



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A LOS
ARVENSES DE UN CULTIVO DE LIMÓN PERSA
(*Citrus latifolia tan*)

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Presenta:
GERARDO ESPINOSA QUIROZ

No. Control SEP: 13882107

Úrsulo Galván, Ver., Marzo de 2019.

“2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata”

Úrsulo Galván, Ver., **27/FEBRERO/2019**

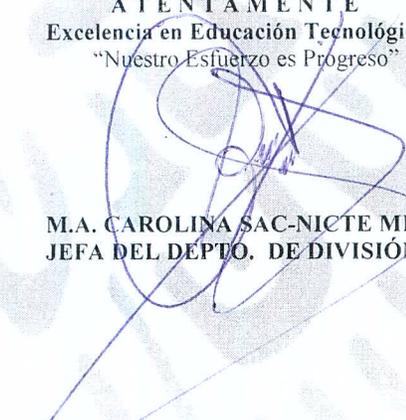
No. DE OFICIO: DEP /167/2019

Asunto: Autorización de Impresión

C. GERARDO ESPINOZA QUIROZ
PRESENTE

Por este conducto me dirijo a usted para comunicarle que su trabajo titulado: **DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A LOS ARVENSES DE UN CULTIVO DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan).**, Como opción de titulación integral mediante: Tesis Profesional después de haber sido revisado por su Asesor y los integrantes de la Comisión de Revisión y usted haber cumplido con todas las correcciones y los requisitos indispensables, ha sido autorizada su impresión; por lo que deberá entregar a este Departamento 01 Ejemplar encuadernado con pasta dura de color Negro y 05 CD'S., debiendo presentarse en formato digital atendiendo a las instrucciones para tal efecto.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
“Nuestro Esfuerzo es Progreso”



M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ
JEFA DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

C.p. Archivo
CSMG/jhb



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
Instituto Tecnológico
de Úrsulo Galván
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Úrsulo Galván, Ver, 27/Febrero/2019

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación integral.

M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral

a) Nombre del Egresado	GERARDO ESPINOSA QUIROZ
b) Carrera:	LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
c) No. de Control	13882107
d) Nombre del proyecto	DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A LOS ARVENSES DE UN CULTIVO DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tan)
e) Producto	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E
"Nuestro esfuerzo es progreso"

Q.C. ADRIANA E. RIVERA MEZA
JEFA DEL DEPTO. DE INGENIERIAS

 DR. FÉLIX D. MURILLO CUEVAS	 DRA. JACEL ADAME GARCÍA	 M.C. ALFREDO DÍAZ CRIOLLO
Nombre y Firma del Director	Nombre y Firma del Asesora	Nombre y Firma del Asesor

c.c.p. Expediente

Carretera Cardel - Chachalacas Km. 4.5. C.P.91667.
Úrsulo Galván, Ver. Teléfono (296) 9625029 Ext. 102
www.itursulogalvan.edu.mx



RESUMEN

El estado de Veracruz ocupa el tercer lugar en producción de limón persa, el cual es una de las principales actividades productivas. Sin embargo, la producción de limón en el estado se ha visto dependiente de los insumos sintéticos para el control de plagas, lo que ha llevado a que se incrementen los costos de producción, a la contaminación del medio ambiente y resistencia de las plagas. Ante esta problemática, los enfoques agroecológicos son los primordiales para subsanar la situación e iniciar el manejo del cultivo con bases agroecológicas, para lo cual es necesario documentar la biodiversidad y funcionalidad de los insectos en el cultivo y arvenses que se encuentran dentro de los cultivos. En el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la diversidad y funcionalidad de insectos asociados a los arvenses en un cultivo de limón persa con un área diversificada y otras dos de monocultivo en el Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. El trabajo se realizó en un huerto de limón persa perteneciente al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) en el Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. Se establecieron tres polígonos (parcelas) de muestreo de ≈ 0.5 hectárea. La parcela 1 se ubicó a una distancia de 250 m de la parcela diversificada, la parcela 2 se ubicó a una distancia de 100 de la parcela diversificada y la parcela 3 fue la parcela diversificada. La parcela diversificada tuvo el mayor porcentaje de insectos entomófagos (37.9%) y polífagos (13.7%) a diferencia de las otras parcelas, además de un menor porcentaje de insectos fitófagos (39.5%). La parcela 2 registró el mayor porcentaje de insectos fitófagos (64.2%), seguido de la parcela 1 (57.5%). La parcela 1 tuvo la mayor abundancia de organismos con un promedio y fue significativamente diferente a la parcela 2 e igual a la parcela 3. Las parcelas 3 y 2 tuvieron la mayor diversidad y equidad de morfoespecies, siendo estadísticamente diferentes a la parcela 1 e iguales entre sí. Se concluye que, una mayor diversidad y equidad de insectos, así como una mayor abundancia de enemigos naturales se relacionan con la diversificación de la parcela de limón persa. A mayor distancia de la parcela diversificada, la diversidad y equidad de insectos se reduce.

Índice	
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
IV. OBJETIVOS	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
V. HIPÓTESIS	7
VI.MARCO TEORICO	8
7.1 Biodiversidad de la entomofauna en las zonas tropicales	8
7.2. Diversidad biológica	9
7.3. Abundancia biológica.....	9
7.4. Control biológico en cítricos.....	10
7.5. Enemigos naturales.....	11
7.7. Insectos dañinos reportados en el cultivo de los cítricos	13
7.8. Artrópodos en follaje y arvenses como bioindicadores.....	15
VII. MATERIALES Y METODOS	17
8.1. Área de estudio	17
8.2. Muestreo.....	18
8.3. Procesamiento de muestras	19
8.4. Análisis de datos	19
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
IX. CONCLUSIONES.....	31
X. RECOMENDACIONES.....	32
XI. FUNTES DE CONSULTA.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Familias de insectos y sus hábitos alimenticios registrados en las diferentes parcelas de estudio.....	23
Cuadro 2. Coeficiente de similitud de Jaccard, tomando en cuenta las especies presentes en cada una de las parcelas de estudio.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz y del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Área perteneciente a la Región Centro Costera de Veracruz.....	17
Figura 2. Ubicación geográfica de los polígonos de muestreo en el huerto de limón Persa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.....	18
Figura 3. Insectos fitófagos representantes de la Familia Cicadellidae colectados en el cultivo de limón persa en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.....	21
Figura 4. Insectos fitófagos representantes de la Familia Chrysomelidae colectados en el cultivo de limón persa en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.....	21
Figura 5. Insectos polífagos representantes de la Familia Formicidae colectados en el cultivo de limón persa en parcela diversificada en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.....	22
Figura 6. Insectos entomófagos representantes de la Familia A) Berytidae y B) Chamaemyiidae colectados en el cultivo de limón persa en parcela diversificada en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.....	22

Galván....

Figura 7. Insectos entomófagos del grupo de avispa parasitoides. A) Familia Pteromalidae, B) Familia Chalcididae, C) Familia Pteromalidae y D) Familia Braconidae colectados en el cultivo de limón persa diversificado..... 25

Figura 8. Insectos entomófagos del grupo de las chinches. A) Familia Anthocoridae y B) Familia Reduviidae colectados en el cultivo de limón persa diversificado..... 25

Figura 9. Abundancia (A), riqueza (R), diversidad (D) y equidad (J) de insectos y sus porcentajes de hábitos alimenticios en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada..... 26

Figura 10. Abundancia de insectos en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada..... 26

Figura 11. Diversidad de Shannon (H') en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada..... 27

Figura 12. Equidad de Pielou (J') en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada..... 27

I. INTRODUCCION

El conocimiento de la biodiversidad en los sistemas agrícolas es de interés en la agricultura por una serie de razones que incluyen los servicios que proporciona la biodiversidad a través del control natural de plagas y el mejoramiento en las condiciones de crecimiento de los cultivos por efecto de los servicios que la fauna edáfica proporciona en el suelo (Losey y Vaughan, 2006; Klein et al., 2007). Los servicios como el control natural de plagas y enfermedades, son el resultado de la compleja red de interacciones entre organismo fitófagos y sus enemigos naturales en una comunidad, servicio que proporciona beneficios económicos sustanciales y poco inestimables, en particular en la producción de alimentos (Losey y Vaughan, 2006; Klein et al., 2007).

Muchos estudios sugieren que una buena biodiversidad es necesario para mantener el funcionamiento de los ecosistemas, especialmente los agrícolas intensivos (Loreau et al., 2001; Tscharntke et al., 2005). Las redes tróficas, constituyen una poderosa herramienta para examinar comunidades complejas de especies que interactúan a través de los niveles tróficos y son esenciales para revelar los componentes funcionales de la biodiversidad en agroecosistemas (McCann, 2007; Macfadyen et al., 2009).

