

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Distribución de Artrópodos entre Estratos Aéreos de la Planta del Cultivo del Algodón
(*Gossypium hirsutum* L.) Genéticamente Modificado

Por:

ROBERTO RENDÓN MANZANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Distribución de Artrópodos entre Estratos Aéreos de la Planta del Cultivo del Algodón
(*Gossypium hirsutum* L.) Genéticamente Modificado

Por:

ROBERTO RENDÓN MANZANO

TESIS

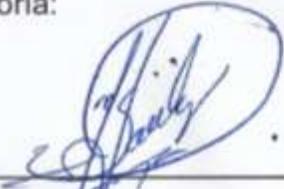
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Agustín Hernández Juárez
Asesor Principal Interno



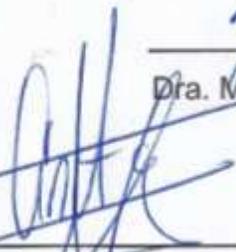
Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dra. Esperanza Loera Alvarado
Coasesor



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre, 2021



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Roberto Rendón Manzano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por darme la oportunidad de culminar esta importante etapa de mi vida, siempre guiarme e iluminarme.

Agradezco a mi **Alma Mater** por abrir sus puertas y brindar todos esos servicios y las herramientas necesarias para formarme como profesional en esta carrera que es tan maravillosa.

A mis padres **Marcelino Rendón Molina** y **María Elena Manzano Méndez**, les debo todo lo que soy ahora, agradezco todo lo que me han dado, su apoyo infinito y por levantar mis ánimos cuando más lo necesite.

A mis **hermanos** que siempre me apoyaron durante todo este camino.

A todos mis amigos de la universidad que siempre me apoyaron, a quienes estuvieron conmigo dentro y fuera de la universidad, por todas esas aventuras que pasamos.

A la **Dra. Miriam Sánchez Vega** por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por todo su apoyo, asesoría y consejos que me ayudaron a culminar esta etapa tan importante de mi carrera.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, en especial al Programa Nacional de Investigadoras e Investigadores por México, anteriormente Cátedras CONACYT, ya que el desarrollo de esta investigación se deriva del Proyecto 1043:

“Monitoreo de insectos resistentes a las toxinas *Cry* de *Bt*”.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres **María Elena Manzano Méndez** y **Marcelino Rendón Molina**, por apoyarme a pesar de todas las circunstancias, siempre me dieron todo lo que estuvo en sus manos, por ser un gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos, **Antonio, Marcelino, Juventino, Elena, Mariana e Isaac**, a mi abuelita **María del Carmen** que siempre ha demostrado su cariño y por ser una gran persona.

A mis amigos **Oscar Martínez, Oscar García, Marco Velasco, Fátima, Iván, Salvador, Claudia, Cristian, Javier**, que conocí en la universidad, que siempre me brindaron su apoyo y estuvieron conmigo sin importar nada y a pesar de la distancia seguirán siendo mis amigos.

A mis amigos de la preparatoria **Francisco, Enrique, Adán y Javier** que cuando regresaba al rancho de vacaciones me recibían con las manos abiertas y demostrando siempre su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Importancia del cultivo del algodón	3
Importancia a nivel mundial	3
Importancia del algodón a nivel nacional	4
Morfología y características generales del cultivo	4
Principales plagas del cultivo	8
Picudo del algodonero <i>Anthonomus grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae)....	8
Gusanos	9
Mosca blanca	9
Pulgones.....	10
Trips (<i>Thrips angusticeps</i> y <i>Thrips tabaci</i>).....	10
Manejo integrado de plagas en algodonero.....	10
Insectos controladores de plagas	12
Cultivos genéticamente modificados	15
Algodón Genéticamente Modificado (GM)	15
<i>Bacillus thuringiensis</i> utilizado para el control biológico de plagas	16
Mecanismo de acción de las proteínas <i>Cry</i>	16
Impacto del algodón <i>Bt</i> en los artrópodos que interactúan en el cultivo.....	17
Métodos de muestreo.....	18
Muestreo al azar simple o irrestricto o aleatorio simple.....	18
Muestreo al azar estratificado	19
Métodos de evaluación de la diversidad de artrópodos en monocultivos.....	20

MATERIALES Y MÉTODOS	23
Ubicación del predio.....	23
Descripción de la variedad de algodón.....	23
Toma de las muestras.....	24
Limpieza y conservación de las muestras	24
Identificación de la entomofauna	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Diversidad de los órdenes de artrópodos en el cultivo de algodón <i>Bt</i>	26
Riqueza específica de individuos.....	28
Abundancia de artrópodos en los diferentes micro hábitats del algodón	31
Funcionalidad trófica de las distintas familias	33
Comparación entre tipos de muestreo de artrópodos en el cultivo de algodón	36
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Principales órdenes y familias de insectos depredadores (Tomado de Nájera y Souza, 2010, p. 12).....	13
Cuadro 2. Principales Ordenes y Familias de insectos parasitoides (Tomado de Nájera y Souza, 2010, p. 38).....	14
Cuadro 3. Riqueza de artrópodos monitoreados en cuatro estratos de la planta del cultivo de algodón <i>Bt</i> en San Pedro, Coahuila, 2021.	26
Cuadro 4. Familias de artrópodos representadas en cuatro estratos del cultivo de algodón <i>Bt</i>	30
Cuadro 5. Funcionalidad trófica de las familias encontradas en algodón GM en San Pedro, Coahuila.	34
Cuadro 6. Total de órdenes familias e individuos capturados con red entomológica.	37
Cuadro 7. Familias de artrópodos colectados con un muestreo con red entomológica y muestreo estratificado.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la raíz de algodón 50 días después de la siembra (Tomado de Oosterhuis y Jernstedt, 1999, p. 181).	5
Figura 2. Planta de algodón sin hojas que muestra el crecimiento recto de una rama vegetativa (Tomado de Ritchie <i>et al.</i> , 2007, p. 8).	6
Figura 3. Planta de algodón sin hojas que muestra en crecimiento en forma de zig-zag de una rama fructífera (Tomado de Ritchie <i>et al.</i> , 2007, p. 8).	6
Figura 4. Cuadro de algodón, flor y capsula de una rama fructífera (simpodia). También se muestran hojas simpodiales, hoja del tallo, prófalo, yema axilar y las brácteas que cubren la flor (Tomado de Oosterhuis y Jernstedt, 1999, p. 191).	7
Figura 5. Planta de algodón dividida en tercios (Tomado de Sermeño y Wilfredo, 2004, p. 44).	20
Figura 6. Coordenadas y ubicación del predio donde se llevaron a cabo los muestreos.	23
Figura 7. Riqueza específica de los órdenes de artrópodos encontrados en los diferentes estratos del cultivo de algodón <i>Bt</i> en San Pedro, Coahuila, 2021.....	28
Figura 8. Comportamiento de las familias de artrópodos más abundantes encontradas en los diferentes estratos de la planta de algodón <i>Bt</i>	32
Figura 9: Coincidencia de familias encontradas en algodón GM, con un muestreo estratificado y con red entomológica.	38

