



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Efecto del manejo agrícola (orgánico vs. convencional) y las etapas del cultivo sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociados al algodón *Gossypium hirsutum* L. en el norte del país

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGA**

P R E S E N T A:

**VALERIA VÁZQUEZ BARRIOS**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. VÍCTOR LÓPEZ GÓMEZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HOJA DE DATOS DEL JURADO

1. Datos del alumno  
Vázquez  
Barrios  
Valeria  
55 30 34 35 67  
Universidad Nacional Autónoma  
de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
309338332
2. Datos del asesor  
Dr.  
Víctor  
López  
Gómez
3. Datos del sinodal 1  
Dr.  
Zenón  
Cano  
Santana
4. Datos del sinodal 2  
Dra.  
Rosa Gabriela  
Castaño  
Meneses
5. Datos del sinodal 3  
M. en C.  
Iván Israel  
Castellanos  
Vargas
6. Datos del sinodal 4  
Dra.  
Ana Laura  
Wegier  
Briuolo
7. Datos del trabajo escrito  
Efecto del manejo agrícola  
(orgánico vs. convencional) y las  
etapas del cultivo sobre la  
estructura de la comunidad de  
artrópodos asociados al algodón  
*Gossypium hirsutum* L. en el norte  
del país.  
63 p.  
2016

## Agradecimientos

Agradezco el apoyo financiero brindado por parte de la CONABIO y de la Dirección General del Sector Primario y Recursos Nacionales Renovables (DGSPRNR), perteneciente a la SEMARNAT a través del “Programa para la conservación de las poblaciones silvestres del género *Gossypium* en México” del proyecto marco “Generación de elementos faltantes para la determinación de los centros de origen y diversidad genética”.

A mi director de tesis el Dr. Víctor López Gómez, por su apoyo y confianza desde el inicio de este proyecto, por todos los momentos y pláticas que me han hecho crecer académicamente y como persona. Pero sobre todo por aguantar mi terquedad y siempre confiar en mí.

A mis sinodales el Dr. Zenón Cano Santana, el M. en C. Iván Castellanos Vargas, la Dra. Ana Wegier Briuolo y la Dra. Gabriela Castaño Meneses por dedicar parte de su tiempo en la revisión de este trabajo, que con sus observaciones y sugerencias enriquecieron infinitamente mi tesis.

A los profesores del taller “Ecología terrestre y manejo de recursos bióticos” por compartir conmigo su conocimiento y apoyarme en cada momento durante la planeación de mi tesis.

Al Dr. Alex Ponce Mendoza por el apoyo brindado para el trabajo de campo, por su pronta respuesta ante cualquier duda y por confiar en mi trabajo.

Al M. en C. Néstor Aguilera Molina por compartir sus conocimientos agronómicos que hicieron más fácil la elaboración y entendimiento del proyecto y por siempre estar dispuesto a contestar mis dudas a larga distancia.

Al Biól. Javier Pérez López por siempre estar dispuesto ayudarme y por ser un gran compañero de trabajo.

Y sobre todo a la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación académica y a los profesores que colaboraron en la misma.

## Dedicatorias

A mis padres, Rosalina y Gerardo por estar conmigo en cada momento, por todas sus enseñanzas a lo largo de mi vida, por compartir y apoyar cada meta que me propongo.

A mi hermano Rodrigo, por enseñarme con sus pocas palabras a luchar, conseguir y hacer lo que a uno le hace feliz. Y a los tres en general por hacer de mí una persona mejor cada día.

A mi abuelito Luis, por su amor y apoyo incondicional siempre, por siempre procurar y exigirme ser mejor cada día. Por ser mi inspiración de trabajo y constancia y compartirme su gusto y respeto a la naturaleza. Por todas las tardes de documentales en compañía de mi abuelita Bertha y él que me encaminaron a querer ser bióloga. Pero sobre todo por las conversaciones en donde discutimos y nos retroalimentamos en temas que solo nosotros nos entendemos. Te quiero.

A mi tía Ceci por siempre estar en cada momento apoyándome, llevándome, cuidándome, siendo mi segunda madre. A ti Bárbara por permitirme crecer a tu lado y dejarme aprenderte de lo bueno y malo, por aguantar mis infinitas tardes de tarea y los momentos de crisis de los últimos meses. A las dos junto con mi mamá por poner la alegría y diversión en cada momento juntas. Las quiero.

A mi abuelita Guille, a Male, Luz, Vice, Sam, Paco, Martha, Jesús, Bety y Valeria por su apoyo y amor.

A Carolina y Amanda por estar presentes desde el inicio de esta aventura llamada vida adulta, descubriendo, experimentando, sufriendo y compartiendo cada nueva experiencia que se presenta. Por todo su apoyo, por recordarme lo valiosa que soy y también por hacerme ver mis errores. Por dejarme crecer a su lado y por seguir compartiendo cada logro, que, aunque los caminos son distintos sé que siempre convergeremos para celebrarlos juntas. Las quiero.

A ti Horacio por ser más que un amigo, eres como otro hermano, el que me hace pensar más con la cabeza y menos con el corazón al momento de ver la realidad. Te agradezco lo fabuloso que eres conmigo gracias por estar siempre apoyándome y echándome ánimos. También gracias por todas esas tardes de café (sin azúcar) y platica sarcástica que nos caracteriza que nos alejaban de lo estresante de la tesis y que siempre nos hacían ver que no estamos tan perdidos. Te quiero y admiro.

A Frida por todos los buenos momentos llenos de alegría, diversión, dramas, conciertos y enojos que nos hicieron crecer y fortalecer esta amistad. A Tere y Casco por su compañía, amistad, aventuras, apoyo en los tiempos difíciles, pero sobre todo por los consejos que me brindan cada día. A Regis, Luis, Gaby, Greta, Norita, Eli, Karina, Karol, Rocío, Aleli, Diego, Olivia y Luis Mendoza por los buenos momentos a lo largo de la carrera.

A mis Petcofriends Rose, Omar, Mariana, Mitzi e Izcoatl por su amistad, compañía, apoyo y por motivarme para seguir con mis sueños en estos últimos meses.

Y por último a Dificultad y Otilia por su compañía y amor incondicional que me han dado desde que llegaron a mi vida y por todas las noches de desvelo juntas durante este proceso.

# ÍNDICE

Resumen.....	6
I. Introducción .....	7
1.1 El algodón y sus modos de cultivo en México.....	7
1.2 Comunidades de artrópodos.....	9
1.3 Artrópofauna asociada a <i>Gossypium hirsutum</i> .....	10
1.4. Monitoreo de artrópodos durante un ciclo de cultivo en el algodónero .....	13
1.5 Justificación .....	14
II. Objetivos e Hipótesis.....	15
III. Materiales y métodos .....	17
3.1 Sitios de estudio .....	17
3.2 Métodos .....	20
3.2.1 Efecto del manejo agrícola .....	20
3.3 Manejo de datos y análisis estadístico.....	24
3.4.3. Cambios en la estructura de la comunidad de artrópodos en diferentes etapas del cultivo de algodón.....	25
IV. Resultados .....	27
4.1. Comunidad de artrópodos Valle del Yaqui, Son.....	27
4.2. Comunidad de artrópodos del Valle de Mexicali, B.C.....	30
4.3. Estructura de la comunidad de artrópodos epífitos entre manejo orgánico y convencional .....	33
4.3 Comunidad de artrópodos asociada a las etapas de desarrollo del cultivo algodónero ..	37
V. Discusión y conclusiones .....	43
5.1 Comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodónero en el Valle del Yaqui y el Valle de Mexicali .....	43
5.2 Efecto del tratamiento agrícola convencional y orgánico.....	45
5.3 Comunidad de artrópodos asociada al desarrollo del cultivo algodónero .....	46
5.4 Conclusiones.....	50
Literatura citada.....	52
Anexos.....	60

**Forma de citar:** Vázquez-Barrios, V. 2016. Efecto del manejo agrícola (orgánico vs. convencional) y las etapas del cultivo sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociados al algodón *Gossypium hirsutum* L. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 63 pp.

## Resumen

La especie de algodón más cultivada del mundo, *Gossypium hirsutum*, pertenece a la familia Malvaceae. Se considera que México es su centro de origen y de diversidad genética porque es donde se distribuyen más poblaciones de esta especie. Actualmente el cultivo del algodón mexicano se lleva a cabo mediante dos técnicas: la orgánica y la convencional. En la primera no se usan insumos químicos, promoviendo la conservación de la biota asociada, de modo que para prevenir la aparición de plagas se aprovechan o se usan organismos benéficos. Por otro lado, en el tratamiento convencional su calendario agrícola incluye aplicaciones de feromonas de crecimiento, insecticidas y herbicidas. En este estudio se analizó el efecto del tratamiento agrícola (convencional vs. orgánico) y las etapas del cultivo sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociada a *G. hirsutum*. Se encontró una mayor diversidad de artrópodos en el algodón orgánico, pero la riqueza y la abundancia no difirieron entre tipos de manejo. Se observó una mayor equidad de especies en el tratamiento orgánico ( $E=0.75$ ), en comparación con los artrópodos del tratamiento convencional ( $E=0.5$ ). En las plantas cultivadas de la parcela del Valle Mexicali se registraron altas densidades de mosquitas blancas (una plaga secundaria). La riqueza y diversidad tuvieron valores más altos en la etapa de flor (junio) que en la de fibra (julio). Por su parte, la abundancia no presentó diferencias durante el desarrollo del cultivo. En ninguna parcela se registraron especies catalogadas como plagas de importancia económica; sin embargo, se presentaron plagas secundarias. Al parecer, el uso de agroquímicos afecta negativamente a los artrópodos, sobre todo a polinizadores, parasitoides y depredadores (que registran baja riqueza y diversidad) y, paradójicamente, hay una fuerte dominancia en los fitófagos de alto efecto (es decir, plagas). El tratamiento agrícola y el desarrollo del cultivo modifican la estructura de los artrópodos asociados al algodón.

**Palabras clave:** Cultivo algodonnero, agroecosistemas, manejo agrícola, agroquímicos, fitófagos de alto efecto, fitófagos de bajo efecto, organismos benéficos, plagas secundarias, grupo funcional.

## I. Introducción

### 1.1 El algodón y sus modos de cultivo en México

El algodón es una planta de la familia Malvaceae con centro de origen y de diversidad genética en México (Wegier, 2011, 2013). El género *Gossypium* se distribuye en regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtropicos, incluye aproximadamente 52 especies (Fryxell, 1979; Ulloa *et al.*, 2006), de las cuales 14 se distribuyen en México, entre ellas se encuentra *Gossypium hirsutum* que pertenece a las cuatro especies de algodón que han sido domesticadas y es la que ocupa el 90% de la producción mundial (Wendel y Cronn, 2003; Wegier *et al.*, 2009).

La especie de algodón *Gossypium hirsutum* ha sido importante para la cultura humana desde su origen (e.g. mayas y aztecas) hasta nuestros días (Pérez–Hernández *et al.*, 2013). En la actualidad, su importancia radica en su valor económico dentro de la industria de cultivos de fibra (Myers y Stolton, 1999). El producto principal de la planta de algodón son los tricomas que cubren la semilla dentro de la cápsula, que proporcionan una fuente de fibra de alta calidad a la industria textil (Pérez–Hernández *et al.*, 2013). Por su parte la semilla (el subproducto) es fuente importante de aceite vegetal para la industria alimentaria y de proteínas substanciales que son utilizadas en la producción de alimentos para ganado (Freeland *et al.*, 2006). Los desechos producidos pueden ser utilizados como fertilizantes y la celulosa de los tallos se puede utilizar para la elaboración de papel y cartón (Pérez–Hernández *et al.*, 2013).

Actualmente, el cultivo de algodón ocupa el sexto lugar a nivel mundial en superficie cultivada, mientras que el algodón genéticamente modificado se coloca en el tercer lugar de los cultivos biotecnológicos más sembrados (Wegier, 2013); asimismo, el algodón es el único cultivo cuyo principal valor no radica en la alimentación (Wendel *et al.*, 2010).

Al presente, la industria algodonera mexicana está empleando técnicas tradicionales para su producción, todo ello, con la finalidad de reducir los costos, tener una producción más sustentable y conservar la biodiversidad presente en el sistema, según se expone a continuación (Parajulee, 2012).

El uso de agroquímicos en la agricultura fue considerado como uno de los avances tecnológicos del siglo XVIII de la Revolución Industrial en la industria agrícola, donde el conocimiento tecnológico suplantó al conocimiento empírico determinado por las técnicas tradicionales, considerándolas como atrasadas, arcaica e inútiles (Toledo, 2005; Ceccon, 2008). Se le denomina tratamiento convencional a aquél que incluye el uso de agroquímicos (e.g. insecticidas, herbicidas, fertilizantes y reguladores de crecimiento) con el objetivo y finalidad de matar plagas de insectos, vegetación no deseada y evitar enfermedades en las plantas cultivadas (Devine *et al.*, 2008). Sin embargo, esta técnica puede tener un impacto letal o subletal en organismos que no son blanco, lo cual está ligado a una pérdida de la biodiversidad (e.g. recicladores de nutrientes, polinizadores y organismos benéficos como los depredadores de plaga), así como reducir los recursos alimenticios de los niveles tróficos superiores y problemas ambientales importantes como son las emisiones de gases de efecto invernadero y la erosión de suelos (Lampkin, 2001; Devine *et al.*, 2008).

Por otro lado, en nuestro país la agricultura orgánica se ha estado utilizando como una técnica de tratamiento agrícola desde finales de la década de 1980 (Lampkin, 2001). Es un sistema que trata de evitar el uso directo o rutinario de productos minerales y químicos (Lampkin, 2001). En caso de ser necesario el uso de dichos productos se utilizan los que tengan un menor impacto ambiental a todos los niveles tróficos, por ejemplo, el silicato de sodio y otros preparados que contienen sílice, estos aumentan la resistencia física de la planta frente a los ataques de plagas y enfermedades; otros productos incluyen azufre y cobre (Lampkin, 2001). Estos se utilizan para combatir enfermedades criptogámicas (*i.e.*, causadas por hongos) pero el empleo de éstos es restringido por problemas que pueden llegar a causar en el suelo por la acumulación de cobre y porque el azufre puede dañar a los insectos benéficos (Ruiz-Montoya y Castro-Ramírez, 2006). Sin embargo, la agricultura orgánica se enfoca más en el uso de extractos naturales para el control de plagas y enfermedades, entre los cuales se cita a la manzanilla, ajo, tanaceto y ortiga, para el control de los pulgones, principalmente (Lampkin, 2001; Ruiz-Montoya y Castro-Ramírez, 2006). Los extractos naturales actúan sobre la planta incrementando la resistencia a la penetración de los micelios de los hongos y a la picadura de los insectos chupadores (e.g. pulgones,

mosquita blanca, trips y chinches), o bien, estimulan el crecimiento vigoroso para superar el ataque (Lampkin, 2001). El uso de estos productos tiene la finalidad de mantener y aumentar a largo plazo la fertilidad de los suelos y conservar la diversidad genética de plantas y animales mediante la protección de sus hábitats. Dentro de estas prácticas también se incluyen las rotaciones de cultivos, policultivos y métodos mecánicos de control de malezas (Lampkin, 2001; Ruiz-Montoya y Castro-Ramírez, 2006).

## **1.2 Comunidades de artrópodos**

Los artrópodos son un grupo clave en los ecosistemas debido a las diversas funciones que desempeñan, en las cuales se destacan la función como herbívoros, depredadores, polinizadores, dispersores de semillas, degradadores de materia orgánica y recicladores de los nutrientes del ecosistema, por lo que confieren estabilidad a las cadenas tróficas y contribuyen al control de plagas (Price *et al.*, 2011). Al identificar la función que presenta cada organismo dentro de un sistema, la evaluación de los factores que modifican la estructura de sus comunidades resulta más fáciles, por lo cual ha cobrado importancia en los estudios ecológicos actuales, principalmente en términos de diversidad, control de plagas, conservación y manejo (Nair, 2007).