La intensificación agrícola ha causado a largo plazo una serie de preocupaciones como la selección de organismos resistentes a los plaguicidas, la eliminación de enemigos naturales, la emergencia de nuevos brotes de plaga, la salinización y la erosión de los suelos (Beloti et al., 2015). El ataque de herbívoros se vuelve un problema serio en este tipo de sistemas debido a que encuentran un microhábitat

atractivo con abundante recurso alimenticio, succulento y una base genética homogénea (Zhao et al., 2015). Contrariamente, la diversificación de los cultivos agrícolas ha sido un pilar de la agroecología para el diseño de sistemas alimentarios sustentables, resilientes y ecológicamente estables (Paredes et al. 2013). Bajo el concepto agroecológico, el manejo de artrópodos se ha enfocado en la prevención y la conservación de la entomofauna benéfica (Paredes et al. 2013), mientras que la agricultura convencional ha centrado sus esfuerzos en los organismos “plaga” y su erradicación. La presencia de enemigos naturales en sistemas con alta diversidad vegetal resulta fundamental para regular las poblaciones fitófagas y se favorecen a través de modificaciones en el hábitat para proveerles de recursos alternos como presas, polen y néctar (López et al., 2005).

El potencial impacto del conocimiento de la biodiversidad de artrópodos y microorganismos e interacciones tróficas que conforma dicha biodiversidad en el cultivo de limón Persa en Veracruz es la contribución de principios ecológicos que favorezcan procesos naturales e interacciones biológicas que optimicen sinergias de modo tal que la biodiversidad sea capaz de subsidiar por si misma procesos claves tales como la fertilidad del suelo y los mecanismos de regulación biótica de plagas y enfermedades, procesos cruciales para la sustentabilidad de los cultivos. Así mismo el conocimiento generado pretende impactar en una orientación nueva de manejo agroecológico del limón Persa, que busque la conversión de un sistema convencional de producción (monocultivo dependiente de insumos agroquímicos) a un sistema más diversificados, que permita reducir la dependencia de agroquímicos y promueva servicios ecológicos como el control natural de plagas.

II. ANTECEDENTES

Todos los ecosistemas dependen de un medio ambiente sano y natural que contenga una buena diversidad biológica (Pimentel et al., 1997). La biodiversidad es esencial para el funcionamiento sostenible de los ecosistemas naturales, forestales y agrícolas de los que depende el ser humano (Miller, 1993; Pimentel et al., 1997; Cardinale et al., 2003). Muchos estudios sugieren que la biodiversidad es necesaria para mantener el buen funcionamiento de los ecosistemas, especialmente los agrícolas intensivos (Loreau et al., 2001, Tscharntke et al., 2005).

La agricultura moderna, que se desarrolló para aumentar la productividad y satisfacer las demandas de alimento y fibra, ha llevado a una simplificación excesiva de la biodiversidad en los sistemas agrícolas, aumentando la dependencia de insumos petroquímicos y disminuyendo el uso de interacciones bióticas benéficas (Altieri, 1999; Altieri, 2002).

La creciente fragmentación natural del hábitat, debido a cambios en el uso de suelo y altos niveles de insumos agroquímicos en los cultivos, ha causado una rápida disminución de la biodiversidad en muchos sistemas agrícolas (Bianchi et al., 2006; Farwig et al., 2009), amenazando potencialmente los servicios ambientales como la polinización y el control biológico de plagas y enfermedades. De tal forma que los agroecosistemas presentan niveles muy bajos de biodiversidad, que requieren ser incrementados a través de estrategias agroecológicas (Cardinale et al., 2003; Altieri et al., 2012) que permitan añadir elementos complementarios para aumentar el funcionamiento y sustentabilidad del agroecosistema (Gurr et al., 2003; Moonen y Bàrberi, 2008).

En los agroecosistemas, la multifuncionalidad de los artrópodos y microorganismos se expresa de acuerdo a una serie de factores bióticos (competencia, antagonismo, depredación, parasitismo, mutualismo, etc.) y abióticos (clima, características físicas y químicas del suelo y agua), que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y expresión de efectos determinantes en el desarrollo de las especies vegetales (Cardinale et al., 2003; Gandhi y Herms, 2010).

Las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento de los agroecosistemas son complejas y requieren ser esclarecidas para cada uno de los servicios que la biodiversidad puede proporcionar. Sus efectos positivos dependen principalmente de las interacciones entre los componentes bióticos o entre los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema (Altieri et al., 2012). A medida que los agroecosistemas se caractericen cada vez más por la propagación y la homogeneización de las plagas y enfermedades, los estudios sobre la diversidad de enemigos naturales serán la clave para entender el papel que juega la biodiversidad natural en el control biológico (Cardinale et al., 2003). La supresión de plagas se ha destacado como un servicio ecosistémico potencialmente importante de la biodiversidad (Mooney et al., 1995; Pimentel et al., 1997; Wilby y Thomas, 2002; Cardinale et al., 2003). La aplicación de los principios ecológicos de las interacciones entre microorganismos nos permite mejorar el desarrollo y la implementación de estrategias de control sostenibles basadas en nuevos o existentes pesticidas (Stukenbrock y McDonald, 2008).

El estado de Veracruz ocupa el tercer lugar en producción de limón persa, con 282,814.15 toneladas, superado por Colima y Michoacán (SIAP, 2017). El cultivo del limón persa, representa para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, una

de las principales actividades, generadoras de empleos y revolvencia económica en las micro regiones en donde se establece este cítrico. También, le da prestigio al estado, por ser un cultivo altamente exportable, y cuya calidad es reconocida mundialmente. De hecho, se nos considera, como el principal productor y exportador de esta variedad de cítricos en el mundo. Sin embargo, la producción de limón en el estado se ha visto dependiente de los insumos sintéticos para el control de plagas y enfermedades lo que ha llevado a que se incrementen los costos de producción, a la contaminación del medio ambiente y resistencia de las plagas y enfermedades.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El campo Veracruzano tiene múltiples ventajas competitivas (disponibilidad de agua, clima y suelo); de aprovechar ese potencial podría proyectarse como uno de los principales proveedores de alimentos para el País, además, lograría generar mayores excedentes para exportación. Sin embargo, diversos factores han incidido para obstaculizar una expansión sostenida y sustentable del sector agrícola, entre los que destacan la baja productividad, altos costos de producción, plagas y enfermedades; ante estos problemas, se considera que las acciones para el Desarrollo del sector Rural Veracruzano deben anteponer el manejo sustentable de los recursos naturales (Plan Veracruzano de Desarrollo, 2011-2016).

Ante los nuevos retos que nos obligan a la globalización internacional y demandas de los mercados extranjeros, de contar con productos sanos, inocuos, libres de patógenos y residuos fitotóxicos, los productores veracruzanos de cítricos, deben adoptar, nuevas prácticas agrícolas de manejo integrado del cultivo, que les permita incrementar sus rendimientos, manteniendo la calidad de fruta producida, así como también, la aplicación de tecnologías encaminadas a garantizar la Inocuidad Alimentaria, que demandan estos mercados de exportación. Ante esta necesidad, los enfoques agroecológicos son los primordiales para subsanar la situación e iniciar el manejo del cultivo con bases agroecológicas, para lo cual es necesario documentar la biodiversidad y funcionalidad de los insectos en el cultivo y en las arvenses que se encuentran dentro de los cultivos, lo que permitirá las bases para un aprovechamiento de los servicios ambientales que proporcionan algunos insectos, así como evaluar ambientes diversificados en los cultivos, para generar evidencias de las diferencias entre monocultivos y cultivos diversificado, y los posibles beneficios de los ambientes diversificados.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la diversidad y funcionalidad de insectos asociados a los arvenses en un cultivo de limón persa con un área diversificada y otras dos de monocultivo en el Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz.

Objetivos específicos

1. Determinar la abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados a los arvenses en un cultivo de limón persa con un área diversificada y dos de monocultivo en tres épocas del año.
2. Comparar la abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados a los arvenses en dos monocultivos de limón persa en relación a la distancia con el área diversificada de limón persa.

V. HIPÓTESIS

1. La abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados a los arvenses en un cultivo de limón persa es mayor en el área de cultivo diversificado que a las áreas de monocultivo.
2. Entre más alejado se encuentre el área de monocultivo de limón persa al área de cultivo diversificado, será menor la diversidad de insectos.

VI.MARCO TEORICO

7.1 Biodiversidad de la entomofauna en las zonas tropicales

La zona de bosque lluvioso tropical es la más exuberante manifestación de la diversidad natural y de abundancia de vida. En un solo árbol se han encontrado hasta 150 especies de escarabajos y en una hectárea de terreno se pueden encontrar hasta 300 clases de árboles distintos. En esa misma hectárea pueden alojarse más de 41 mil distintas especies de insectos (Terborgh, 1992).