RESUMEN

El algodón se considera uno de los cultivos más antiguos e importantes a nivel mundial; la necesidad de controlar las plagas en el algodón ha llevado a la adopción de cultivos genéticamente modificados (GM) para producir la toxina *Cry* de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), a partir de la producción comercial con este cultivo, surge la necesidad de realizar evaluaciones sobre los efectos de cultivos *Bt* en organismos no blanco. El objetivo principal de este trabajo es determinar la diversidad de la entomofauna asociada a los diferentes estratos de la planta de algodón, con la finalidad de distinguir sus hábitos alimenticios y biológicos, se trabajó con el híbrido GM FiberMax (FM1830) con resistencia a lepidópteros e incluso a herbicidas. El presente trabajo se realizó en un rancho ubicado en San Pedro de las colonias, Coahuila, México. La colecta de muestras de insectos, se realizó en el periodo de junio-agosto (2020), en la etapa de floración del cultivo, se seleccionaron 40 plantas al azar tomando de cada una, hojas de los estratos bajo, medio, botón floral y flores. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los especímenes fueron observados, separados y seleccionados al microscopio-estereoscopio y se identificaron taxonómicamente a nivel familia. Se obtuvieron 1,421 insectos pertenecientes a 15 familias dentro de ocho ordenes, las familias con mayor número de individuos fueron Aleyrodidae, Aphididae en los estratos bajo y medio, para el botón floral, y flores se encontró más presencia y abundancia de insectos del Orden Thysanoptera y Coleoptera de la familia Curculionidae, plagas que ocasionan daños importantes al cultivo. También se encontraron organismos benéficos de las

familias Anthocoridae, Chrysopidae y en menor presencia Eulophidae y Aphelinidae.

Palabras clave: Algodón *Bt*, abundancia, entomofauna, estratos de la planta, hábitos alimenticios, no blanco, transgénico.

INTRODUCCIÓN

El algodón *Gossypium hirsutum* L. es una planta que pertenece a la Familia Malvaceae; es un cultivo no alimentario, sino industrial y de los más importantes del mundo, utilizado por su suave fibra como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir. También se obtienen subproductos como aceites comestibles, forraje de ganado o fertilizantes agrícolas (Solleiro y Mejía, 2016).

En México la producción de algodón estuvo a punto de desaparecer debido al bajo costo de la fibra y al alto costo de producción, ocasionado por el uso intensivo de insecticidas (Castillo, 2015). Gracias a la biotecnología agrícola, el algodón fue modificado genéticamente, insertando genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacillaceae) desarrollando una planta capaz de expresar la toxina *Cry* con propiedades insecticidas, que logro mitigar el gasto excesivo por el uso de plaguicidas a los productores y disminución del uso de estos productos, lo que favoreció una agricultura menos contaminante (CEDRSSA, 2019).

El algodón *Bt* resulto ser una herramienta muy útil, que ha servido para el control de lepidópteros, pero existen dudas sobre sus efectos en la fauna benéfica que interacciona con este cultivo, tal es el caso de organismos depredadores y parasitoides que están directamente expuestos a las toxinas *Cry* producidas por la planta y de forma indirecta, al parasitar o alimentarse de fitófagos que habitan en el cultivo *Bt*, y alimentarse de las toxinas *Cry*, a través de estos. En este sentido, la importancia de determinar los hábitos alimenticios de los insectos no blanco, tanto fitófagos (plagas) como organismos benéficos u otros que se encuentran interactuando dentro de la planta de algodón. Por lo anterior, se monitorearon las

poblaciones insectiles en el algodón *Bt* y su distribución en los diferentes estratos de la planta.

Objetivos

Objetivo General

Identificar taxonómicamente a nivel familia la composición de artrópodos asociados a los diferentes estratos de la planta de algodón Genéticamente Modificado *Bt*, e identificar su distribución y gremio ecológico.

Objetivos específicos

- Identificar a nivel de familia los artrópodos asociados a los diferentes estratos de la planta (bajo, medio, primordio floral y flor).
- Determinar los hábitos alimenticios y biológicos de los artrópodos en los diferentes estratos del cultivo del algodón.
- Definir la distribución de los artrópodos con base en los diferentes micro hábitats que se generan dentro de la planta de algodón.

Hipótesis

Existen especificidad en los artrópodos que interaccionan en el cultivo de algodón con base en sus hábitos biológicos y alimenticios, lo que ocasiona que distribuyan entre los estratos de la planta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo del algodón

El algodón es el cultivo no alimentario más importante del mundo, principalmente por su fibra, utilizada mundialmente como materia prima en la industria textil, de la semilla se puede obtener aceite para la producción de algunos alimentos como lo son mayonesa, margarinas o bien para elaborar jabones, cosméticos e incluso farmacéuticos. De igual manera se usa para producir harina la cual sirve para la alimentación de ganado (Solleiro y Mejía, 2016).

Importancia a nivel mundial

Este cultivo es una de las materias primas más importantes para todos los países que están en vía de desarrollo, debido a su alta demanda a nivel mundial. Este cultivo ocupa una gran superficie sembrada, con cerca de 35 millones de hectáreas en más de 60 países, además es una gran oportunidad para generar empleo, si se considera toda su cadena de producción, ya que es una fuente de ingreso para aproximadamente 350 millones de personas (FAO-ABC, 2017).

