a mis compañeros, camaradas y amigos que si los nombrara a todos haría falta todo un libro para hacerlo, por hacer posible que me estancia en esta universidad fuera tan agradable a pesar de estar tan lejos de casa.

Al departamento de horticultura y todo su cuerpo docente por proveerme las herramientas necesarias para salir triunfante en cada problema dentro y fuera de la universidad desde ahora y en adelante.

A nuestra Alma Terra Mater que nos ha proveído de más de lo necesario y para muchos ha sido y será nuestro segundo hogar.

Dedicatoria

A mis padres Josefa Dora Rincón Montero y Ramiro Miceli Maza por haberme dado esta oportunidad de estudiar y el apoyo que me han brindado durante mi vida y enseñarme lo que es realmente valioso en esta vida.

A mis hermanos Ramiro, Dora Margarita, Mayra y Maygualida por darme tantos ánimos durante mi vida y ayudarme a forjar mi carácter.

A mis “Viejitos” el Doctor Jesús Cansino Casaonda † y al M.C. Miguel Ángel Palacios Rincón por darme las lecciones básicas que en ninguna escuela ofrece explícitamente y es más importante que cualquier otra lección, “Lecciones para vivir”.

Y de un modo muy particular a Verónica por traer tranquilidad, paz, y dicha a mi vida y darme su cariño, comprensión sinceridad, apoyo, confianza y honestidad.

A todas estas personas les dedico un poema titulado

“Lanzas rotas”

*Quedan lanzas rotas sobre el camino, nos hemos arrancado el cabello de dolor,
las casas ya no tienen techo y sus muros están teñidos de sangre.*

Este poema fue escrito por los tenochtitlas para conmemorar la caída de la gran Tenochtitlán para recordar que nunca se rindieron y que posiblemente perdieron la batalla pero nunca su fe y esperanza.

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Control biológico.....	6
Control biológico clásico.....	7
Control biológico por aumento.....	8
Control biológico por conservación.....	8
Generalidades sobre los parasitoides.....	9
Aspectos ecológicos relevantes para elegir una especie de parasitoide.....	10
Liberaciones múltiples vs. Uniespecíficas.....	10
Las moscas de la fruta del género anastrepha y su relevancia como plaga.....	11
Enemigos naturales de las moscas de la fruta.....	12
Características de los parasitoides seleccionados para este estudio.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
Implicaciones para el uso de estaciones cebo en el manejo de mosca mexicana de la fruta.....	25
CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFIA.....	29

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro 1. Costos económicos de los ingredientes utilizados para formular el atrayente evaluado en los ensayos de estaciones cebo para el control químico de la mosca mexicana de la fruta en la citricultura de Nuevo León., 19

Cuadro 2. Costos económicos y riesgos de la aplicación de tratamientos insecticidas para el control de mosca mexicana de la fruta en la citricultura de Nuevo León., 23

Figura 1. Número de moscas *A. ludens* estériles y fértiles, capturadas en sitios con insecticidas y atrayente aplicados por aspersión o en estaciones cebo. Linares, N.L., Méx. Promedios seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$)., 20

Figura 2. Número de moscas *A. ludens* silvestres, capturadas en sitios con insecticidas y atrayente aplicados por aspersión o en estaciones cebo. Cadereyta de Jiménez, N.L., Méx. Promedios seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$)., 22

RESUMEN

En la búsqueda de alternativas al uso del malatión para el control de la mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae), en los huertos de cítricos del noreste de México, el presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el insecticida Spinosad provisto en estaciones cebo a diferentes densidades/ha. Los experimentos se realizaron en condiciones de poblaciones naturales e inducidas de la plaga en los estados de Nuevo León, y San Luis Potosí, México, en donde se evaluaron densidades de 20, 40 y 80 estaciones cebo/ha que contenían 80 ppm del insecticida Spinosad. Los tratamientos con 20, 40 y 80 estaciones cebo/ha, mostraron una mayor atracción de especímenes estériles y fértiles de mosca mexicana de la fruta en comparación con el Testigo regional (aspersiones de malatión 50 CE en dosis de 1.75 ml/árbol/semana)). En poblaciones naturales de la plaga se encontraron diferencias significativas de especímenes fértiles en el tratamiento con 40 estaciones cebo/ha ($P=0.01$). El testigo regional con aspersión semanal de malatión y proteína hidrolizada presentó los registros más altos de la plaga; sin embargo, los porcentajes de infestación de la fruta no fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos en los tratamientos de estaciones cebo evaluadas. A diferencia de las aspersiones con malatión, que requieren realizarse semanalmente, la estación mantiene al cebo con spinosad efectivo hasta por tres meses, lo cual representa una ventaja en la operatividad de las medidas de control de *A. ludens*

INTRODUCCIÓN

La estación cebo es definida por Mangan y Moreno (2007) como un recipiente discreto con atrayentes y toxinas dirigidos contra una plaga específica. El dispositivo está diseñado para depositar el insecticida para el control del artrópodo objetivo, sin que el tóxico entre en contacto directo con cualquier parte del árbol o el suelo, personas, animales silvestres o viviendas, y son apropiados para ser utilizados en áreas donde es imposible aplicar insecticidas de amplio espectro (Mangan y Moreno 2007). En la citricultura de México, el control de mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae), tradicionalmente se ha realizado con la aspersión de malatión mezclado con proteína hidrolizada como atrayente. Esta mezcla se ha utilizado en estaciones cebo en el estado de Chiapas, Méx., y en la citricultura del noreste de México. Actualmente, el uso del malatión en los Estados Unidos de América, ha sido cuestionado por ser un insecticida de amplio espectro con problemas asociados de aceptación pública, impacto ecológico y bajo perfil de integración con programas de manejo de plagas (Mangan y Moreno 2002, Moreno y Mangan 2002). Como alternativa a este plaguicida se ha considerado el uso del insecticida spinosad, característicamente más seguro. (Es posible que en un corto plazo, la exportación de cítricos del país hacia Norte América, sea condicionada a que la producción sea obtenida sin el uso del malatión en el manejo de *A. ludens*. En México, el potencial del spinosad en aspersiones para el control de mosca mexicana ha sido evaluado recientemente sin embargo, se carece de alternativas que permitan una mejor operatividad en los programas para el control de la plaga.

Objetivos

El objetivo del presente estudio fue evaluar el insecticida spinosad en dosis de 80 ppm provisto en estaciones cebo a diferentes densidades/ha, para el control de mosca mexicana de la fruta en los cítricos del noreste de México.