Según Hogue (1993) el conteo más reciente del número total de especies de insectos conocidos en el mundo es de 1 111 225, sin embargo, otros textos citan valores entre los 650 mil y 700 mil especies. Pedigo (1989) menciona que son cerca de 900 mil especies las que han sido descritas y considera que esto representa apenas una parte ya que entre 1,8 millones y 9,0 millones de especies aún no se han descubierto.

América Latina es la región que posee la entomofauna más diversa en el globo debido a la riqueza de su flora, la heterogeneidad de sus climas, su gran extensión y la complejidad física y biológica de sus hábitats (Hogue, 1993).

Altieri (1991) menciona que entre las principales funciones que cumplen los insectos, como parte de la biodiversidad de los agroecosistemas, son: polinizar las plantas, regular poblaciones, alimentarse de otros insectos, consumir biomasa, reciclar nutrientes, descomponer materia orgánica y realizar una supresión de las enfermedades.

7.2. Diversidad biológica

Adaptando la definición de Harper y Hawsworth (1994) sobre diversidad biológica a la entomofauna, se podría mencionar que diversidad biológica es la variabilidad que existe entre los insectos vivientes de todos los lugares posibles, incluyendo el mar, las zonas terrestres y algunos otros sistemas acuáticos y complejos ecológicos, de los cuales estos organismos forman parte; esta diversidad incluye la diversidad intraespecíficas y la biodiversidad entre especies y ecosistemas. La diversidad biológica aplicada a los agroecosistemas puede ser considerada como uno de los principales indicadores de la perturbación o estabilidad del sistema. Mediante la identificación de los diversos grupos, tales como: plagas, parasitoides o depredadores; se puede generar una idea clara del control natural existente en cada sistema de tipo agrícola

7.3. Abundancia biológica

El concepto de abundancia biológica está definido como el tamaño del conjunto de especies con respecto a una unidad de espacio. Índices como la abundancia relativa son muy útiles cuando se requiere estudiar los cambios ocurridos en las poblaciones a través del tiempo con respecto a un área específica (Odum, 1986).

Pedigo (1989) menciona que existen cerca de 40 millones de insectos por cada acre (0,43 has) de tierra, lo cual indica la importancia relativa que tiene este grupo comparativamente al resto de los grupos ecológicos sobre la tierra. El concepto de abundancia es de gran importancia en el manejo de plagas insectiles, ya que el control de las plagas está dado por las densidades de población que provocan pérdidas económicamente significativas por unidad de área.

7.4. Control biológico en cítricos

Los artrópodos, al igual que otros organismos vivos, tienen enemigos naturales que limitan sus poblaciones. En un sentido ecológico, el control biológico se puede definir como una forma de regular la densidad poblacional de un organismo por medio de estos enemigos naturales. Cualquier organismo que se alimenta de otro es, por definición, un enemigo natural. En control biológico se definen tres tipos de enemigos naturales: parasitoides y depredadores (entomófagos), y patógenos (entomopatógenos). Hasta la fecha, los entomófagos son los enemigos naturales que se han mostrado más efectivos. Si bien tanto parasitoides como depredadores son animales que se alimentan de otros animales, en general un parasitoide completa su desarrollo en un solo huésped, mientras que un depredador consume varias presas durante su desarrollo (Altieri y Lotourneau, 1982).

Los modos de actuación en el control biológico son tres: conservación de los enemigos existentes en el agroecosistema, incremento de enemigos naturales e introducción de entomófagos exóticos (Altieri y Lotourneau, 1982).

En los ecosistemas agrícolas la cantidad de seres vivos que conviven suele ser bastante pobre en cuanto a entomofauna se refiere. Sin embargo, el agroecosistema de los cítricos presenta bastante riqueza, tanto de plagas como de enemigos naturales (Altieri y Lotourneau, 1982).

7.5. Enemigos naturales

Hasta el momento el método más usado para el control de artrópodos es la aplicación de productos químicos; sin embargo, ha traído como consecuencia el desequilibrio ecológico y la resistencia de insectos a insecticidas, así como la aparición de plagas secundarias y/o la disminución de los enemigos naturales. Ante esta problemática actualmente se busca establecer un control biológico sobre esta plaga mediante el uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos (García, 2009). Debido a lo anterior, se planteó como objetivo identificar las especies de enemigos naturales.

Lucha Biológica o Lucha Natural, que es la manipulación deliberada por el hombre de parasitoides, depredadores y patógenos de las especies plaga, dentro del agrosistema, diseñada o proyectada para reducir la población plaga a un nivel que no produzca daños económicamente importantes (García, 2009).

Andow (1991) menciona que en los agroecosistemas modernos, existe evidencia experimental de que la biodiversidad puede ser usada como una herramienta en el manejo de las plagas. Numerosos estudios muestran cómo es posible estabilizar las comunidades de insectos de los agroecosistemas, diseñando y construyendo

diversas arquitecturas de vegetación que mantengan poblaciones de enemigos naturales o que afecten directamente las plagas herbívoras.

7.6. Estimación de la biodiversidad

En los últimos treinta años el concepto de diversidad ha sido utilizado como un método para caracterizar la estructura de la abundancia de las especies en la comunidad. Las principales características que han sido utilizadas para describir la diversidad biológica global son el número de individuos presentes en la comunidad, el número total de especies en la comunidad y la abundancia de cada especie (Heltshel y Forrester, 1983).

La diversidad biológica existe a varios niveles, desde la diversidad genética entre las poblaciones especies locales o, entre las distintas poblaciones geográficas de estas mismas especies, todas organizadas en forma de comunidades o ecosistemas (May, 1994). El mismo autor menciona que la biodiversidad puede ser cuantificada en diversas maneras y en distintos niveles, la forma más común es clasificando y contando el número de especies diferentes por unidad experimental.

La diversidad biológica existe a varios niveles, desde la diversidad genética entre las poblaciones especies locales o, entre las distintas poblaciones geográficas de estas mismas especies, todas organizadas en forma de comunidades o ecosistemas (May, 1994). El mismo autor menciona que la biodiversidad puede ser cuantificada en diversas maneras y en distintos niveles, la forma más común es clasificando y contando el número de especies diferentes por unidad experimental.

7.7. Insectos dañinos reportados en el cultivo de los cítricos

En México, se han registrado poco más de 100 especies de insectos y ácaros que afectan el cultivo de los cítricos y pueden ocasionar un deterioro en la producción y calidad de la fruta. Cuando se presentan infestaciones severas, algunas de ellas pueden ocasionar una reducción en el vigor del árbol o incluso su muerte (Ruíz et al., 2005).

Sibaja (1993) reporta una serie de insectos que, por sus características etológicas, provocan daños importantes en la producción citrícola:

1. Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Tephritidae Dip.
2. Áfidos *Toxoptera aurantii* Aphididae Hom.
3. *Toxoptera citricida* Aphididae Hom.
4. *Aphis citricola* Aphididae Hom.
5. *Aphis gossypii* Aphididae Hom.
6. Escamas *Lepidosaphes beckii* Diaspididae Hom.
7. *Chrysomphalus dyctiospermi* Diaspididae Hom.
8. *Chrysomphalus aonidum* Diaspididae Hom.
9. Escama nevada *Unaspis citri* Diaspididae Hom.
10. Escama roja *Selenaspidus articulatus* Coccidae Hom.
11. Escama negra *Saissetia oleae* Coccidae Hom.
12. Escama cerosa de Florida *Ceroplastes floridensis* Coccidae Hom.
13. Escama blanca *Pseudalacaspis jentagona* Coccidae Hom.
14. Escama roja de California *Aonidella aurantii* Coccidae Hom.
15. Mosca blanca *Dialeurodes citrifolii* Aleyrodidae Hom.
16. *Dialeurodes citri* Aleyrodidae Hom.
17. Mosca blanca lanuda *Aleurothrixus floccosus* Aleyrodidae Hom.
18. Mosca prieta *Aleurocanthus woglumi* Aleyrodidae Hom.
19. Zompopa *Atta cephalotes* Formicidae Hym.
20. *Atta sexdens* Formicidae Hym.
21. *Acromyrmex octospinosus* Formicidae Hym.

22. Cochinilla harinosa *Planococcus citri* Pseudococcidae Hom.
23. Arragre *Trigona* sp. Apidae Hym.
24. Arañita roja *Tetranychus banksi* Tetranychidae Act.
25. Acaro rojo *Panonychus citri* Tetranychidae Act.
26. Acaro totador *Phyllocoptruta oleivora* Eriophyidae Act.
27. Acaro de cítricos *Eriophyes sheldoni* Eriophyidae Act.
28. Perro del naranjo *Papilio crespontes* Papilionidae Lep.
29. Polilla *Gonodonta pyrgo* Noctuidae Lep.
30. Chinche de pata de hoja *Leptoglossus zonatus* Coreidae Hem.
31. Ahogapollos *Macrodactylus suavis* Scarabaeidae Col.