De acuerdo con datos emitidos por el comité consultivo internacional del algodón (ICAC por sus siglas en inglés) en el 2016/17 la superficie de algodón en el mundo fue de 29,4 millones de hectáreas sembradas, alcanzando los 23 millones de toneladas de fibra. Los principales países productores de este textil son India, China, Estados Unidos, Pakistán, Turquía, Brasil, etc. (FAO-ABC, 2018).

Importancia del algodón a nivel nacional

En México este cultivo destina una superficie de más de 241 mil hectáreas de producción de algodón, se encuentra dentro de los mejores productores en el mundo, ocupando el 9° lugar, en el año 2019 se sembraron en el país 208 mil hectáreas y se obtuvo un volumen de 917 mil toneladas. Los estados que se destacan por ser los principales productores, son: Chihuahua con la mayor superficie, Baja California, Coahuila, Sonora, Tamaulipas, Durango y Sinaloa (SIAP, 2020).

Morfología y características generales del cultivo

La planta de algodón se distingue entre otros cultivos por su fructificación indeterminada, la planta sigue creciendo mientras exista humedad y temperatura adecuada, se han reportado plantas silvestres con una altura superior a cinco metros, pero ha sido domesticada con el paso del tiempo, mejorando plantas de uno o dos metros, esto con la finalidad de facilitar su recolección (Solleiro y Mejía, 2016).

La raíz principal es pivotante, las raíces secundarias siguen una dirección horizontal las cuales se ramifican hasta dar lugar a los pelos absorbentes, son la estructura principal de absorción y anclaje de la planta, el tamaño de la raíz dependerá de la calidad del suelo, textura física, buen drenaje, en un suelo con buenas condiciones, la raíz puede alcanzar los dos metros de profundidad (Figura 1) (Duarte, 2011; González, 2012).

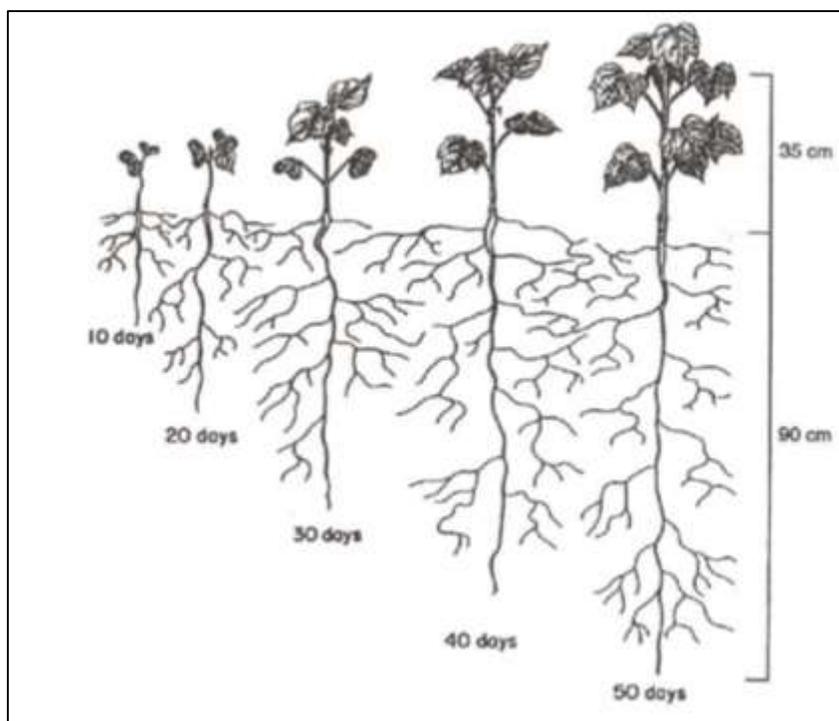


Figura 1. Morfología de la raíz de algodónero 50 días después de la siembra (Tomado de Oosterhuis y Jernstedt, 1999, p. 181).

El tallo principal es erguido, puede tener dos tipos de ramas, las cuales se pueden clasificar como vegetativas (monoploidia) con un solo meristemo, debido a esto crecen rectas y erguidas como el tallo principal (Figura 2) no dan flores ni frutos, pero las yemas axilares que crecen a lo largo de estas ramas pueden formar ramas simpodiales que producen flores y frutos (Oosterhuis y Jernstedt, 1999).

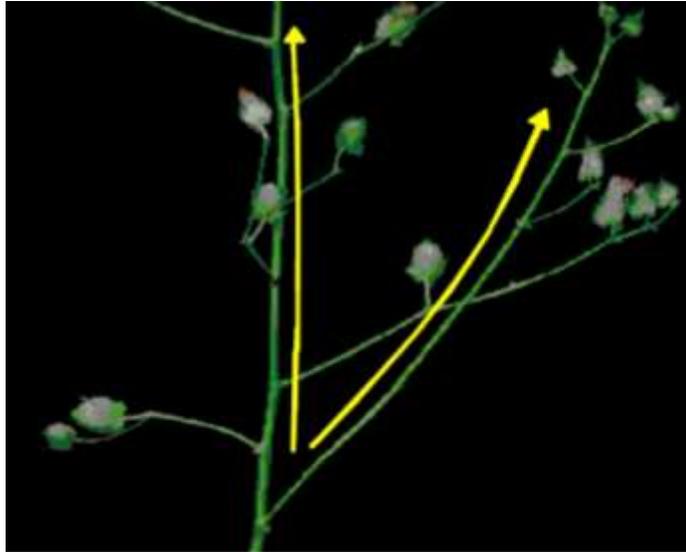


Figura 2. Planta de algodón sin hojas que muestra el crecimiento recto de una rama vegetativa (Tomado de Ritchie *et al.*, 2007, p. 8).

Las ramas fructíferas (simpodia) tienen el hábito de crecimiento en zig-zag y cada rama fructífera contiene múltiples meristemas (Figura 3). El crecimiento inicial de una rama fructífera termina una vez que se forma un brote fructífero y se inicia un nuevo punto de crecimiento llamado meristemo axilar (Ritchie *et al.*, 2007).