Por ejemplo, los depredadores y parasitoides son considerados como especies importantes dentro de los sistemas biológicos, esto porque prefieren a las presas de mayor densidad resultando un gasto mínimo de energía requerida en su búsqueda (Del Val y Boege, 2012), con lo que contribuyen a reducir la competencia entre las presas, lo cual mantiene una alta diversidad de especies (Begon *et al.*, 2006; Del Val y Boege, 2012). De igual forma, los herbívoros son especies relevantes debido a la elección selectiva de su planta huésped, lo que se traduce en la reducción de la competencia y facilita la permanencia de otras especies vegetales no anfitrionas y menos abundantes en la comunidad (Nair, 2007).

Dentro de los factores que pueden modificar a la comunidad de artrópodos están (1) el tamaño y estabilidad del hábitat, (2) los recursos disponibles, (3) los disturbios y

fragmentación de su ambiente y (4) las interacciones bióticas que mantienen (Begon *et al.*, 2006; Schowalter, 2011).

El tamaño del hábitat determina el número de especies que se pueden establecer ya que está relacionado con la variedad y cantidad de hábitats disponibles para el establecimiento de las especies con requerimientos contrastantes (Schowalter, 2011). La disponibilidad de recursos afecta a la diversidad de especies en cada nivel trófico, pues al aumentar la cantidad de recursos la competencia entre especies con requerimientos similares se hace más débil y permite una mayor coexistencia (Begon *et al.*, 2006). Por ello, la disponibilidad de recursos se relaciona de manera positiva con el incremento en la riqueza de especies que alberga la comunidad (Soulé y Simberloff, 1986; Nair, 2007).

Por otro lado, los disturbios, como son el uso de agroquímicos en un cultivo afectan de forma negativa a la comunidad de artrópodos, reduciendo las poblaciones de polinizadores y parasitoides, mientras que la fragmentación del hábitat reduce la riqueza y diversidad en la comunidad (Lampkin, 2001; Begon *et al.*, 2006).

### **1.3 Artrópofauna asociada a *Gossypium hirsutum***

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.; Malvaceae) es un cultivo anual con una compleja arquitectura y desarrollo de follaje, gracias a ello presenta una gran riqueza y diversidad de artrópodos capaces de aprovechar estos recursos (Parajulee, 2012). Entre los insectos que destacan por su alta abundancia y diversidad están los herbívoros, como los Sternorrhyncha (ex Homoptera), Coleoptera, Lepidoptera, depredadores y polinizadores del orden Hymenoptera, así como arañas depredadoras de las familias Salticidae y Philodromidae (Altieri y Nicholls, 2002).

La interacción de ciertos insectos fitófagos plaga y el algodón, ocasionan grandes pérdidas económicas al afectar la producción en los cultivos. Asimismo, el control de estos insectos con insecticidas repercute en un decremento en la diversidad biológica, por la susceptibilidad que presentan los otros grupos de artrópodos (*i.e.* depredadores, polinizadores y parasitoides) a estos productos (Altieri y Nicholls, 2002; Ruiz-Montoya y Castro-Ramírez, 2006).

La presencia de plagas trae cambios en la dinámica de la comunidad de artrópodos, al incrementar la competencia intraespecífica por alimento y refugio, ya que el gran tamaño poblacional de estas especies reduce la disponibilidad de estos recursos (Del Val y Boege, 2012). Asimismo, aumenta la probabilidad que la planta se debilite y enferme, puesto que muchas especies de hemípteros, como los pulgones y las mosquitas blancas suelen ser vectores de microorganismos infecciosos (Pacheco, 1994). Por su parte, la dinámica de las poblaciones de los artrópodos benéficos (parasitoides y depredadores) también se modifica, ya que la abundancia de los insectos plaga representa la disponibilidad de sus recursos alimenticios y por tanto se relaciona con su supervivencia (Lampkin, 2001).

Los artrópodos asociados al algodón se han estudiado en distintas regiones. En la India se registraron 137 especies pertenecientes a 10 órdenes y a 32 familias (MEF, 2001; Sabesh, 2007); en Texas se reportaron seis órdenes y 21 familias de insectos depredadores (Frank y Slosser, 1996); en China 30 especies de nueve órdenes y 19 familias (Men *et al.*, 2003); y en Australia se encontraron 127 especies de 103 familias de 10 órdenes (Whitehouse *et al.*, 2005).

Actualmente, existen pocos estudios relacionados con la artropofauna completa que se asocia al algodón en México, tanto de las poblaciones silvestres como asociadas a cultivo. Entre los pocos estudios que consideran la mayor parte de los artrópodos asociados en el cultivo algodonnero está el de Márquez *et al.*, (2014) que reportan 192 especies de 57 familias de 10 órdenes para el estado de Coahuila, de los cuales el orden con mayor abundancia fue Hemiptera (236 insectos), seguido de Hymenoptera (130 insectos) y Coleoptera (112 insectos); mientras que los órdenes que presentaron la mayor riqueza fueron Hymenoptera con 82 especies y Hemiptera con 57 especies.

El cultivo algodonnero en México registra cuatro especies de artrópodos consideradas como plagas de importancia económica, como son los lepidópteros noctuidos *Heliothis virescens* (Fabricius), *Heliothis zea* (Boddie) y *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (gusano rosado) (Benítez, 2014) y el picudo algodonnero (*Anthonomus grandis* Boheman; Coleoptera) (Gurevitch *et al.*, 2006).

Por otro lado, se han reportado artrópodos benéficos en el algodón, principalmente coleópteros de las familias Melyridae, Carabidae y hemípteros de las familias Nabidae y Geocoridae, que contribuyen al control natural de las plagas (Pacheco, 1994; Márquez *et al.*, 2014). Por su parte, el estudio de Reyes-Rosas y colaboradores (2007) reportan seis parasitoides que atacan al picudo *A. grandis* en las regiones algodonerías del norte de Tamaulipas, el noroeste de México y en Estados Unidos (Reyes-Rosas *et al.*, 2007).

En cuanto a poblaciones silvestres de algodón, Benítez (2014) reportó la comunidad de lepidópteros circundante a plantas de algodón silvestre en dos sitios de la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Este autor encontró 122 morfoespecies de lepidópteros. Por su parte, Pérez-López (2015) registró en las mismas localidades 10 órdenes, 48 familias y 282 morfoespecies de artrópodos.

Durante el desarrollo de los cultivos convencionales de algodón, los agroquímicos (*i.e.* insecticidas, reguladores de crecimiento, herbicidas y defoliantes) representan disturbios que modifican el ensamblaje de la comunidad, lo cual favorece a ciertos grupos funcionales de artrópodos como son los fitófagos con alto efecto (plagas) y otros fitófagos, mientras que grupos como parasitoides, polinizadores y depredadores se ven afectados negativamente y la recuperación de sus poblaciones es más lenta debido a que dependen de estadios específicos de sus presas (Lampkin, 2001).

Por otro lado, se reportó que los organismos benéficos (parasitoides, entomófagos y polinizadores) son más frecuentes en un sistema orgánico debido a la ausencia de factores que los afectan directamente, como los agroquímicos (Cane y Tepedino, 2001; Goulson *et al.*, 2008).

#### **1.4. Monitoreo de artrópodos durante un ciclo de cultivo en el algodón**

Las técnicas de monitoreo de plagas del cultivo de algodón se enfocan en tres importantes etapas del mismo, que son: (1) prefloración, (2) floración y (3) apertura de cápsulas (Escobedo-Salas *et al.*, 2004; Pérez-Solís, 2016).

Dentro de los trabajos que relacionan a la comunidad de artrópodos con las etapas del cultivo algodónero está el de Herrera y Loza (2012), el cual describe que los insectos chupadores (fitófagos) se presentan en los periodos de prefloración y floración, alimentándose de las hojas terminales y bellotas tiernas. Entre los más importantes están la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), las chinches del género *Lygus* y las chicharras. De hecho, en el momento que se detecta una gran abundancia de estos insectos se marca el inicio del control químico de plagas (Herrera y Loza, 2012).

Durante la formación de las primeras bellotas, la presencia del gusano rosado *Pectinophora gossypiella* marca el estado más crítico del cultivo de algodón (Herrera y Loza, 2012). Por otro lado, el gusano bellotero (*Helicoverpa zea*), se registra desde la prefloración, con presencia de huevecillos y larvas pequeñas (Herrera y Loza, 2012). Sin embargo, éstas son controladas por la fauna benéfica (e.g. arañas, coleópteros e himenópteros), siempre y cuando se eviten las aspersiones de insecticidas (Herrera y Loza, 2012). Por último, el gusano perforador de la hoja (*Bucculatrix thurberiella*) se ha registrado en la etapa de la formación de bellotas (Herrera y Loza, 2012). Entre los polinizadores se han reportado abejas del género *Apis* y abejorros del género *Bombus* en la etapa de prefloración y floración (Pérez-Hernández *et al.*, 2013).

## **1.5 Justificación**

*Gossypium hirsutum* es una planta de interés económico y gran parte de sus estudios ecológicos y evolutivos se han realizado en plantas domesticadas (Wegier, 2013). Además, los estudios de los artrópodos asociados tienen un sesgo, ya que se enfocan en los organismos más asiduos (*i.e.*, especies plagas y benéficos). Para poder contribuir en el mantenimiento e incremento en la biodiversidad en los sistemas manejados por el hombre es necesario contar con un conocimiento holístico sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades de organismos que las habitan. Por tanto, un enfoque amplio de la comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodonero (*i.e.*, considerando a todas las especies) brindará un mayor conocimiento de la biodiversidad presente y un mejor entendimiento sobre la dinámica de este agroecosistema.

De la misma forma, al conocer las diferencias entre las comunidades de artrópodos de cultivos bajo diferentes manejos agrícolas (orgánico y convencional) se contribuye a entender su influencia sobre la biodiversidad de los agroecosistemas, lo cual ayuda a buscar alternativas para aminorar los efectos negativos de éstos.

El éxito de nuevas técnicas en el manejo agrícola, como lo es la siembra de algodón orgánico, contribuye ecológicamente en la conservación de la biodiversidad dentro de la comunidad, lo que muestra un panorama novedoso de las interacciones e incidencia de diferentes grupos funcionales en un sistema manejado por el hombre. Así mismo, al comparar un sistema orgánico y uno convencional podremos ver si el uso de productos químicos tiene efecto directo en la estructura y la dinámica de la comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodonero.

Como se ha mencionado anteriormente, son pocos los trabajos que abarcan de manera holística a la comunidad de artrópodos en el cultivo de algodón, sin embargo, es importante contar con ellos, ya que nos brindarán un acercamiento al funcionamiento y dinámica de los organismos asociados (plagas y benéficos) y contribuirá en el desarrollo de nuevas técnicas de manejo y conservación de la biodiversidad asociada a este sistema.

## II. **Objetivos e Hipótesis**

El objetivo general de este trabajo es determinar los factores (manejo agrícola y etapa del cultivo) que afectan la estructura y dinámica de la comunidad de artrópodos (en términos de riqueza, abundancia, diversidad, composición y grupos funcionales) asociada al cultivo algodonero en el norte del país.

Los objetivos particulares que se derivan del anterior son:

1. Describir la comunidad de artrópodos asociada al cultivo de algodón en Valle de Mexicali, B.C. y Valle del Yaqui, Son.
2. Comparar la estructura de la comunidad de artrópodos epífitos entre plantas de diferente manejo agrícola (convencional vs. orgánico) en el Valle del Yaqui, Son.
3. Conocer los cambios en la estructura de la comunidad de artrópodos en el desarrollo del cultivo de algodón en el Valle de Mexicali, B.C., considerando el estadio de las estructuras reproductivas (flor, flor + bellota y fibra) y el calendario del manejo agrícola.

Las hipótesis que se formulan en este trabajo son las siguientes:

1. Se espera que los parasitoides, los polinizadores y depredadores registren menor diversidad, riqueza y abundancia en el tratamiento convencional debido al efecto negativo del uso de agroquímicos (Sosa y Vitti, 2003). Por otro lado, algunos de los organismos fitófagos (*i.e.* plagas) se beneficiarán por los efectos que tiene en la planta el uso del regulador de crecimiento (Pires *et al.*, 2011).
2. La dinámica de la estructura de la comunidad de artrópodos en el cultivo convencional estará en función de los efectos que tiene el manejo agrícola

empleado (*i.e.* aplicaciones de insecticidas, riegos y fertilizantes) (Rudgers y Strauss, 2004).

3. La estructura de la comunidad de artrópodos cambiará durante el desarrollo del cultivo y en cada etapa del cultivo evaluada, puesto que la disponibilidad de recursos (tipos de alimento y de refugio) cambia durante el ciclo de cultivo (Holland y Fahrig, 2000). La abundancia de los polinizadores será mayor en época de floración, mientras que los fitófagos se presentarán a lo largo de todo el cultivo y los depredadores y parasitoides estarán en función de estos últimos (Pires *et al.*, 2011).

### III. Materiales y métodos

#### 3.1 Sitios de estudio

El Valle del Yaqui se localiza en la parte sur del estado de Sonora entre los 27° 00' y 27°40' norte y entre 109°40' y 110°25' oeste y cubre un área aproximada de 6,595 km<sup>2</sup>. Limita al norte con la sierra El Bacatete, al sur con el Golfo de California, al oriente con la cuenca del Río Mao y al poniente con las Colonias Yaquis (CONAGUA, 2009; figura 1).

El clima predominante según la clasificación de Köppen y modificado por García es del grupo de climas secos, subtipo BW(h') hw muy cálido, cálido, con lluvias de verano. En la porción noreste de la zona se presenta un clima BSo (h') hw seco muy cálido y cálido con lluvias de verano (CONAGUA, 2009).

La temperatura media anual que registran cuatro estaciones climatológicas del área con registros de 25 años es de 20.03°C. Las zonas más cálidas se encuentran en la parte centro-oriental del valle, con una media de 20.5°C, mientras que las menos cálidas están en la zona sur-occidental con una media de 19.4°C. Así mismo la precipitación media anual registrada por la estación CIANO es de 281.6 mm/año en el 2003 (Naylor *et al.*, 2001; DRRY, 2003).

La actividad económica principal es la agricultura, la cual consta en dos ciclos al año, el primero es en primavera-verano, donde los principales cultivos son: soya, sorgo, maíz y algodón; mientras que el segundo ciclo es el de otoño-invierno y los cultivos más importantes para la región son: trigo, cártamo y maíz (FAO, 1997). Por su ubicación geográfica las actividades acuícolas forman parte de las poblaciones cercanas al Mar de Cortés, en donde la principal especie explotada es el camarón (FAO, 1997; Cuadro 1).

El Valle de Mexicali (30° 51'-32° 44' N, 114° 43'-115° 51' O) se ubica en el noreste del estado de Baja California con una extensión de 13,602 km<sup>2</sup>. Se encuentra delimitado por el Río Colorado, al poniente por las formaciones serranas (Sierra Cucapá, Sierra El Mayor y Cerro El Centinela) y al norte por la mesa arenosa sobre la que se encuentra la frontera con Estados Unidos (Ortega-Villa *et al.*, 2013; figura 1).

El Valle de Mexicali forma parte de la provincia fisiográfica del Desierto Sonorense o Llanura Sonorense (Shreve y Wiggins, 1964). Se caracteriza por presentar una superficie casi plana, con altitudes de poco más de 40 m s.n.m. (Ortega-Villa *et al.*, 2013).

Es una zona desértica con una evaporación promedio anual de 2,350 mm y una precipitación de solo 70 mm (Grijalva, 2014). Su temperatura media anual es de 21.7°C, pero en julio y agosto se pueden registrar temperaturas máximas de 45°C, en tanto que en diciembre y enero se registran temperaturas mínimas que van de los -7 a los -2°C (Ortega-Villa *et al.*, 2013; INEGI, 2016; Cuadro 1).

Comercialmente se siembran alrededor de 50 especies de plantas cultivadas (e.g. trigo, cebollín, cártamo y pastos del género *Lolium*), en el ciclo de otoño-invierno los principales cultivos son el algodón y el sorgo; mientras que los cultivos perennes son de alfalfa, espárrago y olivo (Grijalva, 2014).