7.8. Artrópodos en follaje y arvenses como bioindicadores

La transformación de los sistemas de manejo agrícola desde la revolución verde, ha llevado a la ruptura de las relaciones entre la agricultura y el medio ambiente (Sans, 2007). La intensificación agrícola ha generado una drástica pérdida de la biodiversidad desde hace varias décadas (Tscharrntke et al., 2005). Así mismo se ha reportado que la riqueza taxonómica disminuye a través de gradientes de intensificación agrícola (Eggleton et al., 2005; Attwood et al., 2008; Yeates y Stirling, 2008).

La intensificación agrícola ha modificado la heterogeneidad de los recursos naturales, afectando a los diferentes grupos biológicos mediante la pérdida o reducción de hábitats propicios para su supervivencia y reproducción (Atauri y Lucio, 2001), así mismo es una de las principales causas de extinción de poblaciones pequeñas y aisladas (Robinson y Sutherland, 2002; Tilman et al., 2002; Benton et al., 2003). Los artrópodos son organismos que tienen diversas funciones en el ecosistema y la pérdida de la biodiversidad de estos afecta a una amplia gama de servicios ecológicos y el buen funcionamiento del ecosistema (Altieri, 1999). Por ejemplo, la intensificación del manejo agrícola puede alterar procesos como la formación y estructuración del suelo (Pimentel et al., 1997), la polinización de los cultivos (Kremen et al., 2004; Klein et al., 2003) y el control biológico de plagas (Corbett y Rosenheim 1996; Thies y Tscharrntke1999; Symondson et al., 2002; Donald, 2004; Tylianakis et al., 2004).

Las arvenses son todas aquellas plantas que cohabitan el espacio del cultivo y que pueden presentar funciones tanto positivas como negativas al sistema, por lo que se diferencian de la maleza o malas hierbas, que solo se les identifica en su contexto negativo. Se han realizado estudios sobre el impacto de actividades agrícolas sobre insectos benéficos en follaje y arvenses; donde señalan que estos insectos son sumamente susceptibles a la manipulación y perturbación de sus hábitats, los cuales utilizan para la alimentación, oviposición y refugio (Lee et al., 2001; Platt et al., 1999; Gámez-Virúés et al., 2009; Finlayson et al., 2008; Mailafiya et al., 2010; Cerdá y Retana, 2009).

En otros estudios han utilizado la abundancia y diversidad de artrópodos para señalar el impacto de prácticas agrícolas sobre la biodiversidad (Gardiner et al., 2003; Davis y Philips, 2005; Isaía et al., 2006; Bautista et al., 2009), y como indicadores de sistemas perturbados (Uribe-Hernández et. al., 2010); ya que, en el caso de los cultivos agrícolas, después de una perturbación, puede ocurrir una reducción selectiva de la diversidad de la fauna de artrópodos (Palacios-Vargas, 2003; Uribe-Hernández et. al., 2010).

VII. MATERIALES Y METODOS

8.1. Área de estudio

Se estableció el área de estudio dentro de los terrenos perteneciente al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) con coordenadas de 19°24'43.13"N y 96°21'32.61"O. El ITUG pertenece al Municipio de Úrsulo Galván, ubicado a ≈4 km de la ciudad de Cardel y ≈35 km del puerto de Veracruz. El Municipio de Úrsulo Galván pertenece a la Región Centro Costera de Veracruz (Figura 1).

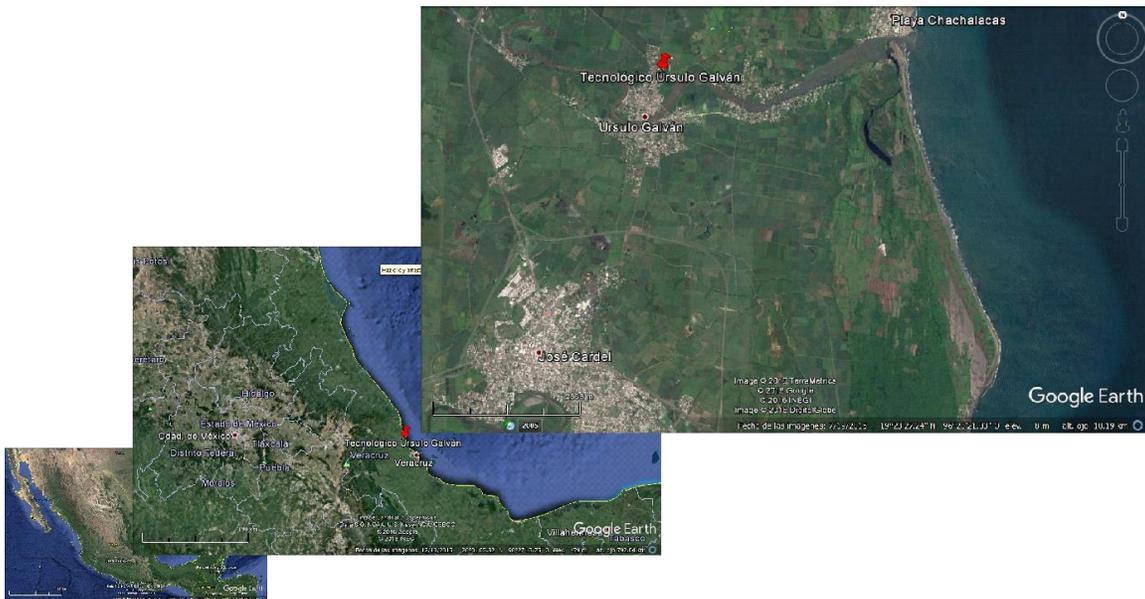


Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz y del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Área perteneciente a la Región Centro Costera de Veracruz.

Dentro de las áreas de producción del ITUG, se utilizó una huerta de limón persa ubicada en las coordenadas 19°24'52.13"N y 96°20'58.19"O, a una elevación de 22 m. En este cultivo se establecieron tres polígonos (parcelas) de muestreo de ≈ 0.5 hectárea² (Figura 2).

La parcela 1 se ubicó a una distancia de 250 m de la parcela diversificada, situada a una elevación de 25 m. La parcela 2 se ubicó a una distancia de 100 de la parcela diversificada y con una elevación de 15m. La parcela 3 fue la parcela diversificada, en la cual se encuentran sembradas hileras de plantas de cacao y plátano, así como algunos árboles de toronja, y se sitúa a una elevación de 10 m.



Figura 2. Ubicación geográfica de los polígonos de muestreo en el huerto de limón Persa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

8.2. Muestreo

Dentro de cada parcela se seleccionó de manera aleatoria tres arboles de limón y en cada árbol se realizó un muestreo de insectos voladores en las arvenses cercanas al árbol, para el muestreo se utilizó la técnica de golpeo con una red entomológica de un radio de 40 cm y una envergadura de 90 cm. Se realizó esta técnica por 3 minutos, cada árbol representó una repetición por parcela. Los

muestreos se realizaron por cada una de las parcelas y durante tres épocas del año, lluvias, nortes y secas, realizando un muestreo por mes, durante un mes por época del año: lluvias (octubre), nortes (febrero) y secas (abril). Los organismos colectados con la red entomológica fueron colocados en bolsas de plástico etiquetadas con los datos del muestreo para posteriormente transportarlas al laboratorio de Entomología del Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) para el procesamiento de las muestras.

8.3. Procesamiento de muestras

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Entomología del ITUG. La extracción de los insectos de las bolsas de plástico se realizó con la ayuda de alcohol al 70 % aplicado a presión con una piseta y con la ayuda de pinzas y agujas entomológicas. La separación, conteo e identificación de los insectos se realizan bajo un estereoscopio y se utilizaron las claves de Triplehorn y Johnson (2015). Los organismos se identificarán a nivel de Ordenes, Subclases, Clases y familias taxonómicas.

8.4. Análisis de datos

Se calculó la abundancia con el número de organismos, la riqueza con el número de morfoespecies, la diversidad y equidad con el Índice de Shannon utilizando el programa Diversity versión 2.1. Se realizó un análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis para comparar las parcelas y las épocas del año. Se utilizó el índice de similitud de Jaccard para conocer el grado en el que dos parcelas son semejantes por los organismos presentes en ellas. Se determinó la función trófica de los organismos a través de la identificación de sus hábitos alimenticios.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Resultados

Se identificaron ocho Ordenes y 53 Familias de insectos (Cuadro 1). El Orden Coleoptera (escarabajos) con 12 Familias, Diptera (moscas y mosquitos) con siete Familias, Hemiptera (chinchas y chicharras) con 19 Familias, Hymenoptera (avispas, abejas y hormigas) con ocho Familias, Lepidoptera (mariposas y palomillas) con una Familia, Neuroptera (crisopas) con una Familia, Odonata (libélulas) con una Familia y Orthoptera (Grillos) con cuatro Familias (Cuadro 1).