Figura 3. Planta de algodón sin hojas que muestra en crecimiento en forma de zig-zag de una rama fructífera (Tomado de Ritchie *et al.*, 2007, p. 8).

Las hojas de la mayoría de las especies son pentalóbuladas, pero su forma varía desde casi redondas hasta las profundamente hendidas. Se pueden observar de tres a cinco nervaduras por el envés, la principal es bastante gruesa y su base lleva una glándula nectárea (Díaz y Mercado, 2005).

Las flores son dipétalas y aparecen inicialmente como estructuras verdes recubiertas con tres brácteas y estambres numerosos que envuelven al pistilo, en un simpodio medio se pueden encontrar de seis a ocho (Figura 4) (Díaz y Mercado, 2005).

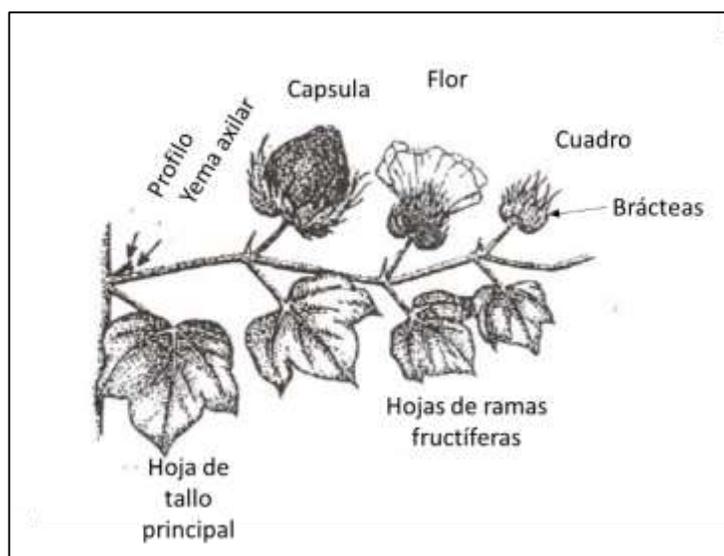


Figura 4. Cuadro de algodón, flor y capsula de una rama fructífera (simpodia). También se muestran hojas simpodiales, hoja del tallo, prófalo, yema axilar y las brácteas que cubren la flor (Tomado de Oosterhuis y Jernstedt, 1999, p. 191).

El fruto es una capsula ovoide con tres a cinco carpelos, con seis a diez semillas cada uno (Figura 4) (Oosterhuis y Jernstedt, 1999).

Para un buen desarrollo del cultivo se requiere una temperatura mayor a 15°C y que no rebase los 30° grados centígrados ya que la germinación de la semilla se puede ver afectada. La humedad en el suelo debe ser del 90% a la capacidad de campo. Las regiones más adecuadas para este cultivo están en latitudes de entre 0 a 500

metros sobre el nivel del mar. Se recomiendan suelos con buena aireación, adecuada retención de agua y ricos en materia orgánica, un suelo arcillo-arenoso sería ideal para que la raíz se desarrolle profundamente y se desarrolle de manera favorable (SAGARPA, 2013).

Principales plagas del cultivo

Las plagas en el cultivo de algodón han sido parte importante en su historia, su control llevo al cultivo a ser uno de los menos rentables por el número de aplicaciones de plaguicidas que se tenían que hacer. Por otro lado, estos temibles enemigos dañan directa o indirectamente el producto, ocasionando drásticamente una disminución en su rendimiento si no son controladas a tiempo, por lo que un adecuado monitoreo es importante para detectar la presencia de estos organismos y realizar un manejo adecuado (Gil y López, 2017).

La temperatura es el principal factor ambiental que determina que tan rápido de se desarrollan las plagas, el desarrollo de estos organismos comienza solamente cuando la temperatura está por encima de un punto crítico llamada temperatura de umbral inferior de desarrollo (Hernández, 2007 citado por Duarte, 2011).

Picudo del algodnero *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae

Las hembras y machos adultos del picudo del algodnero perforan los botones florales (cuadros) y bellotas para poder alimentarse, la hembra coloca los huevos dentro de lo botones de siete milímetros de diámetro o en bellotas recién formadas

cuando no hay suficientes botones. Las oviposturas son fáciles de identificar, estas causan una protuberancia en el cuadro, inicialmente es blanca después se torna color marrón. La larva se alimenta de las anteras, polen o fibra de la semilla en formación, los cuadros y bellotas pequeñas caen al suelo y el picudo cumple su ciclo de vida ahí, mientras que las bellotas grandes que permanecen en la planta, serán de mala calidad cuando estas se cosechen (SENASICA-DGSV, 2016).

Gusanos

Los gusanos o larvas que afectan al cultivo del algodón pertenecen principalmente al Orden Lepidoptera, tal es el caso de las especies: *Spodoptera exigua* Hubner, *Spodoptera frugiperda* Smith, *Heliothis* (= *Chloridea*) *virescens*, *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *zea* Boddie (Noctuidae), *Pectinophora gossypiella* Saunders (Gelechiidae). Son solo unas de las plagas más importantes del algodón, están presentes durante la mayoría del ciclo del algodón, en etapa de emergencia del cultivo pueden actuar como defoliadoras, en etapas más avanzadas del cultivo se alimentan de órganos fructíferos causando pérdidas económicas importantes (González, 2012).

Mosca blanca

Los daños son ocasionados en el follaje de la planta, este insecto puede penetrar el tejido foliar con su aparato bucal (estiletes y proboscis) succionando la savia. Cuando la población es demasiado grande, la extracción de estos jugos puede influir en procesos fisiológicos, evitando el crecimiento normal, secretando una especie de melaza sobre las hojas, estas pueden marchitarse y caer y con ello disminuir la

actividad fotosintética, deteriorar considerablemente la calidad de la fibra y una reducción drástica de la cosecha, además son trasmisores de patógenos como virus (Román, 1997).