Cuadro 1. Comparación de las características ambientales entre sitios

<b>Características</b>	<b>Valle del Yaqui</b>	<b>Valle de Mexicali</b>
Ubicación geográfica	27° 00' N y 109°40' O	30° 51'N y 114° 43' O
Temperatura media anual (°C)	20.03	21.7
Precipitación media anual (mm)	281.6	70
Tipo de clima	Secos subtipos cálidos con lluvias de verano	Secos subtipos cálidos a muy cálidos
Altitud (m s.n.m.)	4 a 58	-3 a 10



Figura 1. Ubicación geográfica del Valle del Yaqui (Sonora) y Valle de Mexicali (Baja California). Se señala cada localidad con un triángulo de diferente color.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Efecto del manejo agrícola.**

Con el objetivo de conocer a la comunidad de artrópodos epifitos de las plantas de algodón y compararlas entre los tratamientos orgánico y convencional se seleccionó una parcela en el Valle de Yaqui, Son., la cual se localiza en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Para el muestreo se seleccionaron seis plantas al azar para cada uno de los tratamientos en el mes de julio del ciclo de cultivo de 2014. La recolecta de las plantas se realizó por la mañana (7:00 a 12:00 h). El método de muestreo empleado consistió en cortar seis plantas de algodón convencional y seis de algodón orgánico desde la base, las cuales se introdujeron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y llevadas al laboratorio. En el laboratorio cada planta se introdujo en un recipiente con agua, lo cual facilitó la recolección de los artrópodos, para lo cual se usó pinzas de relojero y pinceles. Los artrópodos se colocaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% debidamente etiquetados para su posterior identificación.

El procesamiento de los artrópodos se basó en primera instancia en separarlos en morfoespecies. Posteriormente, se hizo la identificación taxonómica hasta el nivel más fino posible. Esto último se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico, guías de identificación taxonómica y libros especializados (e.g. Goulet y Huber, 1993; Borror *et al.*, 2005). Por otro lado, se determinó el grupo funcional (fitófago de alto efecto, fitófago de bajo efecto, polinizador, depredador y parasitoide) de cada morfoespecie con base en la revisión bibliográfica.

Para este trabajo se determinó como “fitófago de alto efecto” a los organismos que son considerados como plaga de importancia económica para la agronomía, mientras que los “fitófagos de bajo efecto” son los herbívoros que no causan daños importantes al cultivo.

El manejo agrícola empleado en el algodón Azteca convencional se realizó bajo el siguiente calendario: el 28 de febrero de 2014 se realizó la siembra en húmedo. Se fertilizó con la fórmula 200–60–00 (N-P-K). Se aplicaron cuatro riegos de auxilio en los días 0, 50, 30, 30 y 20, el cual coincidió con las etapas fenológicas de cuadro (*i.e.* yemas florales), floración, previa a máxima floración y aparición de las primeras bellotas. Los insectos plaga presentes durante el ciclo de cultivo fueron trips (Thysanoptera), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgón (Hemiptera: Auchenorrhyncha, Aphididae) y picudo (Coleoptera: Curculionidae). Los cuales se controlaron químicamente con tres aplicaciones de insecticidas: la primera fue el 12 de mayo, que se aplicó Dimetoato para combatir pulgón y trips y Oberon para atacar mosquita blanca y trips, los dos en una dosis de 0.5 L/ha. Posteriormente en agosto 9 se aplicó Herald (0.5 L/ha) y Orthene (1 kg/ha) para combatir mosquita blanca y picudo. Para tener un control entre el crecimiento fructífero y vegetativo se aplicó regulador de crecimiento (cloruro de mepiquat a una dosis de 1.0 L/ha) en dos ocasiones (12 de mayo y 12 de junio). Finalmente, el 14 de agosto se aplicó el defoliador Dropp en una dosis de 1.0 L/ha. El control de malezas se realizó de forma manual.

El calendario del manejo agrícola para el algodón orgánico fue el siguiente, el 28 de febrero de 2014 se realizó la siembra en húmedo. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio en los días 0, 50, 30, 30 y 20, el cual coincidió con las etapas fenológicas de cuadro, floración, previa a máxima floración y aparición de las primeras bellotas. Y el control de malezas se realizó de forma manual.

### 3.2.2. *Efecto de las etapas del cultivo.*

Para conocer los cambios en la estructura de la comunidad de artrópodos epífitos en diferentes etapas del cultivo de algodón se realizaron muestreos en una parcela comercial en el Ejido de Villahermosa del Valle de Mexicali, B.C. durante los meses de junio (los días 16 y 23, correspondiente a la etapa de floración), julio (los días 8 y 18, etapa donde dominan las bellotas) y agosto (el día 15, etapa de la fibra) del ciclo de cultivo de 2014. Para colectar a los artrópodos se utilizaron redes entomológicas de golpeo con las cuales se golpeaba la vegetación. Se tomaron cuatro pseudoréplicas de 100 golpes, en cada fecha. El modo de ejecución consistió en caminar diez pasos hacia adentro de la parcela, después se caminó en línea recta dando 100 golpes, terminados estos se caminó cinco surcos hacia la derecha y se realizó la segunda repetición; para la tercera y cuarta repetición el procedimiento fue el mismo, solo que en sentido contrario. Con la finalidad de que el muestreo fuera en forma de letra “V” invertida y se registrara la mayor superficie posible, correspondiente a la distribución de la parcela. La recolecta de artrópodos se llevó a cabo por la mañana entre 6:00 y 11:00 h (figura 2).

El material biológico colectado de cada pseudoréplica se almacenó en frascos con alcohol al 70% para posteriormente llevar a cabo la identificación taxonómica en el laboratorio, así como la clasificación en grupos funcionales, las cuales se realizaron siguiendo la misma metodología que los artrópodos de la parcela del Valle de Yaqui.

La densidad de población sembrada en la parcela comercial fue el equivalente a 120 mil plantas/ha, siguiendo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo en franjas.

El tratamiento agrícola empleado se realizó bajo el siguiente calendario. La siembra se efectuó en húmedo el 27 de marzo de 2014. Se fertilizó con la fórmula 180–20–00 (N-P-K), la cual se realizó en dos momentos: el primero (que equivale al 50% de la fórmula) se aplicó antes del primer riego de auxilio; un 25% antes del segundo riego y el complemento en el tercer riego (25%). Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron seis riegos de auxilio en los días: 0, 60, 20, 17, 15, 15 y 20, el cual coincidió con las etapas fenológicas de cuadro,

floración, previa a máxima floración, cápsulas y aparición de las primeras cápsulas, con la finalidad de obtener el mayor rendimiento y producción de fibra. El manejo de insectos plaga, especialmente hemípteros del género *Lygus* (Hemiptera: Miridae) y mosquita blanca (*B. tabaci* [Hemiptera: Auchenorrhyncha, Aleyrodidae]) se controló con aplicaciones de Turbine 250 mL/ha para las chinches *Lygus* el día 2 de julio; para la mosquita blanca se aplicó Oberón 0.5 L/ha el día 16 de julio, finalmente se hizo una tercera aplicación, la cual fue general (*Lygus* y Mosquita blanca) de Heral 0.5 L/ha y Orthene 1.0 L kg/ha el día 9 de agosto. El control de malezas se hizo con limpiezas manuales, se retiraban las plantas para permitir el libre crecimiento del algodón. Para mantener un balance entre el desarrollo fructífero y vegetativo se utilizó dos veces el regulador de crecimiento de cloruro de mepiquat a una dosis de 1.0 L/ha (19 de junio y 12 de julio). Finalmente, el 5 de octubre se aplicó el defoliador Finish de Bayer a una dosis de 1.5 L/ha para acelerar el proceso de maduración de las cápsulas. Todo lo anterior se llevó a cabo bajo los lineamientos técnicos del INIFAP.

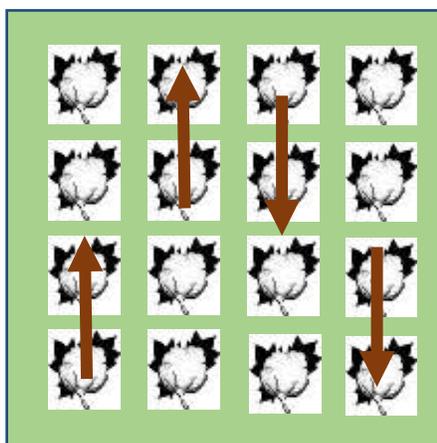


Figura 2. Esquema de la parcela en Valle de Mexicali, flechas azules señalan las cuatro pseudoréplicas y la dimensión de las mismas corresponde a los 100 golpes con la red entomológica. La distancia entre las flechas corresponde a cinco surcos de la planta.

### **3.3 Manejo de datos y análisis estadístico**

#### *3.3.1 Descripción de las comunidades de artrópodos asociadas al cultivo algodonero de la región norte del país.*

La descripción de cada una de las comunidades de artrópodos asociadas a las parcelas de ambos sitios de estudio fue a partir de su abundancia, riqueza, diversidad y grupos funcionales. Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ). Se realizó una curva de rango de especie-abundancia para cada sitio. Se proyectó la riqueza de especies no observadas con el estimador de Chao 2 para cada localidad, el cual está basado en incidencias y utiliza datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra dada (Escalante, 2003). Además, se hizo una curva de acumulación de especies, a partir de un método aleatorio con 100 permutaciones, esta última se elaboró en el programa *R* (R Core Team, 2015) con la paquetería “vegan” (Oksanen *et al.*, 2016).

#### *3.3.2. Comparación de las comunidades por tratamiento agrícola.*

Con la finalidad de comparar la estructura de la comunidad de artrópodos epífitos entre plantas con manejo convencional y orgánico en la parcela del Valle del Yaqui, la riqueza y la abundancia de especies fueron estimadas como el total de morfoespecies y como el número de individuos de cada taxón respectivamente, para cada tratamiento.

Se realizaron pruebas de  $\chi^2$  de independencia para conocer si el grupo funcional tenían relación con el tratamiento agrícola empleado. Por la cantidad de datos obtenidos en nuestro muestreo sólo se definieron dos categorías de grupos funcionales, la primera corresponde a los datos de los depredadores y la segunda denominada “Otros” en donde se agruparon a los siguientes grupos funcionales: fitófagos de bajo y alto efecto y a los parasitoides.

Para comparar la riqueza y la abundancia de la comunidad de artrópodos entre los dos tratamientos (orgánico y convencional), se realizaron pruebas de *t* de Student con el programa STATISTICA versión 8.0. (StatSoft Inc., 2008).

La diversidad se calculó mediante el índice de Shannon-Wiener (usando logaritmo natural; Shannon, 1948) para los dos tratamientos evaluados. El índice se calculó mediante una prueba de  $t$  que permite comparar el índice de diversidad ( $H'$ ) de dos tratamientos diferentes (Zar, 2010).

El análisis para conocer si la composición de especies está relacionada con el manejo agrícola en la parcela del Valle del Yaqui se realizó un Análisis de Coordenadas Principales (PCoA). Posteriormente se probó el valor de significancia mediante la prueba de Adonis (R Core Team, 2015).

Por último, se calculó el valor de equidad de Simpson ( $E$ ) (Begon *et al.*, 2006) de cada uno de los tratamientos mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{D}{D_{max}}$$

donde:

$D$  = Índice de Simpson, con:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$$

y  $D_{max} = S$ .

### *3.4.3. Cambios en la estructura de la comunidad de artrópodos en diferentes etapas del cultivo de algodón.*

Para conocer los cambios en la estructura de comunidad de artrópodos respecto a las etapas del cultivo evaluadas: (1) presencia de flores (junio de 2014), (2) bellotas y flor (julio de 2014) y (3) fibra (agosto de 2014). En agosto también había flores y bellotas, pero en muy baja proporción (< 1%).

La diversidad se comparó mediante un ANOVA de una vía, en tanto que la riqueza ( $S$ ) y la abundancia se evaluaron con modelos lineales generalizados (GLMs, por sus siglas en inglés) con distribución Poisson y función de ligamiento logarítmica, debido a que es la prueba más robusta cuando la variable de respuesta es discreta (O'Hara y Kotze, 2010). Para realizar estos análisis se tomó en cuenta a la comunidad de artrópodos completa.

Del mismo modo, se realizaron GLMs para determinar si había diferencias en la abundancia de artrópodos según su grupo funcional (fitófagos de bajo y alto efecto, polinizadores + parasitoides y depredadores) entre las diferentes fechas de muestreo. De obtener diferencias significativas se realizó la prueba post-hoc de Tukey (Zar, 2010) con ayuda de la paquetería STATISTICA versión 8.0 (StatSoft Inc., 2008).

## IV. Resultados

### 4.1. Comunidad de artrópodos Valle del Yaqui, Son.

En la parcela del Valle del Yaqui se colectaron 30 organismos. Se identificaron 15 UTRs (unidades taxonómicas reconocibles) (Anexo 1). El valor de diversidad fue de  $H' = 0.82$ . La comunidad de artrópodos fue equitativa en cuanto a abundancia de especies (figura 3). Los organismos con mayor abundancia fueron de la clase Arachnida, representada con cinco morfoespecies de las familias Araneidae, Oxyopidae, Philodromidae, Sparassidae y Thomisidae, el segundo grupo más abundante fue el orden Hymenoptera seguido de Coleoptera de la clase Insecta (figura 4). El grupo funcional dominante fueron los depredadores (figura 5).

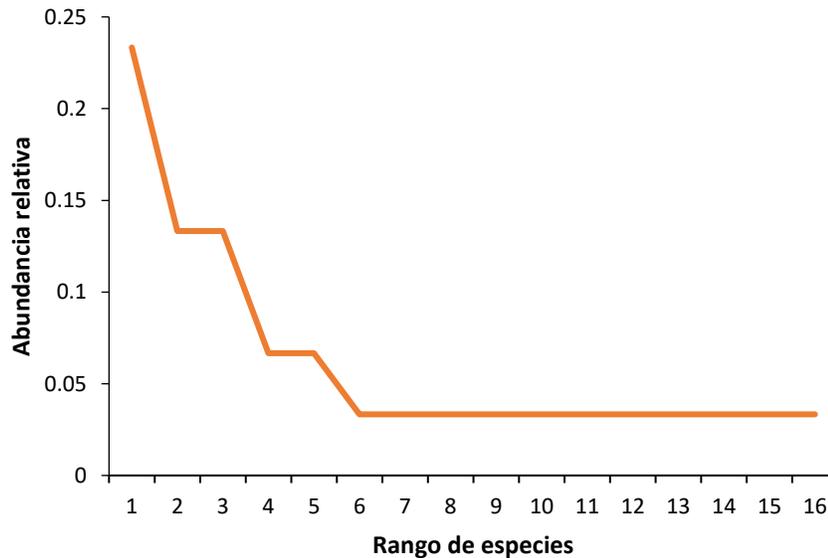


Figura 3. Curva de rango de especies-abundancia de la comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodonero del Valle del Yaqui.

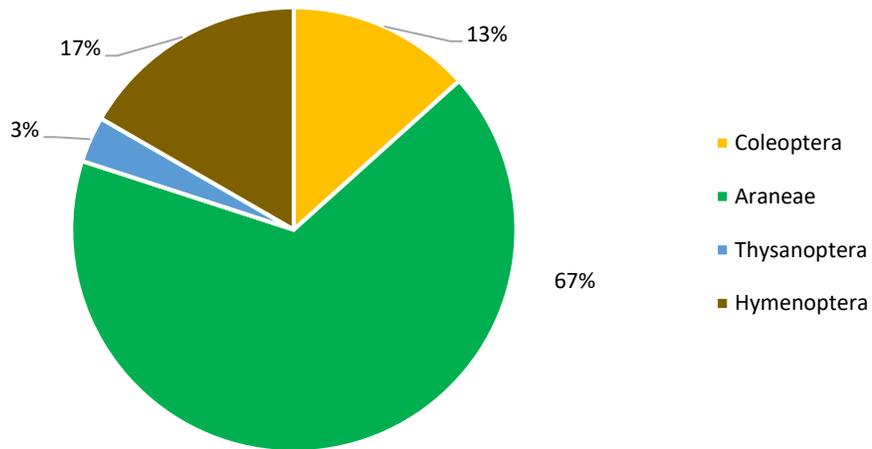


Figura 4. Aportación porcentual de la abundancia de los órdenes taxónomicos de las comunidades de artrópodos asociadas al cultivo de algodón del Valle del Yaqui (30 individuos).