Hipótesis

El insecticida Spinosad supera en eficiencia al Malatión en estaciones cebo a determinada densidad/ha, en el control de mosca mexicana en los cítricos del noreste de México.

REVISION DE LITERATURA

De las 195 especies descritas de moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en el mundo, hasta la fecha las de mayor importancia económica son: *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *A. grandis* Loew, *A. ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart), *A. serpentina* Wiedemann, *A. striata* Schiner, y *A. suspensa* (Loew) (Aluja, 1994; Norrbom *et al.*, 1999). En México, se indica la presencia de 32 especies de *Anastrepha* que en algún grado dañan a los frutales, siendo las más importantes económicamente: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* (Hernández-Ortiz y Aluja, 1993; Aluja, 1994).

La mosca mexicana de la fruta, *A. ludens*, ocurre en la mayoría de las áreas citrícolas del país y daña, entre otros, a dos de los frutales más importantes: naranja y mango (Cabrera y Ortega, 1992). En el Noreste de México y particularmente en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, y Tamaulipas, existen aproximadamente 116,387 ha de cítricos dulces, equivalentes al 29% del total nacional (Sistema Integral de Información Agropecuaria y Pesquera, 2006).

A diferencia de otras regiones citrícolas del país, la problemática de la mosca mexicana de la fruta en el Noreste de México, es aún mayor, debido a que la plaga es originaria de ésta zona, al igual que el chapote amarillo, *Sargentia greggii* Coult, hospedero nativo más importantes, lo que los hace estar adaptados a las condiciones prevalecientes en la región (Baker *et al.*, 1944).

Históricamente, para el control de moscas de la fruta se han utilizado aspersiones de insecticidas químicos con un fuerte impacto en el ambiente y efectividad reducida en su control (Aluja, 1993, 1996). Desde inicios del siglo XX se utilizaron cebos conteniendo insecticidas inorgánicos como el arsenato de plomo (Mangan y Moreno, 2002; Prokopy et al., 2003). Durante la década de 1950s, éstos fueron sustituidos por productos organoclorados, los cuales posteriormente fueron desplazados por insecticidas organofosforados y carbamatos (Mangan y Moreno, 2002).

El uso del malatión en cebos para el control de moscas de la fruta en el Continente Americano, se inició en 1956-1957 en Florida, E.U.A., para erradicar un brote de la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* Wiedemann (Díptera: Tephritidae) (Burns *et al.*, 2001; Mangan y Moreno, 2002; Moreno y Mangan, 2002); desde entonces, su uso ha prevalecido en el control de moscas de la fruta debido principalmente a su baja toxicidad para mamíferos, y a su bajo costo económico (Mangan y Moreno, 2002).

En el control de *A. ludens*, uno de los primeros registros sobre el uso de cebos tóxicos fue realizado por (Shaw, 1955; Mangan y Moreno, 2002), quien describe el uso de tartas de azúcar morena o jarabe, arsenato de plomo y agua, o una solución similar de arsénico blanco, bicarbonato, jarabe de azúcar morena, lima y agua (Shaw, 1955; Mangan y Moreno, 2002).

En el Valle de Texas, el uso del malatión en cebos para el control de *A. ludens* se inició con el estudio de Lopez *et al.*, 1969. En México, los cebos preparados con

malatión han sido utilizados desde 1985, cuando se estableció la campaña nacional de erradicación contra las moscas de la fruta de importancia económica y cuarentenaria dentro del territorio nacional (S.A.R.H., 1992, 1993; S.A.R.H., D.G.S.V, 1993).

Recientemente, el uso extensivo del malatión ha sido cuestionado por problemas de salud pública, impacto ecológico, y por su bajo perfil de integración con programas de manejo de plagas, por la característica de ser un insecticida de espectro amplio de acción (Mangan y Moreno, 2002; Moreno y Mangan, 2002). En Estados Unidos de América, como alternativa a este plaguicida se ha considerado a spinosad, un insecticida 3620 veces más seguro que el malatión, según índice de seguridad dermal (Moreno y Mangan, 2002).

En el noreste de México, el spinosad adicionado con un atrayente nuevo fue evaluado contra mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) en cítricos obteniéndose resultados promisorios (Loera *et al.*, 2004). El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar y validar este insecticida alternativo en diversas dosis del atrayente generado recientemente por el USDA-ARS, para el control de *A. ludens*, en los cítricos de Nuevo León.

Control biológico

El efecto adverso de los plaguicidas en el ambiente ha propiciado que durante los últimos 20 años se haya despertado un gran interés por el uso de enemigos naturales (i.e., depredadores, parasitoides o patógenos) para el control biológico de pla-

gas agrícolas. La contribución de la teoría ecológica ha sido importante al estudiar la historia de vida de enemigos naturales, su adaptación a diferentes condiciones ambientales, sus atributos, sus interacciones, sus efectos en los ecosistemas y el potencial de los enemigos naturales para inducir estabilidad en las fluctuaciones poblacionales de la plaga. Dentro de los enemigos naturales de las plagas, destacan los parasitoides porque son capaces, bajo ciertas circunstancias, de regular y en ocasiones hasta provocar la extinción local de las poblaciones de sus hospederos y por ello han sido ampliamente utilizados en programas de control biológico de plagas agrícolas. En los programas de control biológico se usan tres estrategias: el control biológico clásico, el control biológico por aumento y el control biológico por conservación.

Control biológico clásico

Consiste en introducir especies exóticas de enemigos naturales para controlar una plaga exótica. Frecuentemente el origen geográfico de ambos insectos (enemigo natural y plaga) es el mismo. Dentro de los éxitos más notables del control biológico clásico está el caso de la escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi* Maskell, controlada por el depredador *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) y el de la escama roja de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Coccidae), controlada por el parasitoide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Eulohidae). En el caso de las moscas de la fruta, el primer programa de control biológico se dirigió contra la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) en las islas del archipiélago de Hawái, utilizando al parasitoide de larva pupa *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae).

Control biológico por aumento

El control biológico por aumento, consiste en hacer liberaciones masivas de parasitoides nativos o exóticos, con el fin de incrementar el parasitismo natural y lograr reducir las poblaciones de la plaga a niveles no dañinos. Este tipo de estrategia puede ser de forma inoculativa o inundativa. En el caso de la estrategia inoculativa, se liberan de manera masiva, parasitoides en una o dos ocasiones. En cambio, la liberación inundativa implica liberaciones periódicas por un largo intervalo de tiempo. Los parasitoides más utilizados bajo este esquema de control biológico son especies del género *Trichogramma* (Hymenoptera:Trichogrammatidae), que han demostrado alta efectividad en controlar diferentes especies de lepidópteros.