Pulgones

Los pulgones se alimentan de la planta desde que eclosionan hasta terminar su ciclo de vida. Causan daño en el cultivo de diferentes formas. En los brotes terminales, las hojas jóvenes y estructuras reproductivas, causando un rizado en las hojas y un crecimiento anormal, pueden transmitir virosis. Si las poblaciones son demasiado altas segregan mielecilla lo que reduce la fotosíntesis, si la infestación llega a ocurrir al final del ciclo del cultivo, esta sustancia pegajosa puede dañar la calidad de la fibra (Casuso *et al.*, 2016)

Trips *Thrips angusticeps* y *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae)

Los trips son considerados como plagas de cultivos de gran importancia para la agricultura, éstas plagas van a atacar al cultivo dependiendo de la etapa de desarrollo que se encuentre la planta. Por eso es importante mantener protegido el cultivo durante todo su ciclo (Castillo, 2015).

Manejo integrado de plagas en algodónero

El manejo integrado de plagas (MIP) es un concepto que se ha utilizado desde hace años en la agricultura. Es considerada que es la aplicación de distintas técnicas utilizadas para el control y manejo de plagas con la finalidad de reducir el uso de

plaguicidas, obtener cultivos sanos e inocuos para el consumo humano y sin riesgos para la flora y fauna benéfica (polinizadores y enemigos naturales de las plagas, entre otros) (CEDRSSA, 2020).

Control cultural: Prácticas agronómicas donde la manipulación del agroecosistema es de forma directa, son métodos cotidianos y fáciles de implementar como: fechas de siembra, densidad de plantación, uso del agua, rotación de cultivos, uso de cultivos trampa, entre otros (CEDRSSA, 2020).

Control legal: Normas que restringen la exportación e importación de cultivos con presencia de plagas cuarentenarias, con la finalidad de evitar su destitución en lugares donde la plaga está ausente, también en esta parte del MIP, incorpora las épocas de veda, que consiste en no sembrar por un cierto tiempo un cultivo para reducir la población de las plagas (CEDRSSA, 2020).

Control químico: Es el uso de moléculas insecticidas sintéticas, esta estrategia debe ser utilizada como última opción preferentemente y solo de ser necesario, evitar su uso irracional y realizar rotación de ingredientes activos para evitar el desarrollo de resistencia de las plagas a los insecticidas (CEDRSSA, 2020).

Control biológico: uso de insectos, hongos o cualquier organismo que ayuda combatir plagas o enfermedades que afectan nuestros cultivos. Este método puede ser natural (control natural) con organismos que se encuentran de forma silvestre en el ecosistema o puede ser de manera inducida (control biológico), hoy en día existen diversas empresas que se dedican a la cría y reproducción de estos organismos (CEDRSSA, 2020).

Insectos controladores de plagas

Actualmente se conoce más de un millón de especies de insectos, y de esta gran diversidad solo el 3% son de importancia agrícola como plagas, el 35% está representado por enemigos naturales de estas plagas, divididos en dos importantes grupos como depredadores y parasitoides, el 62% restante ocupa otros nichos y pertenece a otros gremios ecológicos (Nájera y Souza, 2010).

Depredadores: especies cazadoras, en estado inmaduro y en muchos casos en estado adulto, se alimentan de diversas presas a lo largo de todo su ciclo de vida, generalmente son de mayor tamaño que sus presas (Cuadro 1) (Nájera y Souza, 2010).

Cuadro 1: Principales órdenes y familias de insectos depredadores (Tomado de Nájera y Souza, 2010, p. 12).

ORDEN	FAMILIA	PRINCIPALES PRESAS
Coleoptera	Coccinellidae	Pulgones, escamas, cochinillas y moscas blancas.
	Cleridae	Larvas de mariposa, picudos y chicharritas.
	Melyridae	Huevos, larvas, pupas, adultos de tamaño pequeño y cuerpo blando de diversos insectos
	Carabidae	Larvas y pupas de mariposa y avispas.
	Anthocoridae	Trips, ninfas de mosquita blanca, pequeñas larvas de mariposas, ácaros y pulgones.
Hemiptera	Geocoridae	Pequeños insectos de diferentes grupos.
	Nabidae	Pulgones y larvas de mariposas.
	Reduviidae	Pulgones, larvas de mariposa, escarabajos y chicharritas.
	Pentatomidae	Escarabajos y catarinitas plaga.
	Phymatidae	Abejas, moscas, mariposas y otras chinches.
Diptera	Asilidae	Chapulines, escarabajos, avispas, abejas, huevecillos de chapulines y otras moscas
	Syrphidae	Las larvas son depredadores de pulgones y pequeñas larvas de mariposas.
Neuroptera	Chrysopidae	Sus larvas se alimentan de pulgones, escamas, moscas blancas, ácaros, huevos, larvas de mariposas, escarabajos y trips.
	Hemerobiidae	Adultos y larvas son depredadores de pulgones, larvas de mariposas y otros insectos de cuerpo blando.
Hymenoptera	Formicidae	La mayoría son depredadores generalistas.
	Vespidae	Depredadores generalistas.
Dermaptera	Forficulidae	Pulgones, huevos y larvas de mariposas y palomillas.
Mantodea	Mantidae	Depredadores generalistas.
Odonata	Calopterygidae	Moscas, mosquitos y otros insectos pequeños.
	Coenagrionidae	Moscas, mosquitos y otros insectos pequeños.

Parasitoides: son insectos que durante su estadio inmaduro o larvario se alimenta y se desarrolla dentro o sobre el insecto llamado hospedero, puede ser huevecillo, larva, pupa o en ocasiones adulto, al cual matan lentamente, y el estado adulto es de forma libre alimentándose de agua y néctar (Cuadro 2) (Nájera y Souza, 2010).

Cuadro 2. Principales órdenes y familias de insectos parasitoides (Tomado de Nájera y Souza, 2010, p. 38).