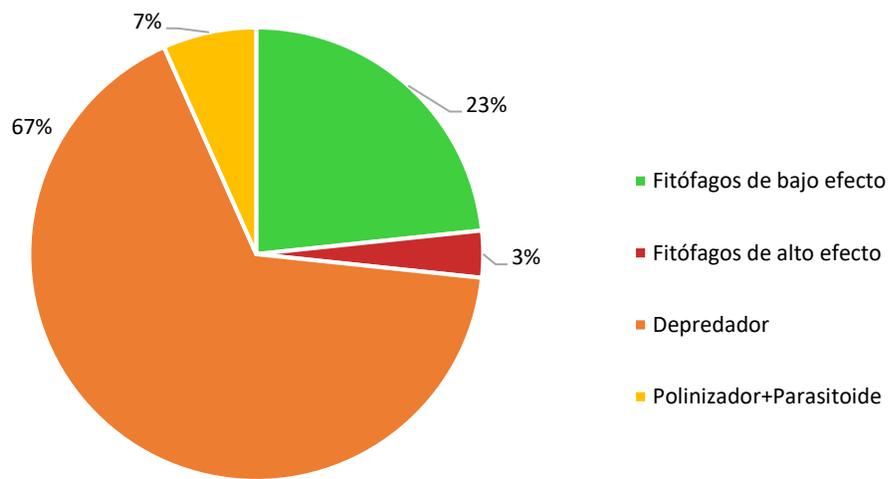


Figura 5. Aportación proporcional de la abundancia de los grupos funcionales de las comunidades de artrópodos asociadas al cultivo algodón del Valle del Yaqui (30 individuos).

Por otro lado, la curva de acumulación de especies no mostró una asíntota (figura 6), además considerando el estimador de Chao 2 ( $43 \pm 26.4$  morfoespecies totales), el muestreo solo abarcó el 35.7% de la riqueza de especies estimada para esta localidad.

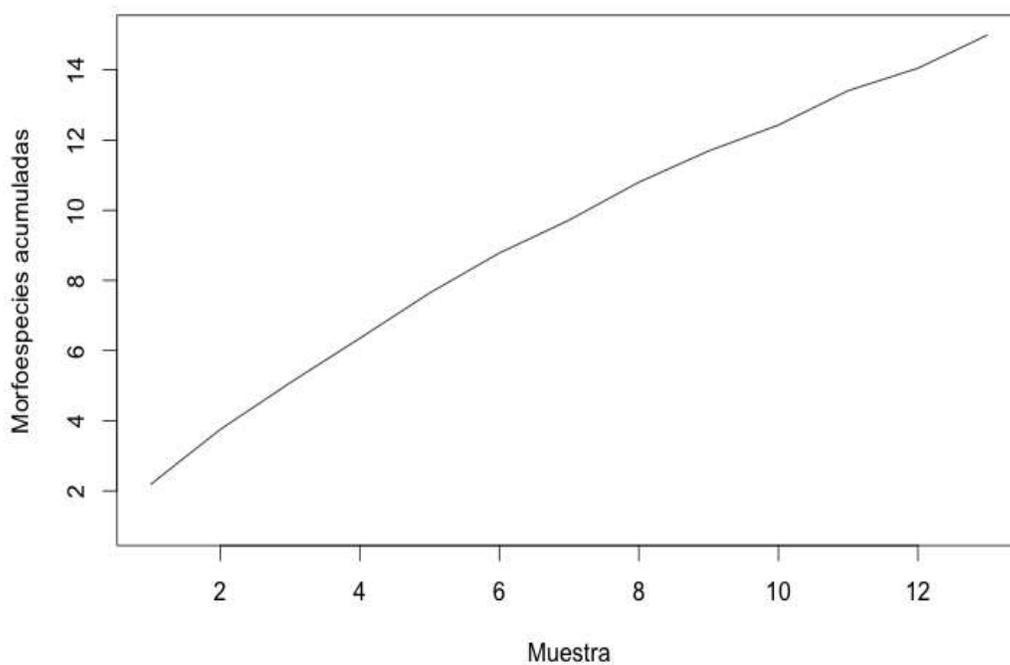


Figura 6. Curva de acumulación de especies de artrópodos asociados al algodón del Valle del Yaqui. Se muestreó el 35% de las especies estimadas (Chao =  $43 \pm 26.4$ ), a partir de 15 especies en 12 muestras.

#### 4.2. Comunidad de artrópodos del Valle de Mexicali, B.C.

En la parcela del Valle de Mexicali se recolectaron 2956 organismos. Se identificaron 86 UTRs (Anexo 2). El valor de diversidad fue de  $H' = 2.11$ . La comunidad de artrópodos de esta parcela presentó una alta dominancia de algunas especies (figura 7). El orden y subórdenes con mayor abundancia fueron: Diptera, Sternorrhyncha (antes Homoptera) y Prosorrhyncha (Hemiptera, chinche común) (figura 8).

La dominancia en la parcela del Valle de Mexicali se debe a la presencia de la mosquita blanca (*B. tabaci*). Del total de organismos recolectados (2,553) en esta comunidad el 51.3% corresponden a esta especie (1,517) (figura 9).

La curva de acumulación de especies para la comunidad de artrópodos del Valle de Mexicali no mostró una asíntota (figura 10), sin embargo y considerando el estimador de Chao 2 ( $111 \pm 11.1$ ), el muestreo abarcó el 77% de la riqueza de especies estimadas.

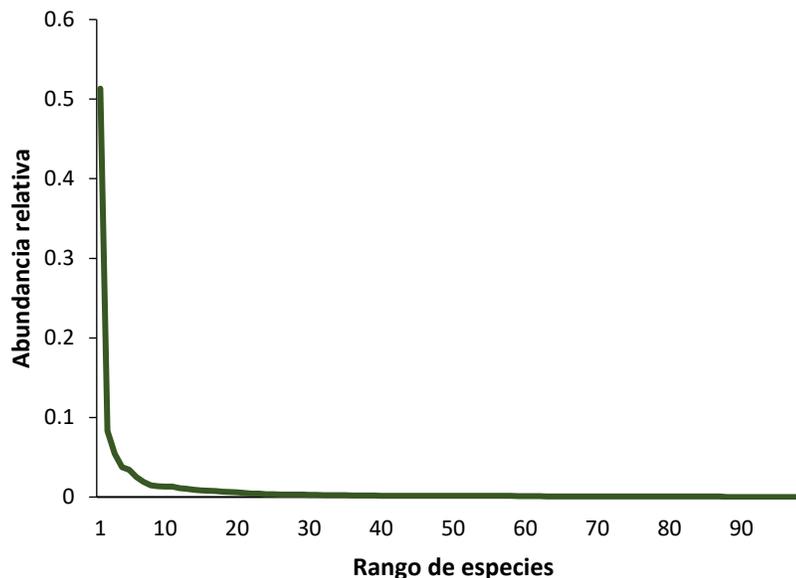


Figura 7. Curva de rango de especies – abundancia de la comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodonerero del Valle de Mexicali.

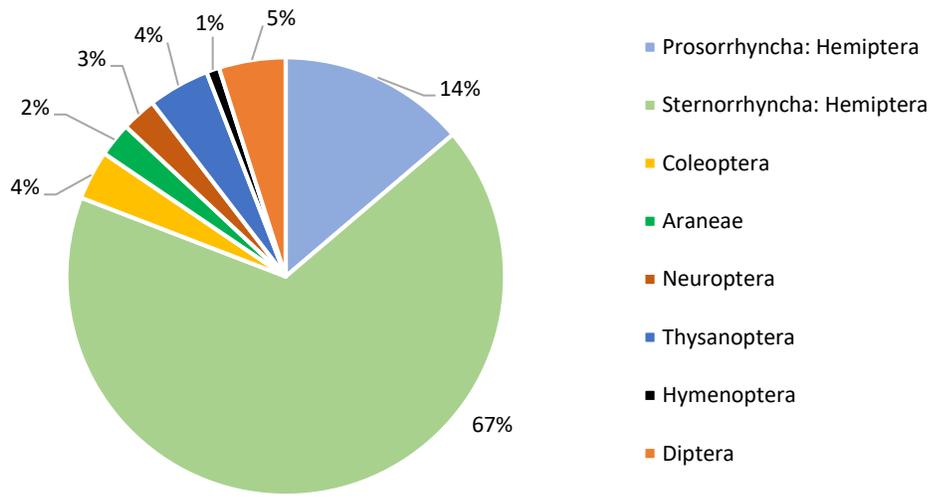


Figura 8. Aportación porcentual de la abundancia de los órdenes taxónomicos de las comunidades de artrópodos asociadas al cultivo de algodón del Valle de Mexicali (2 956 individuos).

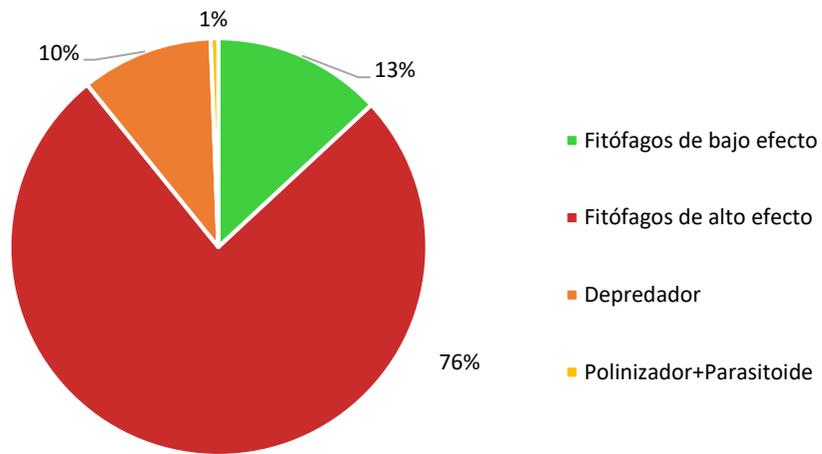


Figura 9. Aportación proporcional de la abundancia de los grupos funcionales de las comunidades de artrópodos asociadas al cultivo algodón del Valle de Mexicali (2 956 individuos).

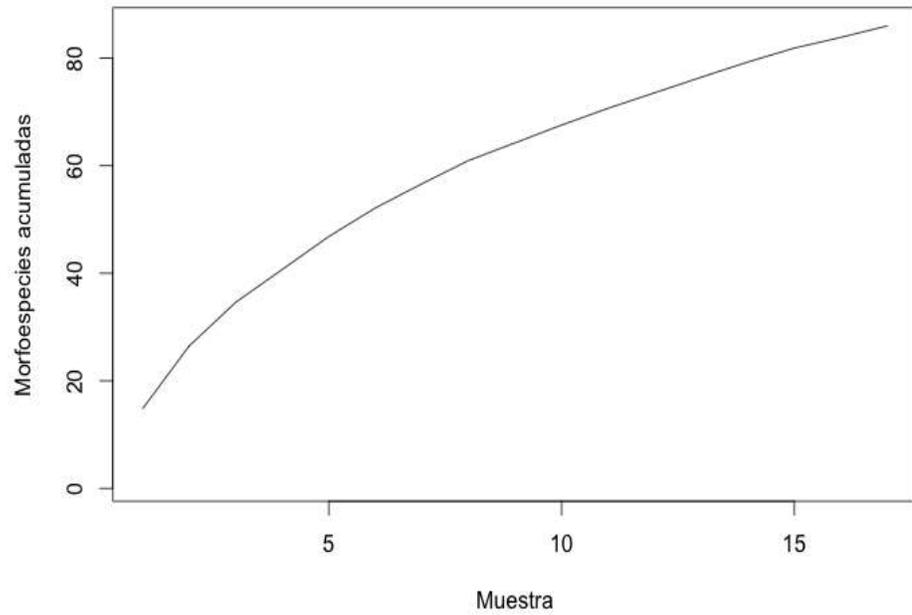


Figura 10. Curva de acumulación de especies del Valle de Mexicali con estimador Chao. Se colectó el 77% de las especies estimadas (Chao =  $111 \pm 11.1$ ), a partir de 87 especies en 17 muestras.

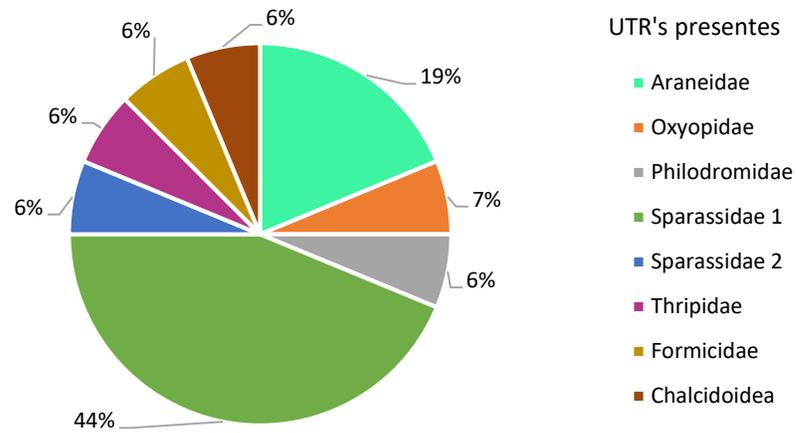
### **4.3. Estructura de la comunidad de artrópodos epífitos entre manejo orgánico y convencional**

En la colecta realizada en la del Valle del Yaqui se obtuvieron 30 ejemplares correspondientes a los órdenes: Araneae, Coleoptera, Hymenoptera y Thysanoptera. De éstos, 16 corresponden al tratamiento convencional y 14 al orgánico.

La riqueza de especies no mostró una notable diferencia entre los dos manejos agrícolas, ya que se registraron ocho y nueve especies correspondientes al tratamiento convencional y orgánico, respectivamente. De éstas, las morfoespecies Araneidae y Formicidae se colectaron en los ambos tratamientos (figura 11).

La diversidad fue el único atributo de la comunidad de artrópodos que mostró diferencias significativas ( $t = 2.12$  g.l.= 28  $P= 0.043$ ) entre los dos tipos de manejo agrícola. El manejo orgánico fue más diverso ( $H' = 0.888$ ) en comparación al convencional ( $H' = 0.745$ ), mientras que la riqueza y la abundancia (por planta de algodón) no presentaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 2). Por otro lado, los resultados del índice de equidad de Simpson, nos muestran que la comunidad de artrópodos asociadas a un manejo orgánico es más equitativa ( $E= 0.73$ ) que la presente en un manejo convencional ( $E= 0.50$ ), esto también se puede observar en las aportaciones proporcionales de las abundancias de los diferentes URTs para cada caso (figura 11).

### Manejo convencional



### Manejo orgánico

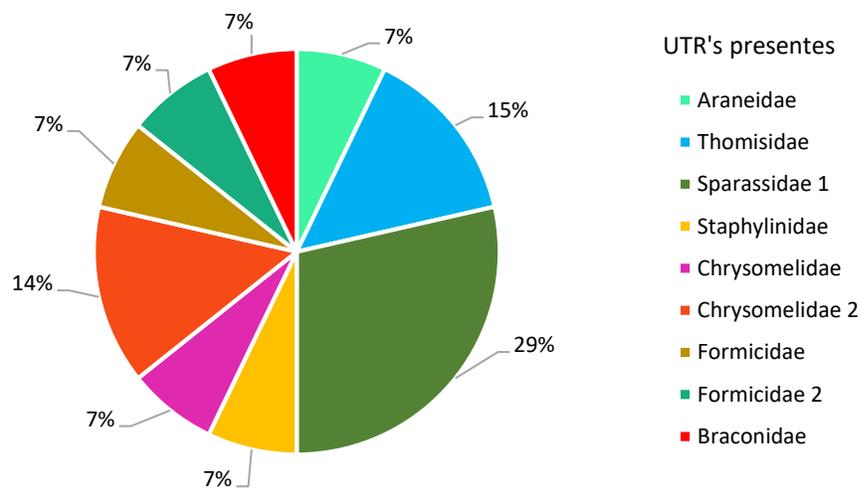


Figura 11. Aportación proporcional de la abundancia de familias de artrópodos asociadas al cultivo algodónero bajo el manejo convencional (16 individuos) y orgánico (14 individuos). En el tratamiento convencional se muestra dominancia de las morfoespecies Sparassidae (44%) y Araneidae (19%). Mientras que en el tratamiento orgánico la estructura de la comunidad es equitativa.