La parcela 1 tuvo mayor abundancia de insectos de la Familia Cicadellidae (38 individuos) (Figura 3) y Cixiidae (26 individuos), las cuales son Familias de insectos fitófagos. La parcela 2 tuvo mayor abundancia de insectos de la Familia Cicadellidae (33 individuos), Chrysomelidae (13 individuos) (Figura 4) y Cixiidae (11 individuos), todos fitófagos. La parcela 3 registro mayor abundancia de insectos de la Familia Formicidae (11 individuos) (Figura 5), Berytidae (18 individuos) (Figura 6A) y Chamaemyiidae (9 individuos) (Figura 6B), la primera Familia polífaga y las dos últimas entomófagas (Cuadro 1).

La parcela diversificada (parcela 3) tuvo el mayor porcentaje de insectos entomófagos (37.9%) (Figura 7 y 8) y polífagos (13.7%) a diferencia de las otras parcelas, además de un menor porcentaje de insectos fitófagos (39.5%) (Figura 9). La parcela 2 registró el mayor porcentaje de insectos fitófagos (64.2%), seguido de la parcela 1 (57.5%) (Figura 9). Los insectos que se alimentan a base de semillas, polen y néctar fueron los de menor porcentaje de abundancia en las tres parcelas de estudio (Figura 9).

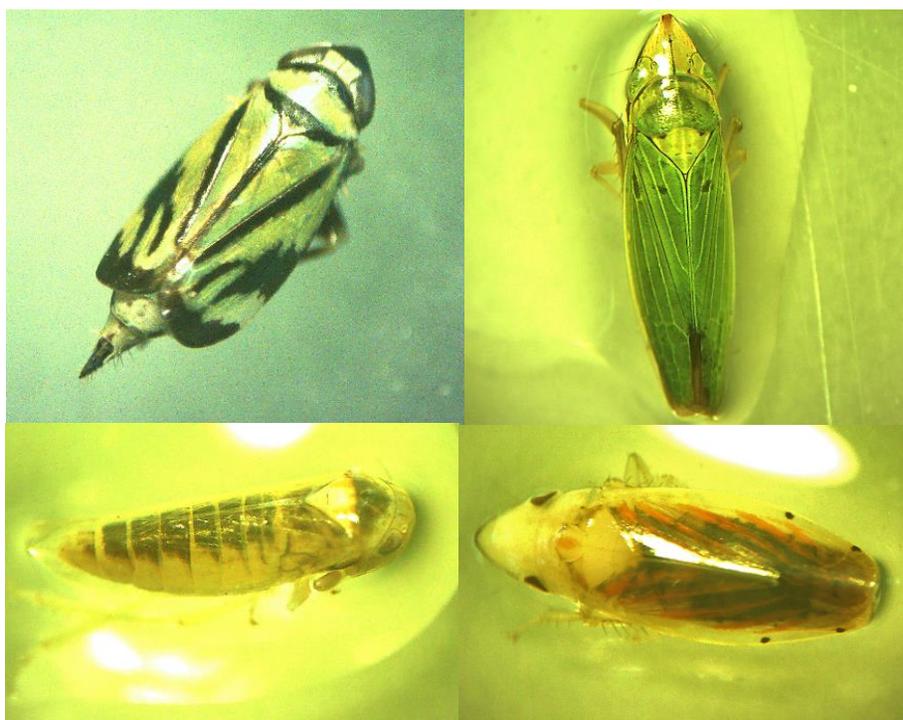


Figura 3. Insectos fitófagos representantes de la Familia Cicadellidae colectados en el cultivo de limón persa en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.



Figura 4. Insectos fitófagos representantes de la Familia Chrysomelidae colectados en el cultivo de limón persa en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.



Figura 5. Insectos polívoros representantes de la Familia Formicidae colectados en el cultivo de limón persa en parcela diversificada en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.



Figura 6. Insectos entomófagos representantes de la Familia A) Berytidae y B) Chamaemyiidae colectados en el cultivo de limón persa en parcela diversificada en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

Cuadro 1. Familias de insectos y sus hábitos alimenticios registrados en las diferentes parcelas de estudio.

Orden	Familias de insectos	Hábito alimenticio	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Coleoptera	Coccinellidae	Entomófagos	3	6	0
	Ptilodactylidae	Fitófagos	15	1	0
	Curculionidae	Fitófagos	0	2	0
	Chrysomelidae	Fitófagos	9	13	2
	Cerambycidae	Fitófagos	0	1	1
	Buprestidae	Fitófagos	5	0	0
	Alleculidae	Néctar y polen	5	1	1
	Staphylinidae	Polífagos	4	6	5
	Mordellidae	Polífagos	1	1	1
	Lathridiidae	Polífagos	2	0	0
	Lampyridae	Polífagos	1	0	0
	Erotylidae	Polífagos	0	1	0
Diptera	Stratiomyidae	Entomófagos	9	7	5
	Dolichopodidae	Entomófagos	4	5	6
	Chamaemyiidae	Entomófagos	9	6	9
	Otitidae	Fitófagos	3	3	0
	Dixidae	Fitófagos	0	3	1
	Culicidae	Fitófagos	0	3	4
	Lonchaeidae	Polífagos	1	1	0
Hemiptera	Saldidae	Entomófagos	0	5	0
	Reduviidae	Entomófagos	3	4	4
	Mesoveliidae	Entomófagos	2	0	7
	Hebridae	Entomófagos	2	4	4
	Berytidae	Entomófagos	8	7	18
	Anthocoridae	Entomófagos	0	0	5
	Scutelleridae	Fitófagos	1	1	1
	Pentatomidae	Fitófagos	0	2	1
	Miridae	Fitófagos	2	0	0
	Membracidae	Fitófagos	8	3	1
Lygaeidae	Fitófagos	3	2	5	

	Issidae	Fitófagos	1	0	0
	Dictyopharidae	Fitófagos	1	0	2
	Delphacidae	Fitófagos	0	2	1
	Cixiidae	Fitófagos	26	11	6
	Cicadellidae	Fitófagos	38	33	5
	Cercopidae	Fitófagos	4	5	1
	Acanaloniidae	Fitófagos	0	1	2
	Alydidae	Semillas	8	2	3
	Evaniidae	Entomófagos	5	2	2
	Sphecidae	Entomófagos	2	3	2
	Pteromalidae	Entomófagos	2	0	0
Hymenoptera	Chalcididae	Entomófagos	0	0	2
	Braconidae	Entomófagos	7	3	4
	Halictidae	Néctar y polen	0	0	3
	Apidae	Néctar y polen	3	6	4
	Formicidae	Polífagos	16	6	11
Lepidoptera	Gelechiidae	Fitófagos	2	4	0
Neuroptera	Chrysopidae	Entomófagos	13	6	2
Odonata	Gomfidae	Fitófagos	0	1	0
	Tridactylidae	Entomófagos	2	1	3
Orthoptera	Tettigoniidae	Fitófagos	2	1	3
	Tetrigidae	Fitófagos	3	1	0
	Acrididae	Fitófagos	0	4	8

Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

Al comparar estadísticamente las parcelas de estudio, se registraron diferencias significativas en abundancia ($H= 5.77$, $p= 0.05$), diversidad ($H= 10.01$, $p= 0.0067$) y equidad ($H= 14.68$, $p= 0.0006$) de organismos. La riqueza de morfoespecies no registro diferencias significativas entre parcelas de estudio ($H= 0.08$, $p= 14.68$).

La parcela 1 tuvo la mayor abundancia de organismos con un promedio \pm E.E. de 26 ± 4.1 organismos y fue significativamente diferente a la parcela 2 con un promedio \pm E.E. de 12.10 ± 2.5 e igual a la parcela 3 (Figura 10). Las parcelas 3 y

2 tuvieron la mayor diversidad (2.3 ± 0.1 y 2.1 ± 0.2 , respectivamente) y equidad (0.97 ± 0.04 y 0.93 ± 0.02 , respectivamente) de morfoespecies, siendo estadísticamente diferentes a la parcela 1 e iguales entre si (Figura 11 y Figura 12).



Figura 7. Insectos entomófagos del grupo de avispas parasitoides. A) Familia Pteromalidae, B) Familia Chalcididae, C) Familia Pteromalidae y D) Familia Braconidae colectados en el cultivo de limón persa diversificado.



Figura 8. Insectos entomófagos del grupo de las chinches. A) Familia Anthocoridae y B) Familia Reduviidae colectados en el cultivo de limón persa diversificado.