ORDEN	FAMILIA	TIPO DE HOSPEDERO
Hymenoptera	Aphelinidae	Escamas, pulgones, mosquitas blancas, psílidos, Chinchas y moscas.
	Braconidae	Larvas de escarabajos, moscas mariposas, así como pulgones y chinchas
	Chalcididae	Larvas o pupas de mariposas, moscas, escarabajos, crisópidos y otras avispa.
	Encyrtidae	Escamas, huevos o larvas de escarabajos, moscas, mariposas, crisópidos y avispa, huevos de chapulines y chinchas.
	Eulophidae	Huevos, larvas, pupas y adultos de 10 órdenes de insectos, inclusive acuáticos.
	Figitidae	Larvas de moscas, crisópidos y avispa.
	Ichneumonidae	Larvas de escarabajos, mariposas y avispa.
	Mymaridae	Huevos de cícadas, chapulines, grillos, escarabajos, chinchas, pulgones y moscas.
	Perilampidae	Pupas de avispa, escarabajos y crisópidos.
	Pteromalidae	Larvas de escarabajos, pulgones, chicharritas, cigarras y moscas.
Hymenoptera	Scelionidae	Huevos de mariposa, grillos, chapulines, mántidos, chinchas, cigarras, chicharritas, escarabajos y moscas.
	Torymidae	Parasitan a más de 51 familias en 8 órdenes de insectos, especialmente avispa y moscas formadoras de agallas.
	Trichogrammatidae	Huevos de mariposas, chinchas, escarabajos y moscas, crisópidos y otros himenópteros.
Diptera	Tachinidae	Larvas de mariposas, escarabajos, estados inmaduros de chinchas saltamontes y chapulines.

Cultivos genéticamente modificados

Los organismos genéticamente modificados (OGM) en especial los cultivos, son especies vegetales que ha sido sometidas a la modificación o incorporación de genes vía ingeniería genética. La modificación genética de las plantas se define como la manipulación del desarrollo, estructura o composición de una planta por medio de secuencias de ADN específicas. Estas secuencias se pueden obtener de diferentes organismos, por ejemplo, pueden ser de la misma especie obteniendo un organismo intragénico, o ser un gen proveniente de otra planta emparentada dando lugar a un organismo cisgénico, o bien obtener el gen de otra especie (planta o animal, o cualquier otro reino) dando lugar a los organismos transgénicos (Halford y Shewry, 2000 citado por Gutiérrez *et al.*, 2015).

Algodón Genéticamente Modificado (GM)

Actualmente México se encuentra dentro de los 15 países que producen la mayor parte de algodón en el mundo, sin embargo, no siempre fue así, durante la década de los años 60, este cultivo fue de los más costosos, debido al incremento de las poblaciones de las plagas y a las excesivas aplicaciones de plaguicidas que elevaron el costo de producción de forma considerable, lo que llevo a los productores a dedicarse a otros cultivos (FAO, 2018).

En años recientes han ocurrido cambios significativos para el sistema de producción de este cultivo. Con ayuda de la ingeniería genética es posible insertar genes de la bacteria *B. thuringiensis* en plantas de algodón (*G. hirsutum*) para el control biológico de algunos insectos plaga (Hernández, 2019).

***Bacillus thuringiensis* utilizado para el control biológico de plagas**

Hoy en día existe la necesidad de contar con herramientas seguras y efectivas para el control de plagas de manera racional y segura para el ambiente. Esto elevó el interés por utilizar patógenos como agentes de biocontrol. El organismo que ha llevado a la perfección esta función es la bacteria *B. thuringiensis*, la cual tiene cualidades insecticidas (Sauka y Benintende, 2008).

La bacteria *Bt* habita naturalmente en el suelo y al esporular produce una proteína en grandes cantidades que llega a formar un cristal *Cry* geométrico, la proteína principal de este cristal se llama *delta*-endotoxina, también conocida como proteína *Cry* o *Cyt* (Hernández, 2019; González, 2019).

Mecanismo de acción de las proteínas *Cry*

Su mecanismo de acción se descubrió principalmente en lepidópteros, pero también existen toxinas capaces de controlar, coleópteros (escarabajos), dípteros (mosquitos), himenópteros (hormigas), ácaros y nematodos. Los insectos se alimentan de la planta con el gen *Bt*, una vez ingerido se solubiliza el cristal gracias al pH alcalino del intestino de los insectos. Las proteínas *Cry* se adhieren al epitelio intestinal del insecto en forma cooperativa, de manera que ocho proteínas forman un anillo, creando un poro en el intestino. El contenido alcalino del intestino se vierte a la hemolinfa del insecto, causando un daño irreversible. El insecto muere por el cambio brusco de pH en su hemolinfa y por una infección generalizada al reproducirse la bacteria *Bt* y otras bacterias (Sauka y Benintende, 2008).

Impacto del algodón *Bt* en los artrópodos que interactúan en el cultivo

El uso de estos cultivos GM, especialmente resistentes a insectos ha traído una serie de beneficios, en diferentes niveles y usos, pero existe revuelo sobre si los tipos de toxinas de *Bt* tiene efectos negativos sobre la fauna que interactúa con los cultivos, como el algodón *Bt*. En 1999, en la revista *Nature*, se publicó que el polen de maíz GM mataba larvas de la mariposa monarca, descubrieron en laboratorio que si se adicionaba polen de maíz *Bt* en las hojas de la maleza *Asclepias* L. (Apocynaceae) y con ellas se alimentaron larvas de mariposa monarca, estas morían. Sin embargo, varios investigadores dieron seguimiento a este estudio, coincidieron en que el polen utilizado en el estudio original era tóxico en dosis extremadamente elevadas y determinaron que el polen de maíz *Bt* constituía un riesgo insignificante para las larvas de mariposa monarca en condiciones reales de campo, su conclusión fue basada en diversos hechos: 1) La toxina *Bt* se expresa en niveles muy bajos en el polen de la mayoría de las variedades comerciales de maíz *Bt*. 2) El maíz y la maleza *Asclepia* (alimento de las orugas de mariposa monarca) no se encuentran generalmente juntos en campo. 3) La limitada coincidencia entre los periodos de movimiento del polen de maíz en campo y la actividad de la larva de la mariposa monarca. 4) La potencial cantidad de polen que pudieran consumir la mariposa monarca en condiciones de campo no es tóxica, incluso la pequeña cantidad de larvas que se pudieran ver afectadas por el polen de maíz *Bt* madurarían en adultos saludables (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Muchos estudios han demostrado que las toxinas *Cry* tienen un efecto mínimo o nulo sobre los organismos benéficos como lo son abejas melíferas, mariquitas, arañas, chinches piratas, avispa parasitoides, sin embargo, la presencia de estos, se puede

ver afectada indirectamente debido a la disminución de la población de larvas de lepidópteros que pueden ser presas de depredadores o bien hospederos de parasitoides (Harde *et al.* 2001). No obstante, en una reciente investigación sobre la diversidad de artrópodos asociados al algodón *Bt* encontraron una gran biodiversidad sin que esta fuera afectada, debido a que la disminución de aplicaciones de insecticidas de amplio espectro ayuda a que estas especies benéficas pudieran establecerse sin ningún problema (García *et al.*, 2017).