**Cuadro 2. Prueba *t* de Student. Efecto del tratamiento agrícola convencional y orgánico sobre la riqueza (*S*) y abundancia de la comunidad de artrópodos asociada a *G. hirsutum*.**

	Cultivo convencional	Cultivo orgánico	<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
<b>Riqueza (<i>S</i>)</b>	1.71 ± 0.35	2.16 ± 0.47	0.77	11	0.45
<b>Abundancia</b>	2.28 ± 0.64	2.33 ± 0.42	0.05	11	0.95

**Abundancia de grupos funcionales.** La frecuencia de organismos de cada grupo funcional no depende del manejo agrícola (orgánico y convencional) ( $\chi^2 = 3.31$ , g.l. = 1,  $P = 0.07$ ; figura 12). Al agrupar los datos, los depredadores constituyen el 80% de los ejemplares en el manejo convencional (Araneidae, Oxyptidae, Philodromidae y Sparassidae), mientras que en el algodón orgánico cada categoría (Depredadores y Otros) mostraron el 50% de los ejemplares (figura 12).

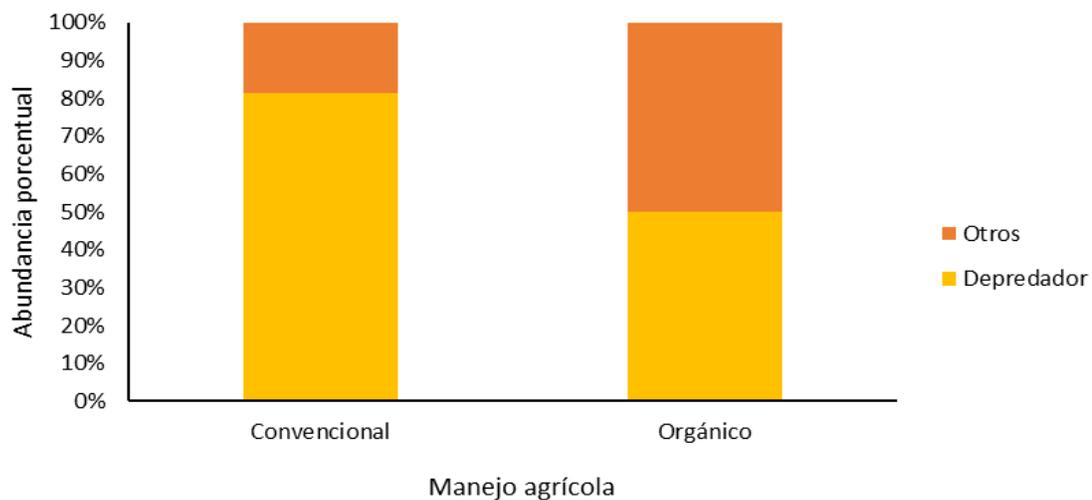


Figura 12. Abundancia porcentual de artrópodos según su grupo funcional asociados al cultivo algodónero bajo un manejo convencional (16 individuos.) y orgánico (14 ind.). La categoría “Otros” incluye a los fitófagos con alto y bajo efecto, polinizadores y parasitoides.

**La composición de la comunidad de artrópodos.** Los resultados obtenidos de la Prueba de Adonis, derivada del Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) no mostró una diferencia significativa ( $P = 0.24$ ) en la composición de artrópodos presentes en el manejo orgánico y convencional evaluados (figura 13).

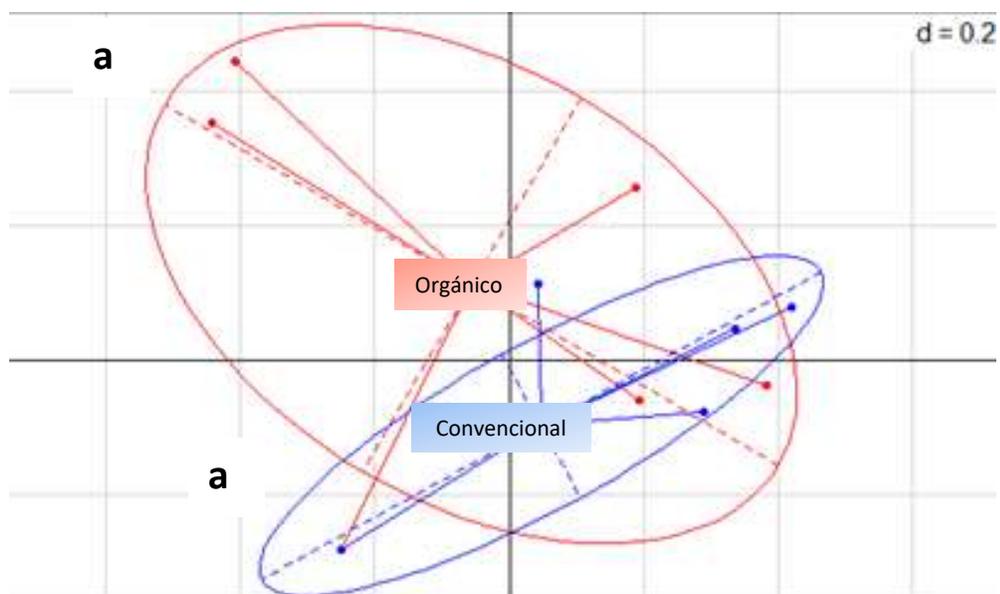


Figura 13. Comparación de la composición de las comunidades de artrópodos asociados al cultivo algodónero bajo dos tratamientos agrícolas (orgánico y convencional) a partir de un Análisis de Coordenadas Principales (PCoA). Cada planta registrada se representa con un punto. Los rojos pertenecen a las plantas con tratamiento orgánico y los azules a las plantas con tratamiento convencional. Letras diferentes denotan diferencias significativas con base en la prueba Adonis ( $F = 1.15$ , g.l. = 1,11  $P = 0.249$ ).

### 4.3 Comunidad de artrópodos asociada a las etapas de desarrollo del cultivo algodonero

La riqueza de especies en la etapa de flor (que corresponde al mes de junio) y la etapa de flores + bellotas (correspondiente a julio) fueron muy similares. Hubo una diferencia de cuatro especies entre estas etapas (figura 14). Sin embargo, es notable que la etapa de flor (junio) presentó mayor número de especies exclusivas, registrando 26; mientras que julio (flores + bellotas) sólo presentó 22 especies únicas (figura 14). En cuanto a las especies compartidas, las etapas que presentaron el mayor número fueron las correspondientes a junio y julio (flor y flor+bellotas, respectivamente; 34 especies), siendo altamente diferentes a las especies compartidas en julio y agosto (flor+bellotas y fibra; una especie), inclusive a las que estuvieron presentes durante los 3 meses evaluados (2 especies). Con lo anterior podemos ver que la riqueza de especies fue mayor en el primer mes y conforme al desarrolló del cultivo, la riqueza se redujo muy poco y en el tercer mes se presentó el mayor decremento (figura 14).

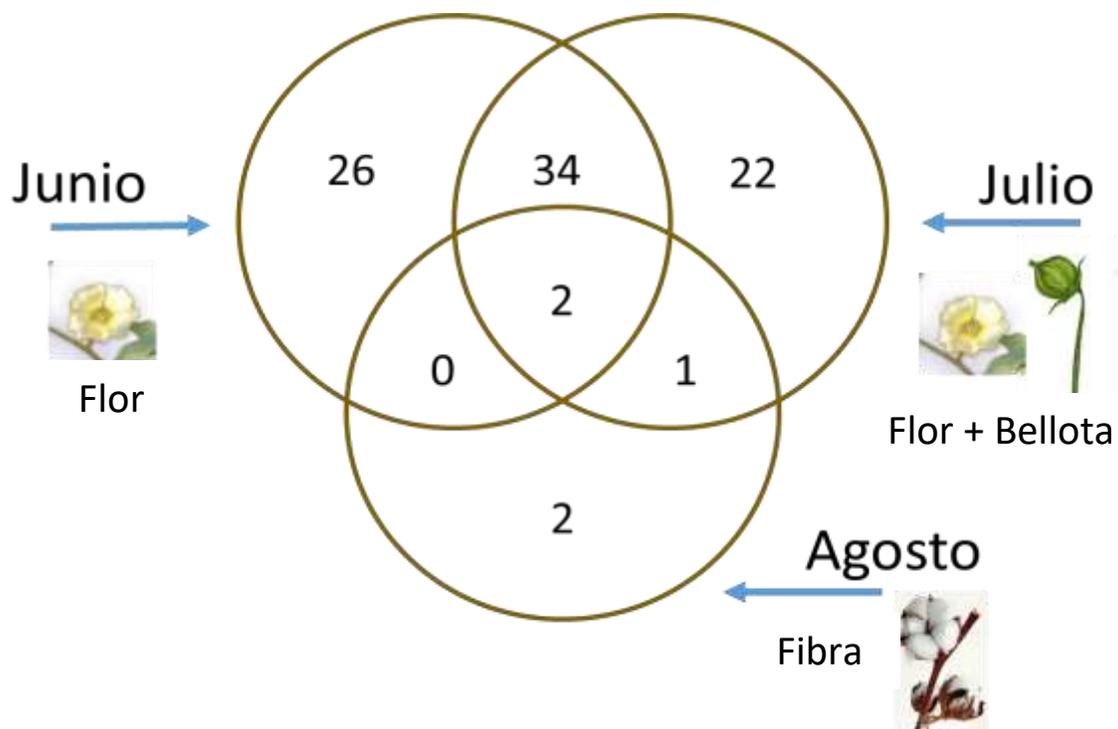


Figura. 14. Diagrama de Venn de la riqueza específica de los artrópodos asociados a tres etapas del desarrollo del cultivo algodonero y del número de las especies compartidas, correspondientes a junio, julio y agosto. Las flechas indican el mes de muestreo y la etapa fenológica del cultivo. Se registró un total de 87 especies.

De la misma manera, la riqueza entre las fechas de muestreo resultaron ser diferentes significativamente (GLM:  $P < 0.05$ ; g.l. = 4; Devianza = 82.88). Los dos muestreos realizados en junio fueron diferentes al realizado en agosto. Acorde con el calendario del manejo agrícola, al aplicar el insecticida en tres ocasiones, la riqueza de especies disminuye; es por ello que sugerimos que éste parece tener un efecto negativo sobre este atributo de la comunidad de artrópodos asociadas a cultivos algodoneros (figura 15).

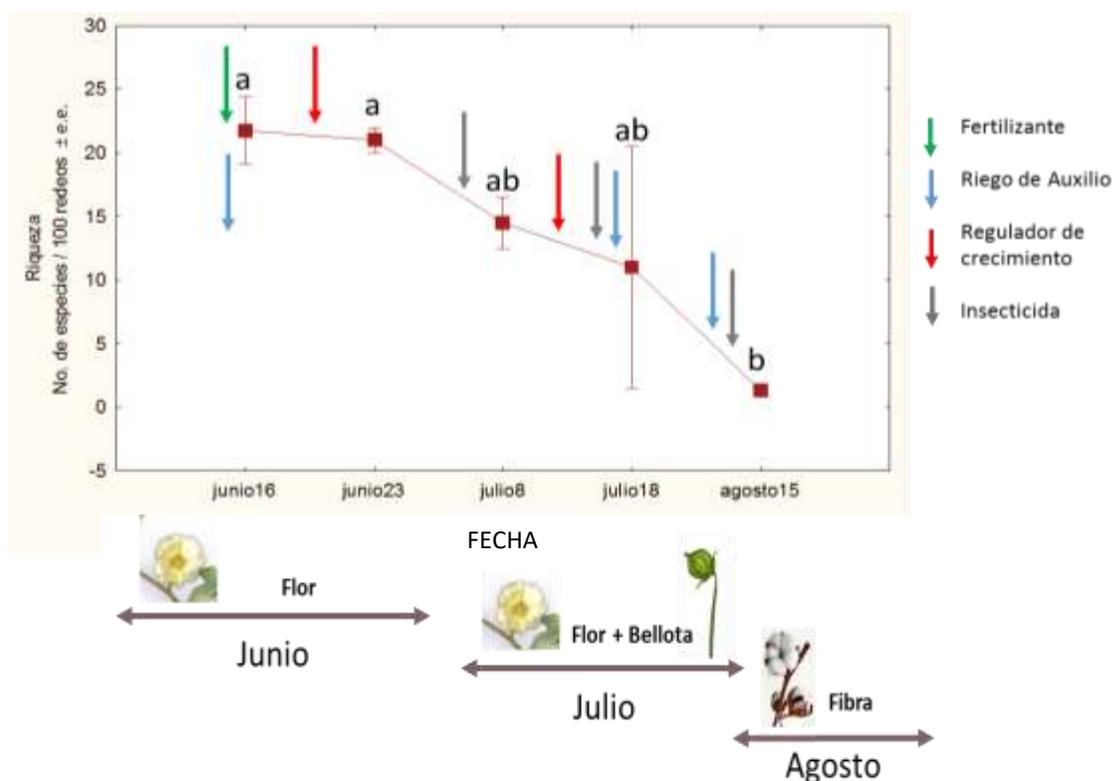


Figura 15. Riqueza ( $\pm$  e.e.) de artrópodos asociados al cultivo algodonero del Valle de Mexicali en cinco fechas de muestreo. Con base en la prueba de Tukey, letras diferentes denotan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Las flechas de colores muestran los diferentes eventos a los que fue sometido el cultivo de 2014. En la parte inferior se muestran los diferentes estadios de desarrollo de las estructuras reproductivas que se presentan a lo largo de los meses evaluados.

Por otra parte, se encontró un efecto significativo de la fecha sobre la abundancia de artrópodos (GLM:  $P < 0.05$ ; g.l. = 4; Devianza = 1239.79) y, aunque los análisis de comparación múltiple (Tukey y Fisher) no detectaron diferencias entre fechas (figura 16), en julio (*i.e.* bellotas) se presentó la mayor abundancia (1511 ind) y en agosto el valor más bajo (12 ind).

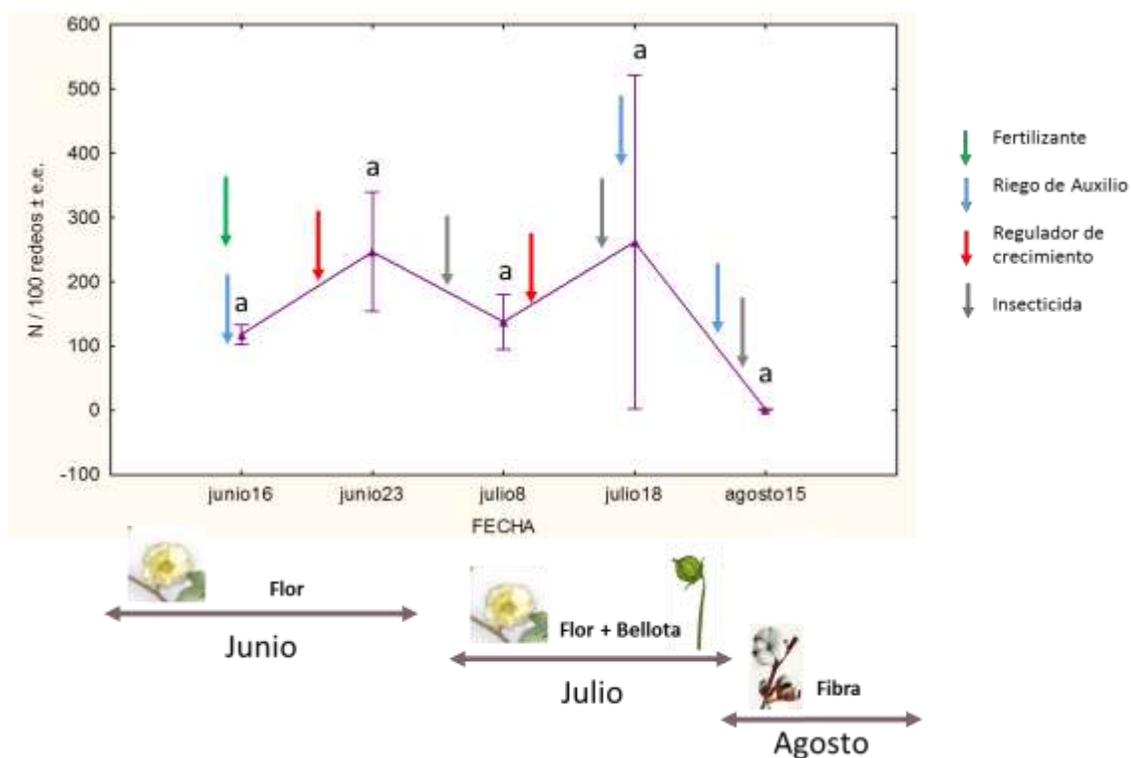


Figura 16. Variación temporal de la abundancia ( $\pm$  e.e.) de artrópodos asociados al cultivo algodonero del Valle de Mexicali en cinco fechas de muestreo. Las letras diferentes denotan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con base en la prueba de Tukey. Las flechas de colores muestran los diferentes eventos a los que fue sometido el cultivo de 2014. En la parte inferior se muestran los diferentes estadios de desarrollo de las estructuras reproductivas que se presentan a lo largo de los meses evaluados.