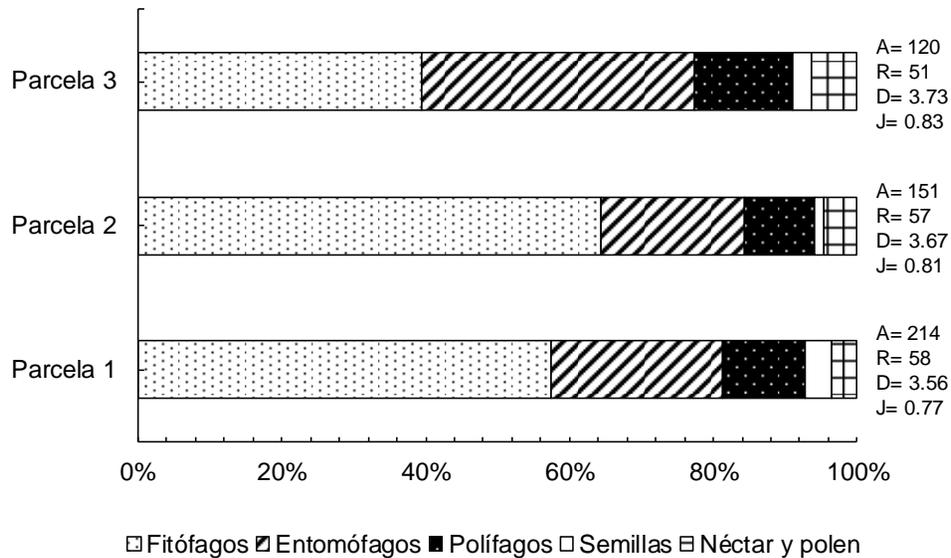


Figura 9. Abundancia (A), riqueza (R), diversidad (D) y equidad (J) de insectos y sus porcentajes de hábitos alimenticios en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

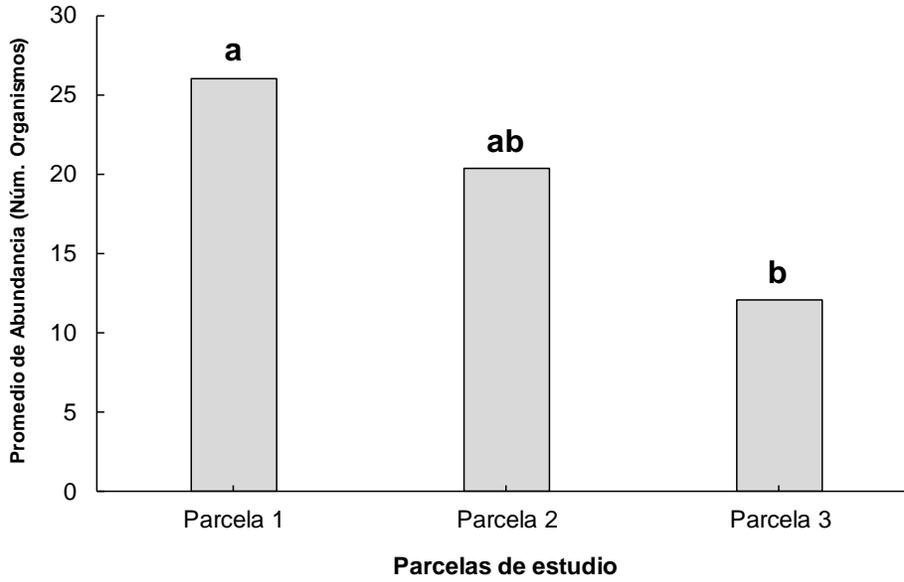


Figura 10. Abundancia de insectos en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

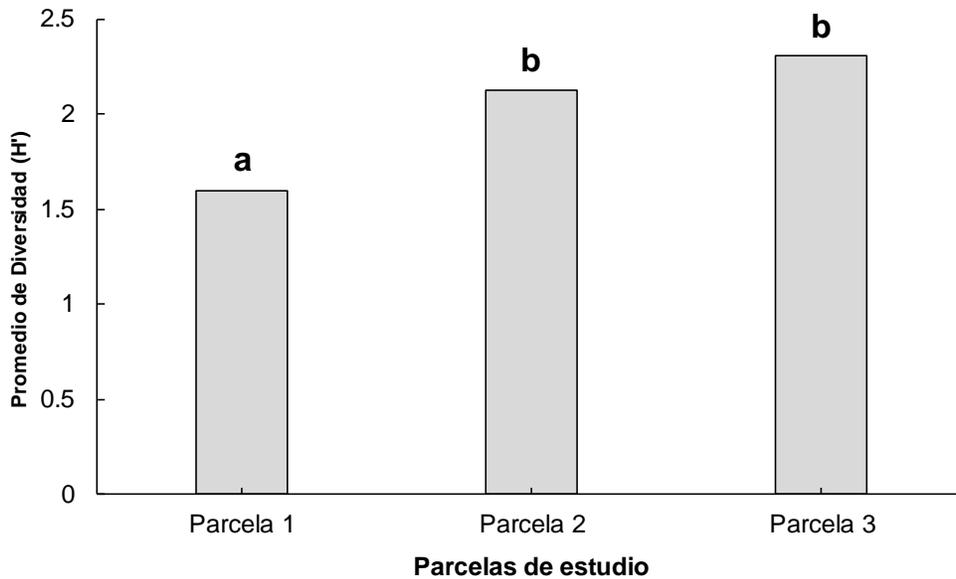


Figura 11. Diversidad de Shannon (H') en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

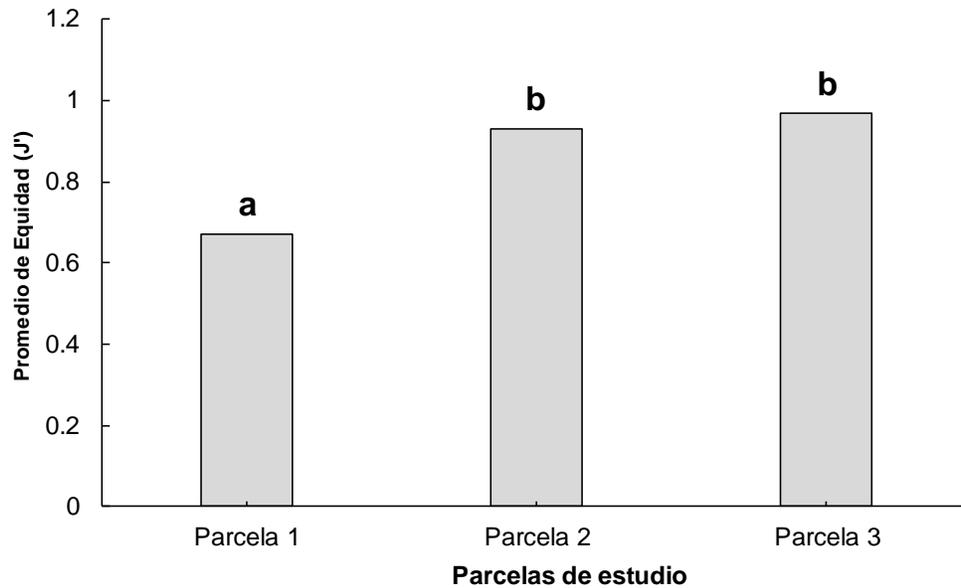


Figura 12. Equidad de Pielou (J') en cada una de las parcelas de estudio. Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

En cuanto a épocas del año, solo se registraron diferencias estadísticas en la riqueza de morfoespecies ($H= 9.21$, $p= 0.0095$), siendo las épocas de lluvias y nortes las de mayor riqueza con 18.0 y 16.5 morfoespecies en promedio y significativamente diferentes a la época de secas con 7.5 morfoespecies en promedio.

De acuerdo al análisis de similitud de Jaccard, la parcela 1 y 3 fueron las de menor similitud de acuerdo a las especies en común presentes en las dos parcelas (Cuadro 2). Las parcelas 3 y 2 fueron las de mayor similitud de acuerdo a las especies en común dentro de estas dos parcelas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficiente de similitud de Jaccard, tomando en cuenta las especies presentes en cada una de las parcelas de estudio.

Parcelas /	Parcela 2	Parcela 3
Parcela 1	0.36	0.31
Parcela 2		0.46

Parcela 1= 250 m de distancia de la parcela 3, Parcela 2= 100 m de distancia de la parcela 3 y Parcela 3= Parcela diversificada.

9.2. Discusión

La presencia de ambientes diversificados asociados a campos cultivados está siendo actualmente valorizada por su rol ecológico, como el de favorecer los mecanismos de regulación biótica (Nicholls et al., 2001; Pluke et al., 2005; Perfecto y Vandarmeer, 2015; Villamil et al., 2018). La mayor parte de las fincas citrícolas se caracterizan por presentar parcelas de monocultivo; sin embargo, existen parcelas que de una u otra manera presentan un esquema de parcela diversificada, en la cual alternan los arboles de limón con otros cultivos como plátano, cacao, café u especies forestales. La composición de los mismos es una combinación de las especies vegetales y el resultado del manejo que el productor lleva a cabo en su finca. Los datos de este trabajo muestran que, los ambientes heterogéneos, en estructura y composición, que poseen diversidad vegetal en combinación con el cultivo favorece la presencia de fauna benéfica, como lo menciona Saini y Polack (2002).