Métodos de muestreo

Los procedimientos que permiten calcular o estimar la densidad de las poblaciones insectiles u otros organismos en un determinado lugar se le conoce como técnicas de muestreo o técnicas de evaluación. Una simple labor como lo es el muestreo, da a conocer una aproximación de la abundancia o escasez de una determinada especie (Moreno, 2001; Sermeño y Wilfredo, 2004).

Muestreo al azar simple o irrestricto o aleatorio simple

Es aquel que permite seleccionar unidades dentro de “N” posibles, teniendo cada una de las mismas probabilidades de ser elegida; en este tipo de muestra cada posible unidad “x” de la población “N” tiene igual probabilidad (P_i) de ser seleccionada en la muestra. Este método de selección se hace por sorteo, asegurando que se cumpla la condición anterior. En poblaciones finitas, generalmente se tiene un listado del universo (marco muestral) y a cada unidad del mismo se asigna un número ordinal; con una tabla de números aleatorios se puede seleccionar los elementos de la

muestra. Una población finita puede ser también una parcela experimental (de plantas o animales) en la cual se puede efectuar una selección aleatoria, por entidad o por posición. Por entidad si cada elemento es numerable o por posición, en cuyo caso se puede hacer la selección de los puntos de muestreo según las dimensiones de la parcela o campo agrícola (Sermeño y Wilfredo, 2004).

Muestreo al azar estratificado

Es aquel en el que el hábitat o campo se divide en estratos debido a la presencia que tienen los individuos por un hábitat especial. En cada estrato se toman unidades al azar, de tal forma que la muestra total esté constituida por elementos de cada estrato (Figura 5). El muestreo estratificado es preferible al muestreo al azar simple cuando el ambiente es heterogéneo y la probabilidad de encontrar a los organismos es desigual en diferentes porciones del hábitat (Sermeño y Wilfredo, 2004).

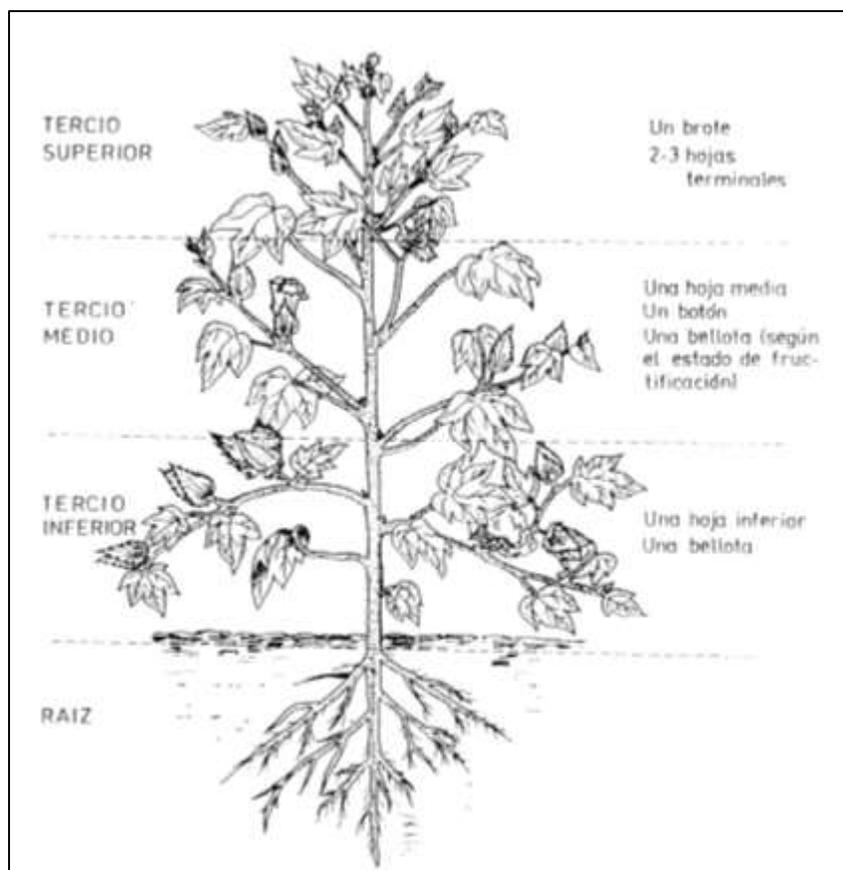


Figura 5. Planta de algodón dividida en tercios (estratos) (Tomado de Sermeño y Wilfredo, 2004, p. 44).

Métodos de evaluación de la diversidad de artrópodos en monocultivos

Para llevar a cabo la mención de la diversidad de especies es necesario comprender los conceptos como especie: el cual se define como el conjunto de individuos con características semejantes y que tienen la capacidad de reproducirse; mientras que, población es el conjunto de individuos de la misma especie que comparten el mismo espacio geográfico, y la comunidad es el conjunto de poblaciones de distintas especies que viven e interactúan en una zona (Grimaldo, 2019).

Para estudiar la diversidad se puede considerar y separar en diferentes niveles para obtener información más allá de solo un listado de especies. Para esto se definen tres tipos de diversidad alfa, beta y gamma (Sermeño y Wilfredo, 2004).

Diversidad alfa: es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto, ésta se realiza a un nivel local (Moreno, 2001; Sermeño y Wilfredo, 2004).

Diversidad beta: es la medida del grado de cambio o remplazo en la composición de las especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor (Moreno, 2001; Sermeño y Wilfredo, 2004).