Se encontró un efecto significativo de las fechas de colecta sobre la  $H'$  de artrópodos ( $F_{4,12} = 6.30, P < 0.05$ ). La diversidad decreció conforme avanzó el ciclo de cultivo. El valor de  $H'$  obtenido en el muestreo realizado el 16 de junio ( $H' = 2.307 \pm 0.139$ ) fue significativamente mayor a los registrados en julio 18 y agosto 15 ( $0.677 \pm 0.199$  y  $0.21 \pm 0.212$  respectivamente) (figura 17). La diversidad refleja relación con el estado del cultivo, siendo que a mediados del cultivo (junio) donde hay presencia de flores la diversidad de artrópodos es mayor y conforme el cultivo avanza la disponibilidad de estos recursos se reduce viéndose el decremento en la diversidad de artrópodos. Por otro lado, se sugiere que el manejo agrícola puede tener efecto sobre la comunidad de artrópodos asociados, puesto que después de cada intervención agrícola (e.g. insecticidas y regulador de crecimiento) hubo un decremento en la diversidad de especies (figura 17).

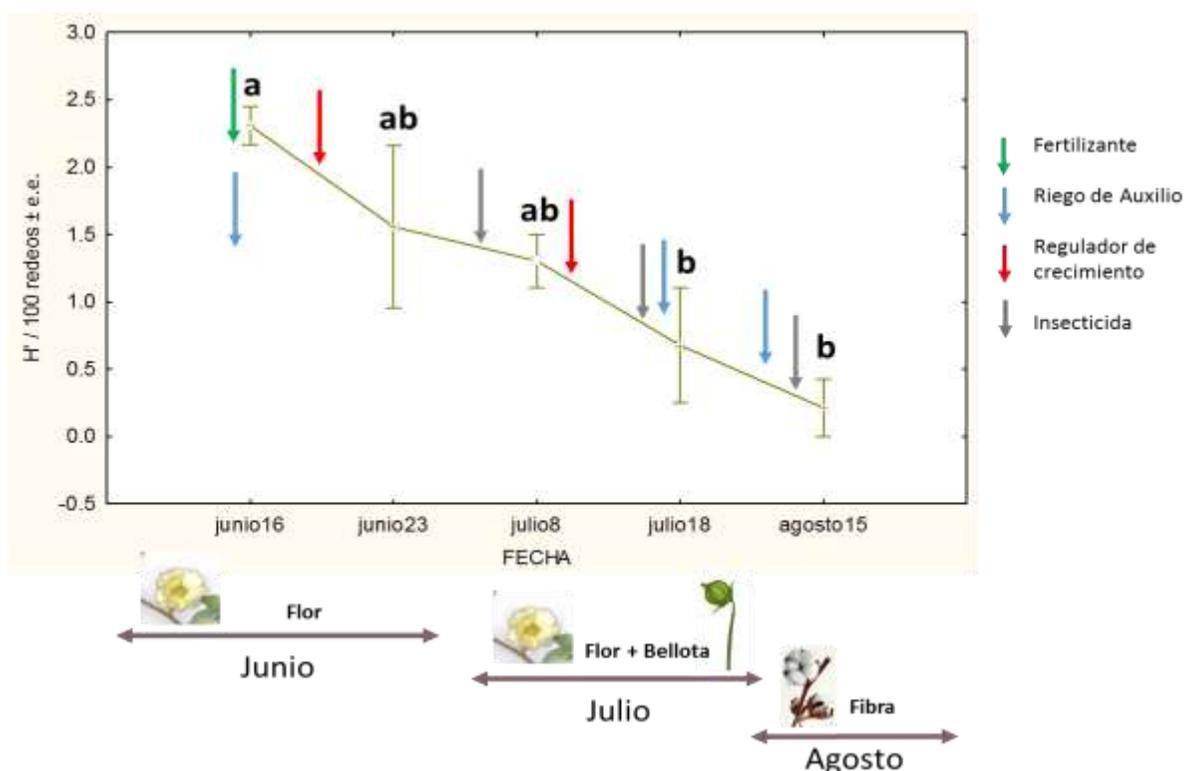


Figura 17. Diversidad ( $H'$ ) ( $\pm$  e.e.) de artrópodos asociados al cultivo algodonero del Valle de Mexicali en cinco fechas de muestreo. Con base en la prueba Tukey, las letras diferentes denotan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Las flechas de colores muestran los diferentes eventos a los que fue sometido el cultivo de 2014. En la parte inferior se muestran los diferentes estadios de desarrollo de las estructuras reproductivas que se presentan a lo largo de los meses evaluados.

Al analizar la abundancia por grupo funcional se encontró que la abundancia de fitófagos (con bajo y alto efecto) y los depredadores fueron afectados significativamente por las fechas de muestreo ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4). Aunque el GLM nos reportó un efecto temporal, el análisis de comparación múltiple no nos permitió determinar las diferencias entre las fechas en ningún caso. Se puede suponer que los resultados obtenidos derivan del efecto del calendario del manejo agrícola. Por otro lado, las fechas de muestreo no tuvieron un valor significativo en la abundancia de los polinizadores + parasitoides (Cuadro 4).

El calendario del manejo agrícola nos permite sugerir tendencias importantes, por ejemplo, que las aplicaciones de regulador de crecimiento (figura 18, flecha roja) favorecen el aumento poblacional de los fitófagos de bajo y alto efecto y los polinizadores + parasitoides (figura 18 a, b y d). Por otro lado, las aplicaciones de insecticida (figura 16, flecha gris) pueden afectar la abundancia de todos los grupos funcionales evaluados (figura 18 c y d). Sin embargo, nuestros resultados nos permiten proponer que la abundancia de poblaciones de fitófagos con alto efecto son las que se recuperan más rápido que el resto (figura 18 b).

**Cuadro 4. Resultados de los GLMs para comparar la abundancia de los grupos funcionales entre fechas de muestreo**

<b>Factor</b>	<b>Grupo funcional</b>	<b>g.l.</b>	<b>Devianza</b>	<b><i>P</i></b>
Fecha de muestro	Fitófagos de bajo efecto	4	183.75	< 0.001
	Fitófagos de alto efecto	4	1090.87	< 0.001
	Depredadores	4	113.88	< 0.001
	Polinizadores+ parasitoides	4	6.56	0.16

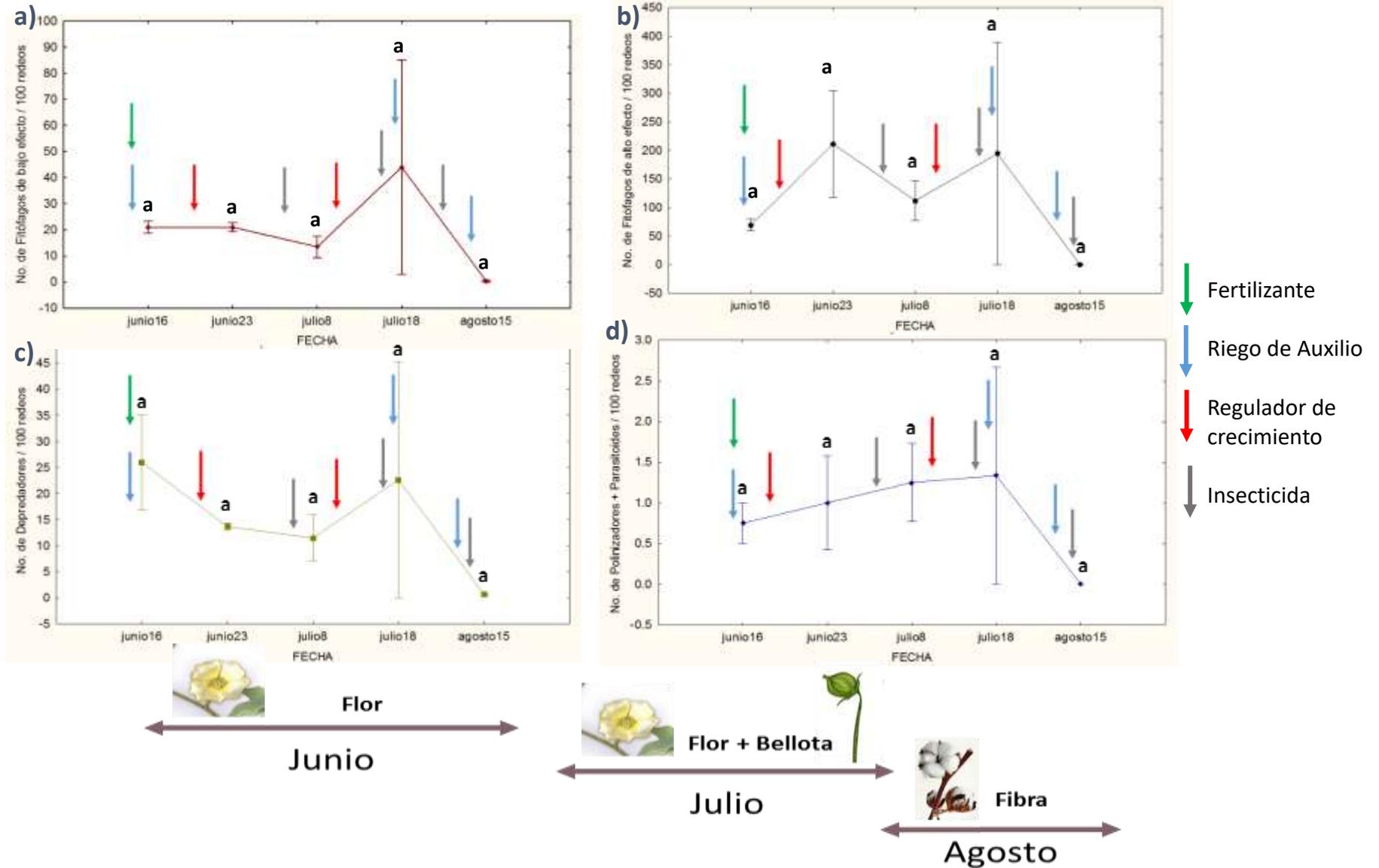


Figura. 18. Abundancia ( $\pm$  e.e.) de los diferentes grupos funcionales asociados al cultivo algodonnero del Valle de Mexicali: (a) fitófagos de bajo efecto, b) fitófagos de alto efecto, c) depredadores y d) polinizadores + parasitoides), en cinco fechas de muestreo. Las letras diferentes denotan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con base en la prueba de Tukey. Las flechas de colores muestran los diferentes eventos a los que fue sometido el cultivo de 2014. En la parte inferior muestran los diferentes estadios de desarrollo de las estructuras reproductivas que se presentan a lo largo de los meses evaluados.

## V. **Discusión y conclusiones**

### **5.1 Comunidad de artrópodos asociada al cultivo algodonnero en el Valle del Yaqui y el Valle de Mexicali**

De los pocos trabajos donde se ha estudiado de forma holística la entomofauna asociada a *G. hirsutum* en los estados de Baja California y Sonora está el trabajo de Santana-Espinoza *et al.* (2015). Ellos evaluaron la comunidad de insectos asociados a cultivos de algodón genéticamente modificados en los principales estados productores del norte del país (Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango y Sonora). En Baja California y Sonora registraron ocho órdenes de insectos, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera y Thysanoptera, las cuales, con excepción de Orthoptera también registramos en nuestros datos.

En el caso específico de la familia Aleyrodidae (Sternorrhyncha), a la cual pertenece la mosquita blanca (*B. tabaci*) considerada plaga secundaria en cultivos algodonneros y que en este trabajo representó el 51.3% de los organismos recolectados en el cultivo convencional del Valle de Mexicali, B.C. (figura 9), contrasta de forma importante con lo reportado en el cultivo de algodón genéticamente modificado (GM) en Baja California, en donde esta misma especie solo representó el 1.2% de la entomofauna colectada para este estado (Santana-Espinoza *et al.*, 2015). Por otro lado, en el cultivo GM en Sonora la abundancia de mosquita blanca fue del 14.6% del total de organismos recolectados (Santana-Espinoza *et al.*, 2015).

Otros trabajos realizados a nivel mundial de la entomofauna asociada a cultivos de algodón GM han reportado lo siguiente. En la India, Sabesh (2007) y MEF (2011) colectaron 10 órdenes, por su parte Men *et al.*, (2003) reportaron nueve órdenes en China; en Texas se reportaron seis órdenes de insectos depredadores (Frank y Slosser, 1996) y en Australia 10 órdenes (Whitehouse *et al.*, 2005). Los órdenes taxonómicos registrados para los trabajos anteriores fueron: Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera, Hymenoptera, Diptera, Neuroptera, Orthoptera, Lepidoptera y Embiidina. Comparando con lo anterior, para este

estudio en ambos sitios se colectaron los órdenes anteriormente mencionados con excepción de Orthoptera y Embiidina.

Uno de los objetivos de esta investigación fue evaluar no solo a los insectos sino a todos los artrópodos asociados a *G. hirsutum*, por lo tanto, otra clase registrada fue Arachnida, la cual es importante por su función dentro del agroecosistema como fauna benéfica, sin embargo, la función como agentes de control de plagas es desconocido y en ocasiones subestimado (Nyffeler *et al.*, 1990). Los países en donde se ha registrado la importancia de las arañas como control biológico en cultivos de manzano, cítricos y algodón es Israel (Mansour *et al.*, 1980, 1985, 1986) y en Estados Unidos se ha reportado que especies de arañas importantes en el control de las principales plagas del algodón pertenecientes a las familias Oxyopidae, Theridiidae, Lycosidae y Uloboridae (Nyffeler, *et al.*, 1987, 1988, 1989; Hayes y Lockley, 1990). De las familias anteriormente mencionadas con excepción de Uloboridae estuvieron presentes en este estudio para la parcela del Valle de Mexicali y en las parcelas del Valle del Yaqui.

Las curvas de acumulación de especies realizadas para cada una de las localidades (Valle del Yaqui y Valle de Mexicali) no registraron una asíntota (figura 6 y 10), lo cual sugiere que al aumentar el esfuerzo de muestreo se obtendrá una muestra más representativa. Asimismo, los estimados de Chao 2 señalan que la comunidad de artrópodos colectada en el Valle de Mexicali es más representativa (77%) en comparación con la comunidad del Valle del Yaqui (35.7%). Consideramos que este trabajo fue un buen esfuerzo como primer acercamiento holístico de la comunidad de artrópodos asociados al cultivo algodónero, ya que se encontraron los mismos órdenes que reporta investigaciones previas para la entomofauna (Boguslawski y Basedow, 2001), y de los arácnidos (Hayes y Lockley, 1990) asociados a este sistema.

## **5.2 Efecto del tratamiento agrícola convencional y orgánico**

La riqueza y la abundancia no fueron significativas entre ambos tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, la diversidad ( $H'$ ) presentó diferencias significativas entre los manejos agrícolas ( $P = 0.043$ ), la cual fue mayor con manejo orgánico ( $H' = 0.888$ ), lo cual coincide con investigaciones previas que mencionan que un cultivo con manejo orgánico favorece mayor diversidad de artrópodos (Hole *et al.*, 2005). Se puede proponer que el tratamiento orgánico favoreció el establecimiento de un mayor número de entidades taxonómicas asociadas al cultivo y con ello una mayor equidad en sus abundancias (Boguslawski y Basedow, 2001). Entre los factores que pudieron beneficiar la diversidad son la presencia de malezas, ya que como otros autores mencionan que al evitar el uso de agroquímicos en este sistema se propicia el crecimiento de malezas, ocasionando una estructura de vegetación más heterogénea (Outward *et al.*, 2008; Montañez, 2014), lo cual genera una mayor variedad de microclimas con condiciones favorables para el refugio y alimentación de un amplio rango de especies de artrópodos (Montañez, 2014).