Control biológico por conservación

Este método consiste en manipular o preservar el hábitat donde se desarrollan los enemigos naturales, con el fin de favorecer su eficiencia y actividad contra varias plagas. La conservación de enemigos naturales es la forma más antigua del control biológico). Sin embargo, un problema que enfrenta el control biológico por conservación en muchos agro ecosistemas, es la falta de diversidad de especies vegetales, la pérdida del hábitat, su fragmentación y algunas prácticas de cultivo (e.g., rastrojos, barbechos y la aplicación de agroquímicos para eliminar malezas y plagas), que dificultan el establecimiento y la actividad y en algunos casos provocan extinciones locales de los enemigos naturales. Algunas de las acciones que pueden incrementar la diversidad vegetal y favorecer el establecimiento de los enemigos naturales son: 1) la

presencia de hospederos alternantes cuando la plaga es escasa, 2) el uso de sustancias químicas como feromonas y alomonas que favorezcan el arraigo de los enemigos naturales en el cultivo, 3) el establecimiento selectivo de plantas que proporcionen alimento y refugio a los parasitoides y 4) el permitir bajas densidades de la plaga en ciertos períodos para asegurar la sobrevivencia de los parasitoides

Generalidades sobre los parasitoides

Los parasitoides son insectos holometábolos cuyo ciclo de vida presenta los estados de huevo, larva, pupa y adulto). Sus larvas se alimentan exclusivamente del cuerpo de otro artrópodo y al completar su desarrollo Los matan a su hospedero, en tanto que en la fase adulta son de vida libre). Hospederos son por lo regular estados juveniles de insectos, ya que pocas especies atacan adultos. Según el estado que parasiten se clasifican en parasitoides de huevo, de larva, de pupa y de adulto. Algunos parasitoides ovipositan en un estado y su progenie completa su desarrollo en otro (i.e., larva-pupa) (.Los parasitoides se pueden dividir en dos clases de acuerdo a los hábitos alimenticios de la larva. Los que se desarrollan en el interior del hospedero son endoparasitoides, mientras que los ectoparasitoides se desarrollan fuera del hospedero, prendidos por medio de su aparato bucal).

Aspectos ecológicos relevantes para elegir una especie de parasitoide

Se considera que para ser efectivo como agente de control biológico, un parasitoide debe tener algunos de los siguientes atributos: 1) adaptabilidad a la variabilidad de condiciones físicas del ambiente, 2) capacidad de búsqueda y de movimientos para localizar a su hospedero, 3) capacidad de incremento en el número de individuos o respuesta numérica, 4) capacidad de incremento en el ataque de hospederos en función de la población de éstos o respuesta funcional, 5) sincronización con el ciclo de vida del hospedero, 6) especificidad de hospederos, 7) capacidad de reconocer hospederos parasitados o discriminación y 8) capacidad de sobrevivir en períodos libres de hospederos.

Liberaciones múltiples vs. Uniespecíficas

En fechas recientes, se han analizado las bondades y criticado las limitaciones de los programas de control biológico que utilizan la estrategia de liberaciones múltiples (i.e., la introducción simultánea o secuencial de varias especies de enemigos naturales a un área determinada). El principal argumento se basa en que estas prácticas provocan el desplazamiento competitivo de algunas de las especies liberadas, y provoca en consecuencia, una reducción en la eficiencia de la estrategia (Para evitar esta situación, aquellos que exaltan las bondades de las liberaciones uniespecíficas, sugieren liberar la “mejor” especie de enemigo natural cuando ya existen

especies que parasitan la plaga. Sin embargo, después de analizar los resultados de las importaciones múltiples, se ha observado que aún cuando existe desplazamiento competitivo, las especies sobrevivientes fueron las mejor adaptadas y más agresivas. Con base en esta observación, hay quienes postulan las liberaciones de múltiples especies de manera simultánea, porque incrementa las posibilidades de éxito al cubrir diferentes ambientes en los que la plaga puede explotarse diferentes estados de la plaga (i.e., huevo, larva, pupa), reduciendo así las posibles interacciones competitivas

Las moscas de la fruta del género anastrepha y su relevancia como plaga

El género *Anastrepha* se encuentra en ambientes tropicales y subtropicales. Se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina y se presenta en la mayoría de las islas del Caribe. De las 197 especies descritas hasta la fecha, las de mayor importancia económica son: *Anastrepha fraterculus*, *A. grandis* Loew, *A. ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart), *A. serpentina* Wiedemann, *A. striata* Schiner y *A. suspensa* (Loew). En México se conocen 32 especies de este género de las cuales, *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* son de importancia económica. Es de las 32 especies (*A. obliqua*, *A. ludens* y *A. serpentina*) se utilizaron como hospederas de los parasitoides estudiados en este trabajo.

Enemigos naturales de las moscas de la fruta

Las moscas de la fruta son atacadas por diversos enemigos naturales tales como entomopatógenos, depredadores y parasitoides, Entre los entomopatógenos se encuentran los hongos *Stigmatomyces aciurae* y *Metarhiziumanisopliae* (Metsch.) que afectan los estados de larva y de pupa. Entre los depredadores *Xenophygyus analis*, *Belonuchus rufipennis* (Coleoptera: Staphylinidae), *Solenopsis geminata* (F.) y *Pheidolemegacephala* (F.) (Hymenoptera: Formicidae), además de diferentes especies de aves, reptiles, arañas, avispas, roedores y murciélagos que se alimentan de larvas, pupas o adultos. En el caso de los parasitoides nativos y exóticos que atacan moscas de la fruta, se han realizado estudios sobre diversos aspectos de la distribución, biología y ecología. Lo anterior, es importante en la toma de decisiones de que agentes utilizar en programas de control biológico. En concordancia con las tendencias globales de reducción del uso de insecticidas y agroquímicos en general, en el caso de las moscas de la fruta se ha fomentado, recientemente el control biológico mediante el uso de parasitoides. Los primeros esfuerzos estuvieron fuertemente sesgados al uso de especies exóticas como *Diachasmimorpha longicaudata*, *D. tryoni* (Cameron), *Aceratoneuromyia indica*(Silvestri), *Dirhinus giffardi* Silvestri, *Pachycrepoides vindemiae* (Rondani) y *Fopiusarisanus* (Sonan). Sin embargo, pocas de estas especies lograron establecerse o regular la población de su hospedero. Por esto último, se han iniciado estudios para evaluar las especies nativas de parasitoides en un esfuerzo por reducir al máximo las aplicaciones de insecticidas y para apoyar los programas de conservación de la biodiversidad.