Entre la fauna benéfica de estos ambientes, se hallaron avispas parasitoides y escarabajos y neurópteros depredadores, todos estos insectos entomófagos que contribuyen a la regulación natural de insectos fitófagos dentro de los cuales se encuentran numerosas plagas del cultivo de limón. Por otro lado, muchos de los himenópteros identificados en los muestreos, intervienen en el proceso de polinización, contribuyendo también a la estabilidad del sistema. Los coccinélidos, que fueron más abundantes en la parcela diversificada, son los depredadores más abundantes, diversos y eficaces en los sistemas citrícolas (Gaona et al., 2012;

Gaona et al., 2000; Lozano y Jasso, 2012; Michaud y Olsen, 2004; Pluke et al., 2005; Rodríguez et al., 2012). Los neurópteros también son un grupo relevante de depredadores (Gaona et al., 2012; Lozano y Jasso, 2012; Pacheco et al., 2015). Lozano y Jasso (2012) encontraron en Yucatán que la naranja dulce puede ser un reservorio importante de Chrysopidae; mientras que en limón persa nosotros registramos una buena cantidad de organismos en la parcela diversificada y en la parcela más cercana a esta.

El monocultivo se relaciona con una alta abundancia de insectos fitófagos y bajas poblaciones de sus enemigos naturales como coccinélidos y neurópteros. Esto resultados se explican por la tecnificación agrícola y un ambiente homogéneo, el cual no ofrece recursos vitales para la sobrevivencia de los agentes de control biológico (Michaud, 2002). Por otra parte, la aplicación de insecticidas en huertas monocultivos para el control de plagas ha ido en aumento por la eficacia de estos para reducir las poblaciones de insectos fitófagos a corto plazo. Aunque, se ha registrado que la recurrencia al control químico como primera y, en ocasiones como única opción, está incrementando la presión de selección sobre poblaciones de este fitófago en campo, con un riesgo potencial de resistencia a los productos sintéticos. En lo que corresponde a los entomófagos, Michaud (2002) menciona que las actividades agronómicas pueden afectarlos en diferente nivel, positiva o negativamente. La eliminación de la cobertura vegetal tiene un efecto negativo, ya que las arvenses proveen de diversos recursos a la entomofauna benéfica como presas alternas, polen, néctar o sustancias melosas; sirven de refugio en condiciones climáticas adversas y como opción de escape durante las aplicaciones de insecticidas (Almeida et al., 2011; Blanco y Leyva, 2007). Las arvenses manejadas adecuadamente en corredores pueden contribuir de manera efectiva al acceso, movilidad y dispersión de los enemigos naturales entre las huertas y la vegetación circundante (Nicholls et al., 2001). Por otro lado, el uso de insecticidas, comúnmente de amplio espectro, mata una gran cantidad de enemigos naturales (Cloyd, 2012; Ripa et al., 2007). En síntesis, la intensificación

del manejo agrícola modifica las condiciones del agroecosistema que favorece a los organismos plaga, no así a sus agentes de control.

Se ha documentado el efecto de ambientes heterogéneos como fragmentos de selva sobre parcelas de cítricos cercanas a estos fragmentos, encontrándose que la abundancia de insectos plagas son bajas cuando están las parcelas cercanas a estos ambientes heterogéneos y cuando se encuentran alejadas, las plagas aumentan (Catzim, 2015). En el presente estudio se encontró que la huerta más alejada a la huerta diversificada tenía mayor abundancia de insectos fitófagos y menor de insectos entomófagos. Dado esto, se confirma primero que, los insectos fitófagos se encuentran mayoritariamente confinados en las huertas de monocultivo. La diversidad de enemigos naturales tendió a ser más diversa en la parcela diversificada y en la parcela más cercana a esta. Nicholls y colaboradores (2001) encontraron en viñedos que los coccinélidos, neurópteros y sírfidos exhiben un gradiente de densidad, es decir, la distribución espacial y abundancia son influenciadas positivamente por la presencia de ambiente heterogéneos. En huertas urbanas, Vázquez et al. (2013) llegó a conclusiones similares con los coccinélidos y sírfidos a distancias de hasta 100 m de fragmentos de bosque. La información anterior y los resultados de este estudio permiten resaltar que la diversificación vegetal en las parcelas es fundamental para el mantenimiento, abundancia y diversidad de los enemigos naturales en los agroecosistemas citrícolas (López et al., 2013).

IX. CONCLUSIONES

Una mayor diversidad y equidad de insectos, así como una mayor abundancia de enemigos naturales se relacionan con la diversificación de la parcela de limón persa. A mayor distancia de la parcela diversificada, la diversidad y equidad de

insectos se reduce. El monocultivo favorece las altas poblaciones de insectos fitófagos, y no así a los agentes involucrados en el control biológico.

X. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados, se sugiere que las huertas citrícolas con un esquema de control biológico por conservación se establezcan como parcelas diversificadas o cercanas a estas o a cualquier ambiente heterogéneo, como fragmentos de bosques o selvas, y optar por un contexto de manejo agroecológico para incrementar la diversidad de enemigos naturales.

Se recomienda seguir documentando los efectos de la diversificación dentro de las parcelas de cultivos y la aplicación ecológica de esta información para el manejo agroecológico de cultivos de importancia económica en la región, como lo es el cultivo de limón persa.

XI. FUNTES DE CONSULTA

Almeida, L. M., Corrêa, G. H., Giorgi, J. A., y Grossi, P. C. (2011). New record of predatory ladybird beetle (Coleoptera, Coccinellidae) feeding on extrafloral nectaries. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55(3): 447–450.

Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74: 19-31.

Altieri, M. A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 93: 1-24.

Altieri, M. A. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems. *Outlook on Agriculture* 20: 15-23.

Altieri, M. A., Koohafkan, P., Gimenez, E. H. (2012). Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología* 7: 7-18.

Attwood, S. J., Maron, A. P. N. House, y C. Zammit. (2008). Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? *Global Ecol. Biogeogr.* 17: 585-599.

Atauri, J. A., y J. V. de Lucio. (2001). The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landsc. Ecol.* 16: 147-159.

Bautista C., M. A. (2001). Indicadores de calidad del suelo en tres cronosecuencias de bosque mesófilo, Sierra Norte, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 131 p.

Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H. y Tscharntke T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London, Ser. B.*, 273: 1715-1727.

Beloti, V. H., Rodrigues, G., Dias, D. F., Manara, M., Andrade, R., Borges, C., y Takao, P. (2015). Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. *Plos ONE.* 1–14.

Benton, T. G., J. A. Vickery, y J. D. Wilson. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol.* 18: 182-188.

Blanco, Y. y Leyva, A. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales.* 28(2): 21–28.

Catzim, V. (2015). Dinámica poblacional y enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), en limón persa en Quintana Roo. *El Colegio de La Frontera Sur.* Pp. 1-128.

Cardinale, B. J., Harvey, C. T., Gross, K. y Ives, A. R. (2003). Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecology Letters*, 6: 857–865.

Cerdá, X., R. Palacios y J. Retana. (2009). Ant community structure in citrus orchards in Mediterranean basin: Impoverishment as a consequence of habitat homogeneity. *Environ. Entomol.* 38: 317-324.

Cloyd, R. A. (2012). Indirect effects of pesticides on natural enemies. En: *Pesticides-Advances in Chemical and Botanical Pesticides*. 127-150.

Corbett, A., y J. A. Rosenheim. (1996). Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecol. Entomol.* 21: 155-164.

Davis A., L. V., y T. K. Philips. (2005). Effect of deforestation on a Southwest Ghana dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the periphery of Ankasa Conservation Area. *Environ. Entomol.* 34: 1081-1088.

Donald, P. F. (2004). Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conserv. Biol.* 18: 17-37.

Eggleton, P., A. J. Vanbergen, D. T. Jones, M. C. Lambert, C. Rockett, P. M. Hammond, J. Beccaloni, D. Marriott, E. Ross, y A. Giusti. (2005). Assemblages of soil macrofauna across a Scottish land-use intensification gradient: Influences of habitat quality, heterogeneity and area. *J. Appl. Ecol.* 42: 1153-1164.

Finlayson, C. J., K. M. Landry, y Alyokhin. (2008). Abundance of native and non-native lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in different habitats in Maine. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 101: 1078-1087.

Gámez-Virúés, S., G. Gurr, A. Raman, J. La Salle, y H. Nicol. (2009). Effects of flowering groundcover vegetation on diversity and activity of wasps in a farm shelterbelt in temperate Australia. *BioControl* 54: 211-218.

Gandhi, K. J. K. y Herms, D. A. (2010). Direct and indirect effects of alien insect herbivores on ecological processes and interactions in forests of eastern North America. *Biological Invasions*, 12: 389-405.