En este trabajo se apreció una notable dominancia de la comunidad de artrópodos en el tratamiento convencional como se esperaba, sin embargo, esto fue ocasionado por dos morfoespecies de arañas, una de la familia Sparassidae (44%) y una morfoespecie de la familia Araneidae (19%) (figura 11). Estos resultados contrastan con los registrados por Hole *et al.*, (2005) y Montañez (2014), ya que ellos encuentran una mayor dominancia de depredadores en los cultivos orgánicos, en comparación con los convencionales.

En la composición de especies no se observaron diferencias significativas (figura 13), lo cual señala que a esta escala espacial no se observan diferencias. Ya que se menciona que la comunidad de artrópodos asociada a cultivos de cereales y frutales cambia según la escala en la que se estudie, así como al manejo agrícola al que se someta la planta (Montañez, 2014).

### 5.3 Comunidad de artrópodos asociada al desarrollo del cultivo algodónero

La riqueza y abundancia de la comunidad de artrópodos asociadas al cultivo algodónero presentó una dinámica cambiante a lo largo de los estados del cultivo analizados (figura 15 y 16). Se ha reportado que entre los principales factores que provocan dicha dinámica son el clima, el manejo agrícola (riego y aplicación de agroquímicos), así como la etapa de desarrollo en la que se encuentre la planta (Polak *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos en cuanto a riqueza, abundancia y diversidad a lo largo del periodo evaluado indican que la mayor abundancia y diversidad de artrópodos estuvo en junio (*i.e.* flores) (figura 16 y 17), esto nos sugiere que en la mitad del ciclo de cultivo (*i.e.*, junio, considerando desde la siembra de semillas) es mayor el número de microhábitats y la disponibilidad de recursos. Los resultados de este trabajo sugieren que la dinámica de la comunidad puede estar estrechamente ligada con el manejo agrícola, como lo proponemos con el regulador de crecimiento para este estudio, el cual actúa sobre los meristemas apicales de la planta, anula el crecimiento apical y fomenta un incremento en la producción de hojas, teniendo como resultado más biomasa que está relacionada con el aumento de la abundancia de ejemplares de diferentes grupos funcionales, por ejemplo en el algodónero se pueden presentar hasta seis grupos funcionales (fitófagos de bajo y alto efecto, parasitoides, depredadores, polinizadores y vectores) (Pires *et al.*, 2011; Sosa y Vitti, 2003). En este estudio se observó que después de las fechas en la que el regulador de crecimiento se aplicó incrementó la abundancia de artrópodos, principalmente de los fitófagos de alto y bajo efecto, mientras que las poblaciones de depredadores bajaron (figura 18 a, b y c). Posteriormente y como parte del manejo de estos agroquímicos, se aplicó insecticida para atacar a las plagas secundarias que son la mosquita blanca (*B. tabaci*) y la chinche del género *Lygus*. Sin embargo, estos productos también afectan negativamente a la fauna benéfica (*i.e.*, depredadores y polinizadores) (BAYER, 2012).

Nuestras observaciones sugieren que las aplicaciones de insecticidas son las que generan una gran dispersión de nuestros datos, como fue el caso del 18 de julio, en donde

los valores registrados variaron entre 0 y 500 individuos. Lo cual se puede atribuir a que las aplicaciones de los insecticidas son muy heterogéneas en tiempo de su aplicación y su distribución en el cultivo. Ya que, por un lado, la fecha de aplicación depende de la presencia y densidad de artrópodos plaga y el juicio del técnico, mientras que la homogeneidad de la aplicación de los productos (en la extensión del cultivo) dependen del tipo del equipo utilizado y el error humano. Investigaciones anteriores en cultivos de tomate y melón demuestran que al no haber una homogeneidad espacial de la parcela en las aplicaciones de algunos insecticidas pueden generar problemas de plagas (Chirinos y Geraud-Pouey, 1996).

No se observó un notable efecto de las etapas de desarrollo de las estructuras reproductivas del cultivo (flores, flores + bellotas y fibra) sobre los atributos de la comunidad. Ya que se esperaba una mayor riqueza y diversidad de artrópodos en julio por que se presenta una mayor variedad de recursos (flor y bellota) (Schoonhoven *et al.*, 1998). Sin embargo, sugerimos que la variación de los atributos de la comunidad y de los grupos funcionales es resultado de la interacción del manejo agrícola y de la fenología de las estructuras reproductivas, siendo que el primero probablemente tiene una mayor influencia. Para comprobar nuestras hipótesis se requieren de estudios que prueben estas hipótesis.

Dentro de las propiedades de una comunidad está el recambio de especies, que se debe a los diferentes disturbios que se pueden presentar durante el desarrollo del agroecosistema, así como la cronología de los estadios de vida de los diferentes organismos que integran a la comunidad, es por ello que siempre hay una pérdida (extinción local) y ganancia de especies (colonización) (Begon *et al.*, 2006). Esto lo pudimos observar en la diversidad de artrópodos en el cultivo, la cual tuvo un decremento conforme al desarrollo del mismo (figura 17), por ejemplo, en junio (cuando en el cultivo dominaba la etapa de flor) y julio (en donde dominaban flores y bellotas a la vez), se apreció un 25% de cambio de especies (figura 14), lo cual no afectó la abundancia y funcionalidad de los artrópodos.

El grupo funcional más abundante en las tres etapas de desarrollo del cultivo (flores, flores + bellotas y fibra) fueron los organismos plaga (fitófagos de alto efecto) y otros fitófagos, ente los que sobresalen por su abundancia son la mosquita blanca (*B. tabaci*) y los trips, consideradas como plagas secundarias en el algodónero (BAYER, 2012). En contraste, los menos abundantes fueron los parasitoides, polinizadores y depredadores (figura 18).

Por un lado, la alta abundancia de las poblaciones de organismos plaga en los cultivos (fitófagos de alto efecto) ya se ha observado anteriormente. Schütz y colabores (2008) discuten que esto se debe principalmente al manejo agrícola, es decir, el uso de fertilizantes, herbicidas minerales y los altos niveles de nitrógeno proporcionado a la planta, lo cual beneficia el crecimiento de las poblaciones de estos insectos, en especial el N, ya que es una de las principales sustancias nutritivas para éstos (Bado *et al.*, 2002). Otros factores que explican la alta abundancia de estos organismos es su corto ciclo de vida, tipo de reproducción y de alimentación, puesto que no depende de un estadio específico de la planta para llevar a cabo estas actividades (Schoonhoven *et al.*, 1998; Borror *et al.*, 2005).

A lo largo del desarrollo del cultivo no se presentaron las especies consideradas como plagas primarias o de importancia económica en el algodónero, como son: el picudo del algodón, el gusano rosado *Pectinophora gossypiella* (Saunders), el gusano bellotero *Helicoverpa zea* (Boddie) y el gusano tabacalero *Heliothis virescens* (Fabricius) (Martínez, 2016). Lo anterior lo atribuimos a las prácticas de manejo integrado que se han desarrollado en el norte del país desde hace más de una década, una de ellas es el Manejo Integrado de Plagas (MIP). El cual es un sistema de protección de cultivos, orientado a mantener a las plagas en niveles que no causen daños económicos, todo esto mediante agentes de control biológico, prácticas agronómicas, medidas físicas, mecánicas y la utilización de estímulos que determinan el comportamiento de los insectos (atrayentes y repelentes) (Martínez, 2016). Siguiendo con lo anterior también se han desarrollado medidas de protección fitosanitarias, las cuales consisten en (1) trapeo y muestreo; (2) control cultural (cumplir con fechas de siembra, defoliación, cosecha, desvare y barbecho), y (3) el control químico, en donde solo se usan los plaguicidas autorizados con base en la densidad de las plagas

(Martínez, 2016; Palomo *et al.*, 2014). Además de lo anteriormente mencionado, se realiza una rotación de cultivos, esto con el propósito de romper el estado generacional de algunos insectos (Perry, 1997). Así mismo se lleva a cabo la siembra temprana de cultivos-trampa y trampas con feromonas, la cual se hace de 30 a 60 días antes de la siembra comercial (Palomo *et al.*, 2014).

Otro factor importante por el cual nosotros no registramos la presencia de algunas plagas del algodón como *Anthonomus grandis* es su distribución geográfica, éste se distribuye en los estados de Oaxaca, Coahuila y Sonora, pero no en Baja California (Reyes-Rosas, 2007).

La escasa abundancia de organismos en agosto se puede justificar por el fin del ciclo de cultivo que representa una escasa disponibilidad de recursos, y por el uso de defoliantes que facilitan la cosecha, estos productos actúan acelerando la maduración de las hojas y frutos aún presentes en la planta (Devine *et al.*, 2008).

Es preocupante la escasa abundancia de polinizadores, ya que ecológicamente hablando estos organismos son indicadores del buen funcionamiento y dinámica de la comunidad (Schoonhoven *et al.*, 1998; Borrór, 2005). En el campo agronómico también es indispensable contar con ellos, ya que se ha visto que la presencia de polinizadores aumenta el número de frutos (*fruit set*) del cultivo, y con ello la producción en general, mientras que la ausencia de estos organismos podría generar pérdidas económicas importantes (Schoonhoven *et al.*, 1998; Pires *et al.*, 2011). Sin embargo, en cultivos de algodón la presencia de los polinizadores (*i.e.*, abejas) no son fundamentales para la polinización, puesto que la planta principalmente se autopoliniza, pero aún con ello hay estudios en donde se ha observado que en presencia de estos, aunque sea en baja densidad (10 individuos en promedio por hectárea) si mejora la producción y favorece la recombinación genética que provee mayor variabilidad genética en la población, asegurando su resistencia a eventos estocásticos. La presencia de los polinizadores está determinada por la temperatura, humedad y tratamiento agrícola en el cultivo (Rhodes, 2002). Un ejemplo a lo anterior es Estados Unidos en donde se han introducido abejorros del género *Bombus* y

abejas del género *Apis* en diferentes cultivos, entre ellos el algodón, y se ha observado un aumento en la producción (Ruiz-Montoya y Castro-Ramírez, 2006; Reyes-Rosas *et al.*, 2007).

Al hacer una comparación de forma amplia en donde se incluye a la comunidad completa de artrópodos asociados a *G. hirsutum*, como lo fue este estudio, nos permitió hacer un primer acercamiento de las distintas dinámicas presentes en la planta con una perspectiva holística, y los factores que afectan la estructura presente en el sistema, con lo cual se aporta el conocimiento base para el implemento de nuevas tecnologías que reduzcan el uso de agroquímicos (en cultivos de alta producción) y que favorezcan la conservación de una mayor diversidad biológica.

#### **5.4 Conclusiones**

Con el planteamiento del trabajo y el aval correspondiente de los resultados se formularon las siguientes conclusiones:

1. El manejo orgánico permite una mayor diversidad y equidad en la comunidad de artrópodos. Mientras que la riqueza, la abundancia, la composición y la proporción de depredadores fue igual entre el manejo convencional y orgánico.
2. La riqueza y diversidad de los artrópodos asociados al cultivo de *G. hirsutum*, disminuyen conforme se desarrolla el cultivo. Sin embargo, no son claros los cambios de la abundancia de los grupos funcionales durante el cultivo.
3. Las principales plagas del cultivo fueron plagas secundarias (*i.e.*, la mosquita blanca, los trips, empoascas y la chinche *Lygus*), ya que dominaron en abundancia en la mayor parte del desarrollo del cultivo de algodón.
4. Los trabajos de tratamiento contra plagas de importancia económica realizados en las últimas décadas en el norte del país (Sonora y Baja California) han sido exitosos, puesto que no se registraron plagas primarias (gusanos rosado, bellotero y tabacalero). Sin embargo, al parecer el nicho fue ocupado por plagas secundarias (mosquita blanca y trips).

5. La clase Arachnida es más abundante y diversa en cultivos con pocos insumos químicos.

## Literatura citada

- Altieri, M. y Nicholls, C. I. 2002.** Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Consultado el 13 de agosto de 2016 en: <<http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>>
- Bado, S., Rodríguez, S. y Folcia, A. 2002.** Variación de la abundancia de pulgones (Homoptera: aphididae) y de vaquitas predadoras (Coleoptera: Coccinellidae) en un cultivo de cebada con distintas prácticas de fertilización. *IDESIA*,20(1):35-42.
- BAYER. 2012.** Solicitud de permiso la liberación al ambiente del algodón genéticamente modificado Bollgard II®/Solución Faena Flex® (MON-15985-7 x MON-88913-8) en etapa experimental en el norte del estado de Sonora, durante el ciclo agrícola O-1 2011. 120 pp.
- Begon, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L. 2006.** Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Science, Oxford. 788 pp.
- Benítez, M. 2014.** Consecuencias de la expresión de proteínas Cry en algodón silvestre de Oaxaca sobre la comunidad de lepidópteros. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 104 pp.
- Boguslawski, C. y Basedow, T. 2001.** Studies in cotton fields in Egypt on the effects of pheromone mating disruption on *Pectinophora gossypiella* (Saund.) (Lep., Gelechiidae), on the occurrence of other arthropods, and on yields. *Journal of Applied Entomology*, 125: 327-331.
- Borror, D., Triplehorn, C. y Johnson, N. 2005.** An introduction to the study of insects. Philadelphia: Saunders Callege Pub.
- Cane, J. y Tepedino, V. 2001.** Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conservation Ecology*, 5(1): 12-20.
- Ceccon, E. 2008.** La Revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91(1):21-29.

- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2009.** Disponibilidad media anual de agua subterránea. Consultado el 20 de junio 2016 en: <<http://www.conagua.gob.mx/ocno07/Noticias/2640%20Valle%20del%20Yaqui.pdf>>
- Chirinos, T. y Geraud, F. 1996.** Efectos de algunos insecticidas sobre entomofauna del cultivo del tomate, en el noroeste del estado Zulia, Venezuela. *Interciencia*, 21(1): 31-36.
- Del Val, E. y Boege, K. (coords.). 2012.** Ecología y evolución de las interacciones bióticas. FCE. 275 pp.
- Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E. y Furlong, M. 2008.** Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina y Salud Pública*, 25(1): 74-100.
- DRRY, Distrito de Riego del Río Yaqui. 2016.** Servicio meteorológico nacional. Consultado el 4 de julio de 2016 en: <<http://drryaqui.org.mx/sitiodeinteres.html>>
- Escalante, T. 2003.** ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*, 52: 53-56.
- Escobedo-Salas, M., Nava-Camberos, U., Ramírez-Delgado, M., Esparza-Martínez, J. y Sepúlveda-Bojorquez, M. 2004.** Fenología, rendimiento, calidad de fibra y efectividad para el control de plagas de variedades transgénicas de algodónero, en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo*, 3:115-121.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1997.** Fisheries management for small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular No. 933 FIRI/C933.
- Frank, W. y Slosse, J. 1996.** An Illustrated guide to the Predaceous insects of the Northern Texas Rolling Plants. Texas Agricultural Experiment Station MO-1718.
- Freeland Jr T., Pettigrew B., Thaxton P. y Andrews G. 2006.** Agrometeorology and cotton production (3rd Ed.). Guide to agricultural meteorological practices. pp. 1-17.
- Fryxell, P. 1979.** The natural history of the cotton tribe (Malvaceae, Tribe Gossypieae). Texas A&M Press, College Station, Texas, EE. UU.
- Goulet, H. y Huber, J. 1993.** Hymenoptera of the world: An identification guide to families. Entomological Society of Canada. 668 pp.