En México existe un amplio gremio de parasitoides nativos del género *Anastrepha*. Destacan por su abundancia *Doryctobracon areolatus*, *Doryctobracon crawfordi*, *Opius hirtus*, *Utetes anastrephae*, *Odontosema anastrephae*, *Aganaspispellera noi* y *Coptera haywardi* (López *et al.* 1999). Uno de los más promisorios por el número de hospederos que ataca y por su distribución espacial y temporal en diferentes ambientes es *D. crawfordi* (Sivinski *et al.* 1997). Esta especie está en su etapa inicial de adaptación a cría masiva para incrementar su producción en condiciones de laboratorio. Se desconocen aún muchos aspectos sobre su biología básica y demografía.

Por lo general, la evaluación de las características biológicas que se asocian con la efectividad de los agentes de control biológico se realiza bajo condiciones de laboratorio. Sin embargo, este enfoque no tiene el mismo valor predictivo que una evaluación de campo, que es una prueba más realista del desempeño de un enemigo natural (Huffaker 1985; Hassell 1986; Myers *et al.* 1989; van Driesche & Bellows 1996) Con base en lo anteriormente citado y en el interés por comparar el desempeño de un parasitoide nativo (*D. crawfordi*) con el de un exótico (*D. longicaudata*), para evaluar la factibilidad de liberarlos simultáneamente o en su defecto utilizarlos en el ambiente en el que mejor se desempeñan, se diseñó como tema de esta investigación, un estudio comparativo de demografía, respuesta funcional, fecundidad potencial, parasitismo, desempeño en presencia de otra especie y forrajeo en jaula de campo en estas dos especies. El estudio de estos parámetros permitirá conocer los atributos de *D. crawfordi* como un candidato en futuros programas de control biológico por aumento y comparar su desempeño con el ampliamente conocido parasitoide exótico *D. longicaudata*. Estos conocimientos básicos son necesarios para evitar el

fracaso de liberaciones múltiples con especies que terminan compitiendo entre sí.

Tal ha sido el caso en Hawaii, donde en 1916 se introdujeron simultáneamente los parasitoides *Diachasmimorpha tryoni*, *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae), *Opius humilis* Silvestri (Hymenoptera: Braconidae) y *Diachasma fullawayi* (Silvestri) (Hymenoptera: Braconidae), para controlar a la mosca del Mediterráneo, *C. capitata*.

Características de los parasitoides seleccionados para este estudio

Diachasmimorpha longicaudata *Diachasmimorpha longicaudata* es un endoparasitoide solitario, koinobiontoligófago, que ataca preferentemente larvas de segundo y tercer estadio de tefrítidos. Es originario de la región Indoaustraliana y sus hospederos nativos son moscas de la fruta del género *Bactrocera* (Clausen *et al.* 1965). Se ha utilizado en diferentes partes del mundo para el control de *C. capitata* y diversas especies del género *Anastrepha* (Wharton 1989; Sivinski 1996; Sivinski *et al.* 1997; Purcell 1998). Las hembras detectan sus hospederos a través de las vibraciones y sonidos producidos por las larvas al alimentarse dentro de los frutos. Para localizar sus hospederos utilizan sustancias volátiles que emanan de frutos caídos. Se ha observado que este parasitoide responde al tamaño de los frutos, al color y a los volátiles (de los mismos). Sin embargo, las hembras al ovipositar no parecen distinguir entre frutos con presencia (infestados) o ausencia de larvas (no infestados) (Eben *et al.* 2000). Los adultos son de vida libre y las hembras son sin ovigénicas (al emerger requieren de un período de preoviposición mientras sus huevecillos se desarrollan y maduran, para lo cual requieren alimentarse) y alcanzan su madurez sexual

entre los cuatro y seis días después de la emergencia. Una hembra puede ovipositar hasta 27 huevos por día . Bajo condiciones de laboratorio, su fecundidad es de 86 hijas por hembra y la esperanza de vida de 13días (. Sin embargo, la fecundidad puede variar de acuerdo a la calidad del hospedero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en condiciones de campo con poblaciones naturales de *A. ludens*, en donde se evaluaron diferentes densidades de estaciones cebo tipo USDA-ARS para el control de la plaga.

Durante el ciclo de producción 2005, los experimentos se condujeron en los municipios de Linares, N.L., y en Cd. Valles, S.L.P., Méx. En el ciclo 2006, el estudio se realizó en el municipio de Cadereyta de Jiménez, N.L.

Los sitios experimentales se establecieron en huertos de la variedad de naranja Valencia. Se utilizaron parcelas experimentales con dimensiones de 12 hileras de árboles con 12 árboles cada una.

En Linares, N.L., se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno: 1) 20 estaciones cebo/ha; 2) 40 estaciones cebo/ha; 3) 80 estaciones cebo/ha y 4) Testigo regional (aplicación del insecticida malatión y proteína hidrolizada, Winner®, como atrayente, en una mezcla volumétrica de un litro de malatión 50 CE, cuatro litros de proteína hidrolizada y 96 litros de agua.

La dosis de aplicación fue de 175 ml por árbol/semana). Para inducir la presencia del insecto en el área de estudio se realizaron liberaciones quincenales de 20,000 especímenes estériles de *A. ludens*. En Cadereyta de Jiménez, N.L., y en Cd. Valles, S.L.P., se evaluaron los tratamientos: 1) 20 estaciones cebo/ha; 2) 40

estaciones cebo/ha y 3) testigo regional; en Cd. Valles, S.L.P., además se incluyó un testigo absoluto, sin aplicación de agroquímicos.

En ambos sitios se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento. En las tres localidades el diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar. La estación cebo diseñada por el USDA-ARS consta de un recipiente que contiene el atrayente mezclado con el tóxico de interés; este recipiente es protegido por un cilindro verde que permite libremente la entrada y salida del insecto y que además evita la incidencia directa de lluvia, rayos solares, y viento.