Gardiner, M. M., J. D. Barbour y I. J. B. Johnson. 2003. Arthropod diversity and abundance on feral and cultivated *Humulus lupulus* (Urticales: Cannabaceae) in Idaho. *Environ. Entomol.* 32: 564-574.

Gaona, G., Ruíz, E., y Peña, R. (2000). Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja, *Citrus sinensis* (L.), en la zona centro de Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 81: 1-12.

Gaona, G., Coronado, J. M., Cázares, A., Lara, M., y Sánchez, G. (2012). El psílido asiático de los cítricos en la zona centro de Tamaulipas, México. *Recursos Naturales*. 77-87.

Gurr, G. M., Wratten, S. D. y Luna, J. M. (2003). Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology*, 4:107-116.

Harper, J. L. and Hawsworth, D. L. 1994. Biodiversity: Measurement and estimation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 345, 5 - 12.

Hogue, Ch. L. 1993. *Latinamerican insects and entomology*. Los Angeles, United States of America.: University of California Press. 536 p.

Isaía, M., F. Bona y G. Badino. (2006). Influence of landscape diversity and agricultural practices on spider assemblage in Italian vineyards of Langa Astigiana (Northwest Italy). *Environ. Entomol.* 35: 297-307.

Klein, A., I. Steffan-Dewenter y T. Tschardt. (2003). Flower visitation and fruit set of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *J. Appl. Ecol.* 40: 837-845.

Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.*, 274: 303–313.

Kremen, C., N. M. Williams, R. L. Bugg, J. P. Fay, y R. W. Thorp. (2004). The area requirement of an ecosystem service: Crop pollination by native bee communities in California. *Ecol. Lett.* 7: 1109-1119.

Lee, C. J., F. D. Menalled, y D. A. Landis. (2001). Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. *J. Appl. Ecol.* 38: 472-483.

López, L., Armbrecht, I., Montoya, J., y Molina, E. J. (2013). Diversidad de avispa parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 17(1): 65-78.

López, J. I., Loera, J., y Rocha, M. A. (2005). Situación actual de los vectores y otras plagas de importancia para la citricultura de las Américas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias, México. 1-21.

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A. et al. (2001). Ecology–biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 294: 804-808.

Losey, J. E. y Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56: 311-323.

Lozano, M. G. y Jasso, J. (2012). Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad.* 16(1): 5-11.

Macfadyen, S., Gibson, R., Polaszek, A., Morris, R. J., Craze, P. G., Planqué, R., Symondson, W.O.C. y Memmott, J. (2009). Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecology Letters*, 12: 229-238.

- Mailafiya, D. M., B. P. Le Ru, E. W. Kairu, P. A. Calatayu, y S. Dupas. (2010). Factors affecting stem borer parasitoid species diversity and parasitism in cultivated and natural habitats. *Environ. Entomol.* 39: 57-67
- McCann, K. (2007). Protecting biostructure. *Nature*, 446: 29-29.
- Michaud, J. P. (2002). Biological control of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: A preliminary report. *Entomological News.* 113(3): 216-222.
- Michaud, J. P., y Olsen, L. E. (2004). Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl* 49: 417–431.
- Miller, J. C. (1993). Insect natural history, multi-species interactions and biodiversity in ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 2: 233-241.
- Moonen, A. C. y Bàrberi, P. (2008). Functional biodiversity: an agroecosystem approach. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 127: 7-21.
- Mooney, H. A., Lubchenco, J., Dirzo, R. y Sala, O. E. (1995). Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. In: *Global Biodiversity Assessment* (ed. Heywood, V.H.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 275-325.
- Nicholls, C. I., Parrella, M., y Altieri, M. A. (2001). The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology.* 16(2): 133-146.
- Odum, E. P. 1986. *Fundamentos de Ecología*. México D.F.: Interamericana. 422 pp.
- Palacios-Vargas, J. G. (2003). Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. In: Álvarez-Sánchez, J., y E. Naranjo-García (eds.). *Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México*. Instituto de Ecología. UNAM. México, D. F. pp. 217-225.

Pacheco, I., Lomelí, J. R., López, J. I., González, H., Romero, J., Santillán, M. T., y Suárez, J. (2015). Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Revista Colombiana de Entomología. 41(2): 187–193.

Paredes, D., Campos, M., y Cayuela, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. Revista Ecosistemas 22(1): 56–61.

Pedigo, L. P. (1989). Entomology and Pest Management. New York, United States of America: Macmillan Publishing company. 646 p.

Perfecto, I. y Vandarmeer, J. (2015). Coffee agroecology: A new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development. Taylor and Francis Group. New York. pp. 1-336.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. y Barbara Cliff. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. BioScience, Vol. 47, No. 11: 747-757.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. y Barbara Cliff. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. BioScience, Vol. 47, No. 11: 747-757.

Plan Veracruzano de Desarrollo. 2011-2016. Capitulo IV Economía fuerte para el progreso de la gente. Apartado IV.2 Desarrollo Agropecuario: detonador del crecimiento. Gobierno del Estado de Veracruz. 128-133 p.

Platt, J. O., J. S. Caldwell, y L. T. Kok. (1999). Effect of buckwheat as a flowering border on populations of cucumber beetles and their natural enemies in cucumber and squash. Crop Prot. 18: 305-313.

Pluke, R. W., Escribano, A., Michaud, J. P., y Stansly, P. A. (2005). Potential impact of lady beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. Florida Entomologist. 88(2): 123-128.

Ripa, R., Larral, P., y Rodríguez, S. (2007). Control biológico. En: Manejo de plagas en paltos y cítricos. pp. 61-68.

Robinson, R. A., y W. J. Sutherland. (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *J. Appl. Ecol.* 39: 157-176.

Rodríguez, M., Cambero, J., Robles, A., Carvajal, C., y Estrada, O. 2012. Enemigos naturales asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana.* 28(1): 625-629.

Ruíz, E., Coronado, J.M., Myartseva, S.N. 2005. Plagas de los cítricos y sus enemigos naturales en el estado de Tamaulipas, México. *Entomol. Mex.* 4: 931-936.

Saini E. y A. Polack. (2002). Enemigos naturales de los trips sobre flores de malezas. *RIA*, 29 (1): 117-123.

Sans, F. X. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosist.* 16: 44-49.

SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2002. SAGARPA.

Stukenbrock, E. H. y McDonald, B. A. (2008). The Origins of Plant Pathogens in Agro-Ecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 46: 75-100.

Symondson, W. O. C., K. D. Sunderland y M. H. Greenstone. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annu. Rev. Entomol.* 47: 561-594.

Terborgh, J. 1992. Diversity and the tropical rain forest. New York, United States of America.: Scientific American Library. 243 p.

Thies, C., y T. Tschardt. (1999). Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.

Tilman, D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, y S. Polasky. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. y Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.*, 8, 857-874.

Tylianakis, J. M., R. K. Didham, y S. D. Wratten. (2004). Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. *Ecology* 85: 658-666.

Uribe-Hernández, R., C. A. Juárez-Méndez, M. A. Montes de Oca, J. G. Palacios-Vargas, L. Cutz-Pool y B. E. Mejía-Recarmier. (2010). Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México. *Rev. Mex. Biodiv.* 81: 153-162.

Vázquez, J. C., Ferguson, B. G., Morales, H., y Vaca, R. A. (2013). Influencia del paisaje urbano sobre poblaciones de áfidos y sus enemigos naturales: Implicaciones para la producción agroecológica. *El Colegio de la Frontera Sur*. pp. 1-61.

Villamil, L., Astier, M., Merlín, Y., Ayala, R., Ramírez, E., Martínez, J., Devoto, M. y Gavito, M. (2018). Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 45: 530-551.

Wilby, A. y Thomas, M. B. (2002). Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecol. Lett.*, 5: 353-360.

Yeates, G. W., y G. R. Stirling. (2008). Regional patterns among soil nematode assemblages in Australasian pastures and effects of management practices. *Austral. Plant Pathol.* 37: 298-307.

Zhao, Z., Hui, C., He, D., y Li, B. (2015). Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. *Scientific Reports*. 5(8024): 1–7.

Anexo 1: Familias de insectos colectados en el cultivo de limón persa



Acanaloniidae



Alydidae



Anthocoridae



Membracidae



Delphacidae



Cicadellidae



Reduviidae



Scutelleridae



Pentatomidae



Dictyopharidae



Cercopidae



Miridae

Anexo 2: Familias de insectos colectados en el cultivo de limón persa



Cerambycidae



Anthicidae



Tenebrionidae



Coccinellidae



Eucnemidae



Chrysomelidae



Acrididae



Tettigoniidae



Acrididae



Sphecidae



Braconidae



Pteromalidae

Anexo 3: Familias de insectos colectados en el cultivo de limón persa



Lonchaeidae



Chamaemyiidae



Stratiomyidae



Apidae



Ptilodactylidae



Saldidae



Chrysopidae



Otitidae



Muscidae