- Goulson, D., Lye, G. y Darvill, B. 2008.** Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208
- Grijalva, A. 2014.** Agroindustria y algodón en el Valle de Mexicali. La Compañía Industrial Jabonera del Pacífico. *Estudios Fronterizos, Nueva Época*, 15(30):11-42.
- Gurevitch, J., Scheiner, S. y Fox, G. 2006.** The Ecology of Plants. Segunda Ed. Sinauer Associates.
- Hayes, J. y Lockley, T. 1990.** Prey and nocturnal activity of wolf spiders (Araneae: Lycosidae) in cotton fields in the Delta region of Mississippi. *Environmental Entomology*, 5:1512-1518.
- Herrera, A. y Loza, E. 2012.** Producción de algodón en el Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Son. INIFAP. Folleto para productores. 60. 36 pp.
- Hole, D., Perkins, A., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P. y Evans, A. 2005.** Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 12(2):113-130.
- Holland, J. y Fahrig, L. 2000.** Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: A landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78: 115-122.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2016.** Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Mexicali, Baja California. Consultado el 25 de febrero del 2016 en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/02/02002.pdf>
- Lampkin, N. 2001.** Agricultura ecológica. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 743 pp.
- Mansour, F., Rosen, D. y Shulov, A. 1980.** A survey of spider populations (Araneae) in sprayed and unsprayed apple orchards in Israel and their ability to feed on larvae of *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Acta Oecologica*, 1 (2): 189-197.
- Mansour, F., Wysoki, M. y Whitcomb, W. 1985.** Spiders inhabiting avocado orchards and their role as natural enemies of *Boarmia selenaria* (Schiff). *Acta Oecologica*, 6 (4): 315-322.
- Mansour, F. y Whitcomb, W. 1986.** The spiders of a citrus grove in Israël and their role as biocontrol agents of *Ceroplastes floridensis* (Homoptera, Coccidae). *Entomophaga*, 31 (3):269-276.

- Márquez, H., Santana, S., Ávila, V. García, J., Preciado, P. y Moreno, A. 2014.** Entomofaunistic Diversity in a Transgenic Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Agroecosystem in Coahuila, México. *Southwestern Entomologist*, 39: 317-326.
- Martínez C. 2016.** Tendencias del algodón en México. INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, México. Consultado el 23 de abril de 2016 en: <[http://alida-algodon.org/wp-content/uploads/2010/03/s\\_mexico\\_carrillo.pdf](http://alida-algodon.org/wp-content/uploads/2010/03/s_mexico_carrillo.pdf)>
- MEF, Ministry of Environment y Forest. 2011.** Biology of cotton. Department of Biotechnology. Ministry of Science and Technology. Government of India. Consultado el 15 de agosto de 2016 en: <<http://dbtbiosafety.nic.in/guidelines/cotton.pdf>>
- Men, X., Liu, X. y Yardim, E. 2003.** Diversity of arthropod communities in transgenic Bt cotton and nontransgenic cotton agroecosystems. *Environmental Entomology*, 32: 270–275.
- Montañez, V. 2014.** Impacto de los cultivos orgánicos sobre la diversidad de insectos una revisión de investigaciones recientes. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Myers, D. y Stolton, S. 1999.** Organic Cotton, From Field to Final Product. Intermediate Technology Publications.
- Nair, K. 2007.** Tropical forest pests: ecology, impact, and management. Primera edición. Cambridge University Press, Cambridge.
- Naylor, R., Falcon, W. y Puente, G. 2001.** Policy reforms and Mexican agriculture: views from the Yaqui Valley. *Cimmyt Economics Program*. México. No. 1. 26 p.
- Nyffeler, M., Dean, D. y Sterling, W. 1987.** Predation by green lynx spider, *Peucetia viridans* (Araneae: Oxyopidae), inhabiting cotton and woolly cotton plants in east Texas. *Environmental Entomology*, 16 (2): 355-359.
- Nyffeler, M., Dean, D. y Sterling, W. 1988.** The southern black widow spider, *Latrodectus mactans* (Araneae, Theridiidae), as a predator of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera, Formicidae), in Texas cotton fields. *Journal of Applied Entomology*, 106 (1): 52-57.

- Nyffeler, M., Dean, D. y Sterling, W. 1989.** Prey selection and predator importance of orb-weaving spiders (Araneae: Araneidae, Uloboridae) in Texas cotton. *Environmental Entomology*, 18: 373-380.
- Nyffeler, M., Breene, R., Dean, D. y Sterling, W. 1990.** Spider as predator of arthropod eggs. *Journal of Applied Entomology*, 109: 490-501.
- O'Hara, R. y Kotze, D. 2010.** Do not log-transform count data. *Methods in Ecology and Evolution*, 1:118-122.
- Oksanen, J., Guillaume, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E. y Wagner, H. 2016.** Package "vegan". Community Ecology Package. Versión 2.4-1.
- Ortega-Villa L., Ley-García J., Fimbres-Durazo N. y Rojas-Caldelas R. 2013.** Caracterización del paisaje del Valle de Mexicali según sus habitantes. Aproximaciones textuales a la topofilia. *Culturales*, 1(2),55-90 pp.
- Outward, R., Sorenson, C. y Bradley, J. 2008.** Effects of vegetated field borders on arthropods in cotton fields in eastern North Carolina. *Journal of Insects Science*, 8(9): 9-16.
- Pacheco, M. F. 1994.** Plagas de los cultivos oleaginosos en México. Libro técnico No. 3. Centro de investigaciones Agrícolas del Noroeste – CIANO.
- Palomo, M., Rodríguez, R. y Ramírez, M. 2014.** Picudo del Algodonero y prácticas de manejo integrado. Folleto Técnico No. 29. INIFAP, La Laguna Matamoros, Coahuila, México.
- Perajulee, M. 2012.** Cotton Entomology Research Report. Texas A&M Agrilife Research & Extension. 36-50 pp.
- Pérez-Hernández, M., Bernal Rojas A. y Otero Arnaiz A. 2013.** Documento base de la especie *Gossypium hirsutum* para el análisis de riesgo ambiental. SEMARNAT e Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México. 21 pp.
- Pérez-López, F. J. 2015.** Composición de las comunidades de artrópodos asociadas a algodón silvestre (*Gossypium hirsutum*) con y sin presencia de la proteína recombinante CryAb/Ac en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 68 pp.

- Pérez-Solís L. 2016.** Fenología de la planta del algodónero. Consultado el 30 de agosto de 2016 en: <http://www.oedrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/FENOLOG%C3%8DA.pdf>
- Perry M. 1997.** Programa Cooperativo para Erradicar al Picudo del Algodón en Nueva México/Oeste de Texas. Evaluación Ambiental, USDA, 22 p.
- Pires, V., Silveira, F., Sujii, E., Torezani, K., Rodrigues, W., Albuquerque, F., Rodrigues, S., Salomao, A. y Pires, C. 2011.** Importance of bees pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, 13(16):151 – 160.
- Price, P., Denno, R., Eubanks, M., Finke, D. y Kaplan, I. 2011.** Insect ecology: behavior, populations and communities. Cambridge University Press. U.K. 801 pp.
- Polak T., Rock B., Campbell P., Soukupova J., Solcova B., Zvara K. y Albrechtova J. 2006.** Shoot growth processes, assessed by bud development types, reflect Norway spruce vitality and sink prioritization. *Forest Ecology and Management*, 225:337–348.
- R Core Team. 2015.** R: A lenguaje and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.r-project.org/>
- Reyes-Rosas, M., Loera-Gallardo, J., López-Arroyo y Vargas-Camplis J. 2007.** Parasitoides Hymenópteros de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en el Norte de Tamaulipas, México. *Southwestern Entomologist*, 32(1):53-64.
- Rhodes, J. 2002.** Cotton pollination by honey bees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42: 513-518.
- Rudgers, J. y Strauss, S. 2004.** A selection mosaic in the facultative mutualism between ants and wild cotton. *Biological Sciences*, 271(1556): 2481 – 2488.
- Ruiz-Montoya L. y Castro-Ramírez A. 2006.** Diversidad Biológica en Chiapas. Capítulo 11. Riqueza y distribución de grupos funcionales de insectos en parcelas de maíz en Los Altos de Chiapas. El Colegio de la Frontera del Sur. 441- 468 p.

- Sabesh, M. 2007.** List of insect and mite pests of cotton in India. Central Institute of Cotton Research. Indian Council of Agricultural Research. Consultado el 25 de septiembre de 2016 en: <[http://www.cicr.org.in/Research\\_Notes/insec\\_mite\\_pest.pdf](http://www.cicr.org.in/Research_Notes/insec_mite_pest.pdf)>
- Santana-Espinoza, S., Ávila-Rodríguez, V., Castañeda-Gaytan, G., De La Cruz-Lázaro, E., García-De La Peña, C., Romero-Méndez, U. y Márquez-Hernández, C. 2015.** Entomofauna Presente en Algodonero (*Gossypium hirsutum* L.) Genéticamente Modificado en Zonas Productoras de México. *Southwestern Entomologist*, 40(1):151-160.
- Schoonhoven, L., Jermy, T. y Van Loon, J. 1998.** Insect – Plant Biology from physiology to evolution. Chapman & Hall. 409 pp.
- Schowalter, T. 2011.** Insect ecology: an ecosystem approach. Segunda edición. Academic Press, San Diego, California, EE. UU.
- Schütz, K., Bonkowski, M. y Scheu, S. 2008.** Effects of Collembola and fertilizers on plant performance (*Triticum aestivum*) and aphid reproduction (*Rhopalosiphum padi*). *Basic and Applied Ecology*, 9(2):182-188.
- Shannon, C. 1948.** A mathematical theory of communication. *Bell System Tech Journal*. 27:379-423, 623-656.
- Shreve F. y Wiggins L. 1964.** Vegetation of the Sonoran Desert. Mexican Leguminosae: phytogen. Stanford University Press. Stanford, California.
- Sosa, M. y Vitti, S. 2003.** Comparación de muestreos de predadores en algodón con dos medidas de paño vertical. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
- Soulé, M. y Simerloff, D. 1986.** What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Biological Conservation*, 35: 19-40.
- StatSoft Inc. 2008.** STATISTICA. URL: <<http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features/Visual-Introduction-to-STATISTICA>>
- Toledo, V. 2005.** La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa Revista De Agroecología*, 20(4):16-19.

- Ulloa M, Percy, R, Hutmacher, R y Cantrell, R. 2006.** Registration of SJ-U86 Cotton Germplasm Line with High Yield and Excellent Fiber Quality. *Crop Science*, 46:2336-2338
- Wegier-Briuolo, A., Alavez-Gómez, V, Jardón-Barbolla L., Moyers L. y Piñero D. 2009.** Análisis para la determinación de los centros de origen y diversidad de las especies mexicanas del género *Gossypium*. Instituto de Ecología, UNAM. 24p.
- Wegier, A., Piñeyro-Nelson, A., Alarcón, J., Galvez- Mariscal, A., Alvarez-Buylla, E. y Piñero, D. 2011.** Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its center of origin. *Molecular Ecology*, 20: 4182-4194.
- Wegier, A. 2013.** Diversidad genética y conservación de *Gossypium hirsutum* silvestre y cultivado en México. Tesis de Doctorado. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. 114 p.
- Wendel, J. y Cronn, R. 2003.** Polyploidy and the Evolutionary History of Cotton. *Advances in Agronomy*. 78:139-186.
- Wendel, J., Brubaker, C. y Seelanan, T. 2010.** The origin and evolution of *Gossypium*. En: Physiology of cotton. 1-19. Netherlands: Springer.
- Whitehouse, M., Wilson, L. y Fitt. G. 2005.** A comparison of arthropod communities in transgenic *Bt* and conventional cotton in Australia. *Environmental Entomology*, 34: 1224–1241.
- Zar, J. H. 2010.** Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River. 944 pp.

## Anexos

<b>Anexo I. Listado de artrópodos asociados a <i>Gossypium hirsutum</i> en el Valle del Yaqui, Son.</b>				
<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género y especie</b>	<b>Grupo funcional</b>
Insecta	Hymenoptera	Formicidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Pseudomyrmex pallidus</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Forelius pruinosus</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hymenoptera	Chalcidoidea		Parasitoide
Insecta	Hymenoptera	Braconidae		Parasitoide
Insecta	Thysanoptera	Thripidae		Fitófagos de alto efecto
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae		Fitófagos de bajo efecto
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Oxyopidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Philodromidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Sparassidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Sparassidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Thomisidae		Depredador

**Anexo II. Listado de artrópodos asociados a *Gossypium hirsutum* en el Valle de Mexicali, B.C.**

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género y especie</b>	<b>Grupo funcional</b>
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Nabidae	<i>Nabis americanoferus</i>	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Reduviidae	<i>Zelus renardii</i>	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Reduviidae	<i>Sinea rileyi</i>	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Reduviidae	<i>Zelus tetracanthus</i>	Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Miridae	<i>Lygussp.</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Miridae	<i>Lygussp.</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Miridae	<i>Lygussp.</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Miridae	<i>Lygussp.</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Anthocoridae		Depredador
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris pallens</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris atricolor</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hemiptera: Prosorrhyncha	Anthocoridae	<i>Orius tristicolor</i>	Depredador
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto

Insecta	Hemiptera: Sternorrhyncha	Cicadellidae	<i>Ollarianus ollus</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Miridae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Miridae	<i>Pseudatomoscelis seriatus</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Miridae	<i>Creontiades</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Miridae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Latridiidae	<i>Corticaria</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Systema blanda</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Chaetocnema</i> sp.	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella septempuncta</i>	Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp.	Depredador
Insecta	Coleoptera	Melyridae	<i>Collops vittatus</i>	Depredador
Insecta	Coleoptera	Melyridae	<i>Collops</i> sp.	Depredador
Insecta	Coleoptera	Melyridae		Depredador
Insecta	Coleoptera	Nitidulidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Hymenoptera	Tiphiidae	<i>Myzinum</i> sp.	Polinizador
Insecta	Hymenoptera	Vespidae	<i>Vespula</i> sp.	Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Braconidae		Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Braconidae		Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Halictidae	<i>Lasioglossum semibrunneum</i>	Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Chalcidoidea		Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Chalcidoidea		Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Chalcidoidea		Parasitoides
Insecta	Hymenoptera	Chalcidoidea		Parasitoides
Insecta	Diptera	Bibionidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Diptera	Halictidae		Polinizador
Insecta	Diptera	Dolichopodidae		Depredador
Insecta	Diptera	Dolichopodidae		Depredador
Insecta	Diptera	Dolichopodidae		Depredador
Insecta	Diptera	Culicidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Diptera	Culicidae		Fitófagos de bajo efecto

Figura 8. Curva de acumulación de especies del Valle de Mexicali con

Insecta	Diptera	Chaoboridae		Depredador
Insecta	Diptera	Chaoboridae		Depredador
Insecta	Diptera	Empididae		Depredador
Insecta	Diptera	Chloropidae	<i>Thaumatomyia bistrata</i>	Depredador
Insecta	Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza sativae</i>	Fitófagos
Insecta	Diptera	Agromyzidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Diptera	Agromyzidae		Fitófagos de bajo efecto
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Depredador
Insecta	Neuroptera	Chrysopidae		Depredador
Insecta	Neuroptera	Hemerobiidae	<i>Micromus subanticus</i>	Depredador
Insecta	Thysanoptera	Thripidae		Fitófagos de alto efecto
Insecta	Thysanoptera	Thripidae	<i>Scirtothrips citri</i>	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Thysanoptera	Thripidae	<i>Caliothrips fasciatus</i>	Fitófagos de alto efecto
Insecta	Thysanoptera	Thripidae		Fitófagos de alto efecto
Insecta	Thysanoptera	Thripidae		Fitófagos de alto efecto
Insecta	Lepidoptera	Crambidae	<i>Euchromius ocella</i>	Fitófagos de bajo efecto
Arachnida	Araneae	Thomisidae	<i>Mecaphesa californica</i>	Depredador
Arachnida	Araneae	Thomisidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Lycosidae	<i>Mermessus fradeorum</i>	Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Araneidae		Depredador
Arachnida	Araneae	Oxyopidae	<i>Oxyopes sp.</i>	Depredador
Arachnida	Araneae	Salticidae	<i>Dendryphantes zygoballoides</i>	Depredador
Arachnida	Araneae	Philodromidae	<i>Thanatus vulgaris</i>	Depredador
Arachnida	Araneae	Theridiidae	<i>Theridion sp.</i>	Depredador