El cebo utilizado en las estaciones fue desarrollado por el USDA-ARS, en Weslaco, Tx., y está constituido por una mezcla de aceite de soya, acetato de amoníaco, ácido acético, agua pura, almidón, azúcar no refinada, caseína, dimethylamina, goma Xanthan, jarabe de maíz, manitol, polysorbato 60, glicol propileno, e Hidrocloruro de Dimetilamina (Cuadro 1); se agregó el insecticida spinosad en una dosis de 80 ppm.

El cebo tóxico fue elaborado en los laboratorios de Entomología del INIFAP en el Campo Experimental Gral. Terán, N.L., así como en el Sitio de Negocios del INIFAP en Huichihuayán, S.L.P.

Las estaciones cebo se prepararon en campo y se distribuyeron uniformemente entre los árboles de las parcelas según la densidad correspondiente.

El cebo tóxico se reemplazó a los tres meses después de su colocación inicial. La evaluación del efecto de los tratamientos se realizó semanalmente mediante la determinación de la presencia de moscas de la fruta en las parcelas, con la instalación de dos trampas multilure amarillas con jugo de uva comercial (271 ml + 79 ml de agua) como atrayente.

Las trampas se colocaron cada semana en los árboles cuatro y ocho de la sexta hilera; para evitar interferencia entre los tratamientos, solo permanecieron en los árboles por 48 horas después de su instalación.

Para determinar el efecto de los tratamientos en la protección de los frutos se cosecharon 20 frutos/árbol/3 árboles/parcela; además, se incluyeron todos los frutos que estaban en el suelo de los 15 árboles centrales de la parcela.

Para comprobar la presencia de *A. ludens*, la totalidad de los frutos colectados fueron diseccionados en laboratorio y observados en el estereoscopio. Los datos se analizaron según el diseño experimental indicado y se utilizaron transformaciones (logaritmo, raíz cuadrada, arcoseno) para cumplir con los supuestos de normalidad e igualdad de varianza.

Cuadro 1. Costos económicos de los ingredientes utilizados para formular el atrayente evaluado en los ensayos de estaciones cebo para el control químico de la mosca mexicana de la fruta en la citricultura de Nuevo León.

INGREDIENTES	Costo del producto en M.N./ml o g	Cantidad requerida para preparar 10 litros	Costo del producto en 10 litros de la mezcla
Aceite de soya	\$0.012	20 ml	\$0.24
Acetato de amonia	\$0.844	100 g	\$84.45
Almidón	\$0.0275	700 g	\$19.25
Agua		3,303.8 ml	
Azúcar no refinada	\$0.010	2,200 g	\$22.00
Caseina hidrolizada 81.25%, 3% Al	\$0.143	370 g	\$52.91
Jarabe de maíz (Invertasa 42% alta fructosa)	\$0.139	2000 ml	\$278.00
Hidrocloruro de Dimetilamina 99%	\$1.145	40 g	\$45.80
D-manitol min 98%	\$0.283	1000 g	\$283.00
Glicol propileno (1,2-propanediol, reactivo plus, 99%)	\$0.230	100 ml	\$23.00
Polysorbate 60	\$0.243	100 ml	\$24.31
Dihidrocloruro de Putrescina, min 98%	\$11.252	10 g	\$112.52
Goma Xanthan prehidratada	\$0.313	30 g	\$9.39
			Total = \$954.87

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sitio experimental en Linares, N.L., donde la presencia de la mosca mexicana de la fruta se indujo a través de liberaciones de especímenes estériles, se observó que la plaga se concentró significativamente ($P=0.041$) en los tratamientos con las diferentes densidades de estaciones cebo, con un promedio máximo de 22 ejemplares de *A. ludens*/6 meses de captura con el tratamiento de 40 estaciones cebo/ha (Figura 1).

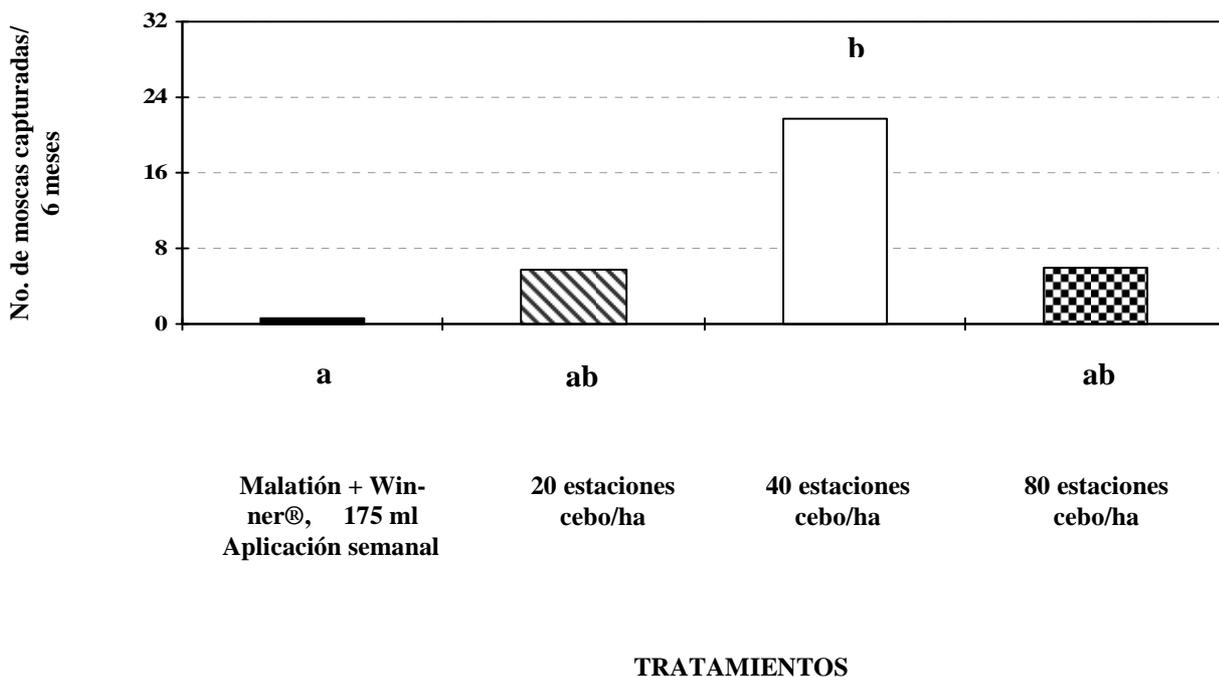


Figura 1. Número de moscas *A. ludens* estériles y fértiles, capturadas en sitios con insecticidas y atrayente aplicados por aspersión o en estaciones cebo. Linares, N.L., Méx. Promedios seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

En el tratamiento testigo regional basado en la aspersión semanal de malatión se registró la presencia más baja de la plaga con un promedio de un ejemplar de *A. ludens*/6 meses de captura (Figura 1).

En el sitio experimental en el municipio de Cd. Valles, S.L.P., donde solo se registró la presencia de poblaciones naturales de la plaga, se observó que los tratamientos testigo absoluto (sin aspersión de insecticidas) y el testigo regional (aspersión semanal de malatión) presentaron la mayor presencia de la plaga con promedios de 6 y 4 especímenes de *A. ludens*/4 meses de captura, respectivamente.

En los tratamientos basados en las diferentes densidades de estaciones cebo, la captura de *A. ludens* fue menor (un ejemplar de *A. ludens*/4 meses de captura); sin embargo, los efectos de tratamientos en la presencia de la plaga no fueron estadísticamente diferentes ($P=0.284$).

En Cadereyta, N.L., el estudio con poblaciones naturales de *A. ludens*, los resultados mostraron que el rango en la presencia del insecto en las parcelas bajo las diferentes densidades de estaciones cebo fue de 5-9 moscas/trampa/seis meses, siendo el tratamiento de 40 estaciones cebo/ha, el que presentó significativamente el promedio menor de capturas ($P=0.01$).

La presencia de *A. ludens* en el tratamiento testigo regional fue de 16 moscas/trampa/seis meses (Figura 2). En este tratamiento también se registró la infestación mayor de frutos (5.7%); sin embargo, este porcentaje no fue estadísticamente

superior que el obtenido en los tratamientos de 20 y 40 estaciones cebo/ha, en los cuales la infestación de los frutos fue de 1.4%. ($P=0.352$).

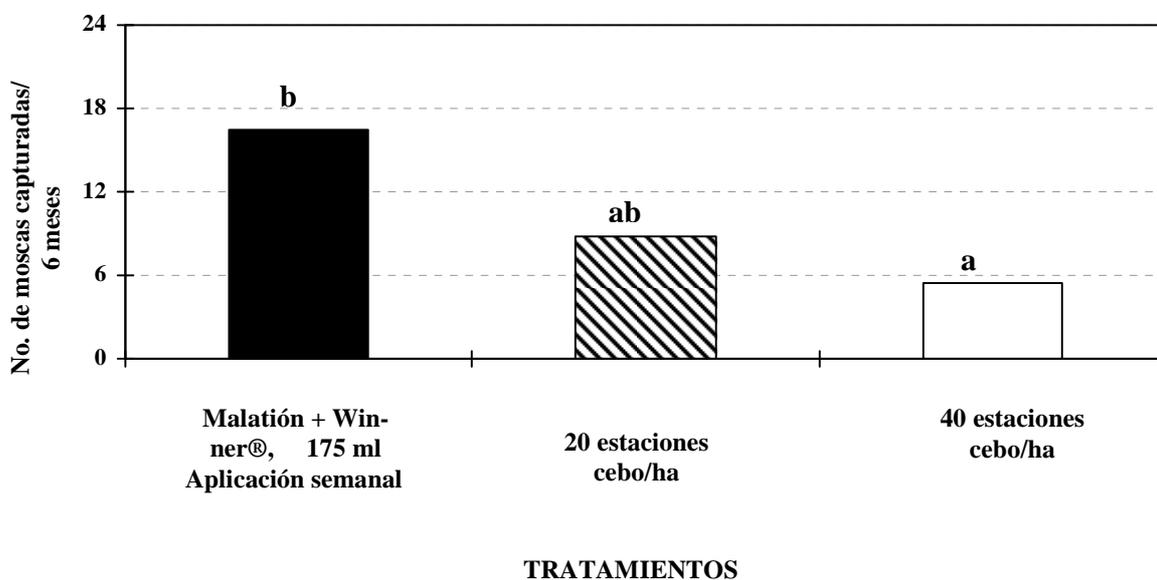


Figura 2. Número de moscas *A. ludens* silvestres, capturadas en sitios con insecticidas y atrayente aplicados por aspersión o en estaciones cebo. Cadereyta de Jiménez, N.L., Méx. Promedios seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Los dispositivos utilizados como estación cebo USDA-ARS tienen un costo de \$60.00, lo cual se considera como una inversión alta inicial para el manejo de *A. ludens*; sin embargo, su durabilidad lo hacen amortizable en un plazo corto (Cuadro 2).

Como alternativa a lo anterior, se diseñó una estación cebo prototipo INIFAP, la cual además de ofrecer resultados similares en la reducción de infestaciones de la plaga, es significativamente más económica que la del USDA-ARS (aproximadamente 10 veces) (López-Arroyo y Loera, datos sin publicar) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos económicos y riesgos de la aplicación de tratamientos insecticidas para el control de mosca mexicana de la fruta en la citricultura de Nuevo León.

INGREDIENTES	Canti- dad/ha	Co- sto/ha	Costo/ha/6 meses	Co- sto/ha/36 meses	Co- sto/ha/60 meses	Esfuerzo en la apli- cación	Riesgos
175 ml de la mez- cla/árbol/semana							
Malathion 50 CE	68.25 ml	\$4.78	\$114.72	\$688.32	\$1147.20	Aplicación de 68,250 l de la mez- cla/10 ⁴ ha	Toxicidad a humanos y animales contaminación ambiental
Atrayente comercial (Winner®)	273.0 ml	\$13.38	\$321.12	\$1926.72	\$3211.20		
Jornales para la asper- sión	1/16	\$9.40	\$225.60	\$1353.60	\$2256.00		
Total		\$27.56	\$661.44	\$3968.64	\$6614.40		
10 ml de la mez- cla/árbol/quincena							
Spinosad	0.0663 ml	\$0.1325	\$1.59	\$9.54	\$15.90	Aplicación de 3,900 l	Sin riesgos para humanos
Atrayente evaluado	389.93 ml	\$11.825	\$141.90	\$851.40	\$1419.00		
Jornales para la asper- sión	1/32	\$4.70	\$56.40	\$338.40	\$564.00		
Total		\$16.66	\$199.89	\$1199.34	\$1998.90		
40 estaciones cebo USDA/ha/tres meses							
Spinosad	0.16575 ml	\$0.3325	\$0.665	\$3.99	\$6.65	Cambio del cebo solo cada tres meses,	Sin riesgos para humanos
Atrayente evaluado	1000 g	\$95.50	\$191.00	\$1146.00	\$1910.0		
Dispositivo	40	\$2400.0 0	\$2400	\$2400.00	\$2400		
Jornales para la coloca- ción	1/4	\$37.50	\$42.20	\$89.20	\$126.80		
Total		\$2533.3 4	\$2633.85	\$3639.19	\$4443.45		
40 estaciones cebo INIFAP/ha/tres meses							
Spinosad	0.16575 ml	\$0.3325	\$0.665	\$3.99	\$6.65	Cambio del cebo solo cada tres meses,	Sin riesgos para humanos o animales;
Atrayente evaluado	1000 g	\$95.50	\$191.00	\$1146.00	\$1910.0		
Agua							
Dispositivo	40	\$160.00	\$160.00	\$160.00	\$160.00		
Jornales para la coloca- ción	1/4	\$37.50	\$42.20	\$89.20	\$126.80		
Total		\$293.34	\$393.87	\$1399.19	\$2203.45		

Esta tecnología tiene una inversión inicial de \$294.00 m.n., con una densidad de 40 estaciones cebo/ha (Cuadro 2). En comparación con el uso del malatión, dicha inversión es amortizada en un plazo de seis meses; sin embargo, debido a la durabilidad del dispositivo, a partir de dicho período el costo se reduce significativamente, ya que el cebo es renovado cada tres meses y no se requiere la elaboración del dispositivo. En contraste, el malatión en aspersiones o cebos tóxicos se tiene que asperjar o colocar cada semana y por otra parte, no ha demostrado reducir exitosamente las infestaciones de la fruta por la *A. ludens* (Mangan y Moreno, 2007).

La estación cebo es una estrategia para el manejo de mosca mexicana a través del tiempo, ya que además de la persistencia del producto, el insecticida spinosad puede ser distribuido por el mismo insecto a otros lugares con presencia de la plaga y que originalmente no recibieron el insecticida (Zwölfer 1983, Mangan y Moreno 2002).

Además, este producto tiene las ventajas de ser 3620 veces más seguro que el malatión (según índice de seguridad dermal, Moreno y Mangan 2002). Asimismo, el insecticida spinosad presenta posee una interferencia baja con la entomofauna benéfica, carece de riesgos para la salud humana y animal, y al medio ambiente en general (Troetschler 1983, Vargas *et al.* 2001, Michaud 2003).

Adicionalmente, está aprobado para ser utilizado en la citricultura orgánica (Organic Materials Review Institute 2002). La densidad de 40 estaciones cebo/ha, con 80 ppm de spinosad, muestran un gran potencial para ser utilizados ampliamente

e impulsar la sustentabilidad del manejo de la mosca mexicana de la fruta en los cítricos del noreste de México.

La estación cebo tipo USDA-ARS, por el alto costo que representa el dispositivo se amortiza en 36 meses, sin embargo, es posible que este período se reduzca si se obtiene un mejor precio del producto.

Para este estudio se obtuvieron a un precio de menudeo; al mayoreo el fabricante llega a ofrecerlas hasta en un precio menor de \$11.00, lo cual prácticamente reduciría el plazo de amortización ha solamente seis meses.

El costo aún es mayor que el dispositivo diseñado en el INIFAP; sin embargo, cuentan con la ventaja de ser más prácticas y de mayor durabilidad.

Implicaciones para el uso de estaciones cebo en el manejo de mosca mexicana de la fruta.

El costo del uso de 40 estaciones cebo/ha llega a ser comparable con el uso de las aspersiones del insecticida spinosad y atrayente solamente hasta después de 60 meses; posterior a este período el costo del uso de las estaciones cebo es menor en comparación con la aspersión debido a que no es necesario adquirir el dispositivo.

Aún cuando parece un período largo para que económicamente sea atractivo el uso de esta tecnología, en comparación con las aspersiones de spinosad, las es-

taciones cebo presentan las ventajas de ser de fácil operación, ya que solo requieren ser colocadas y posteriormente renovar el cebo solo cada tres meses; las aspersiones de spinosad deben realizarse cada dos semanas y en el caso del malatión, este insecticida debe ser asperjado semanalmente.

Además, la estación cebo protege al insecticida contra la lluvia y no existen problemas de deriva del insecticida si llegase a existir viento al momento de la colocación. En todo momento el insecticida spinosad en la estación cebo se mantiene sin contacto con el árbol, o con el operario, lo que representa ausencia de riesgos para la presencia de residuos del insecticida en la fruta o posible exposición del operario al tóxico.

Las estaciones cebo se consideran una excelente alternativa para el manejo de la plaga en las áreas silvestres de reproducción del insecto, donde debido a las condiciones del terreno, prácticamente es imposible realizar un acceso frecuente para realizar aspersiones de insecticidas.

También son apropiadas para ser utilizadas en áreas urbanas o en huertos mantenidos en fincas de recreación donde la presencia de personas limita también frecuentemente la aspersión de productos. Para áreas con huertos comerciales y con escasez de mano de obra por migración de jornaleros al extranjero o a zonas urbanas, las estaciones cebo para el manejo de la plaga constituyen la mejor opción debido a que solo se requeriría la contratación de jornales cada tres meses para renovar el cebo. Para huertos en general, la operatividad de la tecnología debería ser

atractiva también, ya que está asociada a un fácil manejo, alta efectividad contra la plaga y costo económico menor al uso tradicional de las aspersiones de malatión.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de infestación de la fruta no fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos en estudio, sin embargo el insecticida spinosad en las estaciones cebo constituye una alternativa de gran potencial para definir estrategias de manejo sustentable de mosca mexicana de la fruta en el sureste de México.

BIBLIOGRAFIA

- Aluja, M. 1993 a.** Manejo Integrado de las Moscas de la Fruta (Diptera: Tephritidae). 2nd ed. Trillas. D.F., México.
- Aluja, M. 1993 b.** The study of movement in tephritid flies: Review of concepts and recent advances, pp. 105-113. En *Fruit Flies Biology and Management*. M.
- Aluja, M. 1994.** Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annu.Rev.Entomol.* 39: 155-173.
- Aluja, M. 1999.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths, realities and dreams. *An. Soc. Entomol. Brasil* 28: 565-594.
- Aluja, M., M. López & J. Sivinski. 1998.** Ecological evidence for diapause in four native and one exotic species of larval-pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids in tropical environments. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 91: 821-833.
- Aluja, M., I. Jácome, A. Birke, N. Lozada & G. Quintero. 1993.** Basic patterns of behavior in wild *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) flies under field-cage conditions. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86: 766-783.
- Askew, R. R. & M. R. Shaw. 1986.** Parasitoid communities: their size, structure and development, pp. 225-264. En *Insect Parasitoids*. J. K. Waage & D. Greathead (eds.). Academic Press. London, U.K..
- Beckage, N. E. 1985.** Endocrine interactions between endoparasitic insects and their host. *Annu. Rev. Entomol.* 30: 371-413. Their activities in Hawaii. *Proc. Haw. Ent. Soc.* 17: 367-378.

- Bess, H. A., R. van den Bosch & F. H. Haramoto. 1961.** Fruit fly parasites and
- Briggs, C. J. 1993.** Competition among parasitoid species on stage-structured hosts and its effect on host suppression. *Am. Nat.* 141: 372-397.
- Cancino, J. 1996.** Procedimientos y fundamentos de la cría masiva de *Diachasma morpho longicaudata*, parasitoide de moscas de la fruta, pp. 409-418. En Memorias del X Curso Internacional sobre Moscas de la Fruta.
- Celedonio-Hurtado, H., P. Liedo, M. Aluja & J. Guillén. 1988.** Demography of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Fla. Entomol.* 71: 111-120.
- Debouzie, D. 1989.** Biotic mortality factors in tephritid populations, pp. 221-227. En Fruit Flies: their Biology, Natural Enemies and Control. A. S. Robinson & G. Hooper (eds.). Elsevier. Amsterdam, Holland.
- Eskafi, F. M. & M. M. Kolbe. 1990.** Predation on larval and pupal *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) by the ant *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 60: 559-575.
- Fiske, W. F. 1910.** Superparasitism: An important factor in the natural control of insects. *J. Econ. Entomol.* 3: 88-97.
- Hassell, M. P. & J. K. Waage. 1984.** Host-parasitoid population interactions. *Annu. Rev. Entomol.* 29: 89-114.
- Hernández-Ortiz, V. & M. Aluja. 1993.** Lista preliminar de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomol. Mex.* 88: 89-105.

- Hodgson, J. P., J. Sivinski, G. Quintero & M. Aluja. 1998.** Depth of pupation and survival of fruit fly (*Anastrepha* spp.: Tephritidae) pupae in a range of agricultural habitats. *Environ. Entomol.* 27: 1310-1314.
- Jiménez, J. E. 1956.** Las moscas de la fruta y sus enemigos naturales. *Fitófilo* 9: 4-11.
- King, E. G., K. R. Hopper & J. E. Powel. 1985.** Analysis of systems for biological control of crop arthropod pests in the U.S. by augmentation of predators and parasites p.p. 201-227. En *Biological Control in Agricultural IPM Systems*.
- Kraaijeveld, A. R., J. J. M. van Alphen & H. C. J. Godfray. 1998.** The coevolution of host resistance and parasitoid virulence. *Parasitology* 116: 29-45.
- Lawrence, P. O. 1981.** Host vibration-a cue to host location by the parasite *Biosteres longicaudatus*. *Oecologia* 48: 249-251.
- Lawrence, P. O. 1988.** Superparasitism of the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae), by *Biosteres longicaudatus* (Hymenoptera: Braconidae): implications for host regulation. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 233-239.
- Lawton, L. H. & D. R. Strong. 1981.** Community patterns and competition in folivorous insect. *Am. Nat.* 118: 317-338.
- Letourneau, D. K. 1998.** Conservation biology: Lessons for conserving natural enemies. pp, 9-38. En *Conservation Biological Control*. P. Barbosa (ed.). Academic Press. Ca., USA.
- López, M., M. Aluja & J. Sivinski. 1999.** Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Biol. Control* 15: 119-129.

- Martínez, M. L., H. Bravo M., J. López C., J. L. Leyva V. & J. Trujillo A. 1992.** Supervivencia y fecundidad de cuatro phenas de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de Moscas de la Fruta (Diptera: Tephritidae). *Agrociencia Serie Protección Vegetal*. 3: 53-67.
- Mills, N. J. 2000.** Biological control: The need for realistic models and experimental approaches to parasitoid introductions, pp., 217-234. En *Parasitoid Population Biology*. M. E. Hochberg & A. R. Ives (eds.). Princeton University Press. N. J., USA.
- Murdoch, W. W. & C. J. Briggs. 1996.** Theory for biological control: recent developments. *Ecology* 77: 2001-2013.
- Myers, J. H., C. Higgins & E. Kovacs. 1989.** How many insect species are necessary for the biological control of insects. *Environ. Entomol.* 18: 541-547. Norrbom
- Pemberton, C. E. & H. F. Willard. 1918.** Interrelations of fruit fly parasites in Hawaii. *J. Agr. Res.* 12: 285-295.
- Powell, W. 1986.** Enhancing parasitoid activity in crops, pp. 319-340. En *Insect Parasitoids*. J. Waage & D. Greathead (eds.). Academic Press. London, U.K.
- Price, P. W. 1984.** *Insect Ecology*. John Wiley & Sons. N.Y., USA.
- Purcell, M. F. 1998.** Contribution of biological control to integrated pest management of tephritid fruit flies in the tropics and subtropics. *Integr. Pest Manag. Rev.* 3: 1-21.
- Salt, G. 1961.** Competition among insect parasitoids. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 15: 96-119.
- Sivinski, J. 1991.** The influence of host fruit morphology on parasitization rates in the Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa*. *Entomophaga* 36: 447-454.
- Sivinski, J., M. Aluja & M. Lopez. 1997.** Spatial and temporal distribution of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the

canopies of fruit trees. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 604-618.

Solomon, J. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18: 1-35

Van den Bosch, R. & H. Haramoto. 1953. Competition among parasites of the oriental fruit fly. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.* 15: 201-206.

Vargas, R. I., J. D. Stark, R. J. Prokopy & T. A. Green. 1991. Response of oriental-fruit fly (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to different-color spheres. *J. Econ. Entomol.* 84: 1503-1507.

Wang, Z. L., F. Z. Wang, S. Chen & M. Y. Zhu. 2002. Competition and coexistence in regional habitats. *Am. Nat.* 159: 498-508.

Weisser, W. W. & A. I. Houston. 1993. Host discrimination in parasitic wasps: when is it advantageous. *Funct. Ecol.* 7: 27-39.