Diversidad gamma: es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante de la diversidad alfa y beta (Moreno, 2001; Sermeño y Wilfredo, 2004).

Esta forma de analizar la biodiversidad resulta conveniente en la actualidad debido a los cambios y transformación de los ecosistemas naturales. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con la información de la biodiversidad en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) así mismo de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución a nivel regional (diversidad gamma) y con ello poder diseñar estrategias de conservación (Moreno, 2001).

Dentro de los métodos que se han considerado para evaluar, las diversidades de artrópodos en un agroecosistema, está el uso de parámetros como: distribución, riqueza, abundancia, fluctuación; éstos índices de diversidad, son de los más utilizados en varias investigaciones de artropofauna asociada al cultivo de algodón. Para evaluar los diferentes componentes o niveles de la diversidad se pueden utilizar

índices que ayudan a resumir la información en un solo valor y poder unificar cantidades para realizar comparaciones (Villareal *et al.*, 2004).

Índices de dominancia: tienen en cuenta las especies que están más representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. Uno de los muchos índices que podemos utilizar es el índice de Simpson: el cual muestra la probabilidad de que dos individuos obtenidos al azar de una misma muestra correspondan a una misma especie (Villarreal *et al.*, 2004).

Índices de equidad: tienen en cuenta la abundancia de cada especie que tan uniformemente se encuentran distribuidas. Para este caso podemos utilizar el índice Shannon-Weiner el cual asume que todas las especies están representadas en las muestras, indica que tan representadas están las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Villarreal *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del predio

El rancho donde se recolectaron las muestras está ubicado en el municipio de San Pedro, carretera 30, San Pedro-Cuatro Ciénegas, sin nombre de localidad ($25^{\circ}79'76.76''$ N, $102^{\circ}97'99.97''$ O) en el estado de Coahuila de Zaragoza, México (Figura 6), zona importante en la producción de algodón del país.



Figura 6. Coordenadas y ubicación del predio donde se llevaron a cabo los muestreos.

Descripción de la variedad de algodón

Las colectas de insectos se realizaron en un cultivo de algodón *Bt*, el híbrido FiberMax (FM1830) el cual presenta resistencia al glifosato y la toxina *Cry1Ac* para el control de lepidópteros, además de que cuenta con un excelente potencial de rendimiento y resistencia al marchitamiento por *Verticillium* (Grimaldo, 2019).

Toma de las muestras

Las colectas de las muestras se realizaron de forma manual, se seleccionaron 10 plantas al azar y cada planta se estratificó en cuatro partes, se tomaron dos hojas del estrato bajo, dos del estrato medio, el primordio floral o yema terminal y dos flores, en el estrato superior de la planta. Cada muestra por estrato y planta, se colocó en un frasco individual con alcohol al 70% y con su respectiva etiqueta de identificación. Se obtuvieron cuatro frascos por planta, esto se replicó con 10 plantas en cada muestreo, en total se realizaron cuatro muestreos, con un total de 160 muestras a analizar. Para tener un parámetro de comparación se realizó una colecta mediante un sistema de captura por medio de golpes con una red entomológica de 38 cm de diámetro, para ello se caminó por el predio dando 10 pasos y golpeando fuertemente la vegetación con la red entomológica, en forma de "8", para capturar el mayor número de individuos, esto se repitió 10 veces, en una sola colecta, la cual se realizó en el último muestreo.

Limpieza y conservación de las muestras

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Malezas en el Departamento de Parasitología en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, unidad Saltillo. Con ayuda de estereoscopio y pequeños pinceles se limpiaron las muestras y se separaron los especímenes de restos vegetales, los individuos se colocaron en frascos pequeños o tubos Eppendorf con alcohol al 70%.

Identificación de la entomofauna

La identificación se llevó a nivel de familia, con ayuda de las claves taxonómicas (Triplehorn y Johnson, 2005), Guía básica de entomología: insectos de importancia agrícola (Zumbado y Azofeifa, 2018), página del Departamento de Entomología de la Universidad Estatal de Iowa <https://bugguide.net/node/view/15740> y con apoyo del personal capacitado del Departamento de Parasitología.

Para el caso de los artrópodos de órdenes microscópicos como los ácaros, trips, áfidos y algunas avispidas, se realizaron montajes y preparaciones, para su adecuada identificación, para esta actividad se obtuvo el apoyo, mediante asesoría, de la Dra. Esperanza Loera Alvarado (Cátedra CONACYT- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de los órdenes de artrópodos en el cultivo de algodón *Bt*

En los muestreos realizados en el municipio de San Pedro, Coahuila, México, dentro del cultivo de algodón, se encontró una amplia diversidad de familias de artrópodos que son componente fundamental en los diferentes estratos de la planta de algodón. Se recolectaron 1,421 individuos, dentro de 15 familias compuestas por ocho órdenes. El Orden Hemiptera fue el que presentó el mayor número de familias (6), seguido de Hymenoptera (3) y el resto de los órdenes, Thysanoptera, Coleoptera, Neuroptera, Cheyletidae, Diptera, y Entomobryomorpha (Collembola) con una familia en cada uno (Cuadro 3).

Cuadro 3. Riqueza de los órdenes artrópodos monitoreados en cuatro estratos de la planta del cultivo de algodón *Bt* en San Pedro, Coahuila, 2021.

ORDEN	FAMILIA	%	INDIVIDUOS	%
Hemiptera	6	40%	861	60.59%
Hymenoptera	3	20%	7	0.49%
Thysanoptera	1	6.66%	421	29.63%
Coleoptera	1	6.66%	66	4.64%
Prostigmata	1	6.66%	59	4.15%
Neuroptera	1	6.66%	4	0.28%
Diptera	1	6.66%	2	0.14%
Entomobryomorpha	1	6.66%	1	0.07%
TOTAL (8)	15	100	1,421	100

Los datos obtenidos presentan similitudes con investigaciones anteriores, tal como lo menciona Hernández (2019), que indica que de los artrópodos asociados a variedades FiberMax de algodón *Bt*, las familias más abundantes pertenecen a los órdenes Diptera y Hemiptera, seguidos de Hymenoptera. Por otro lado, Grimaldo (2019) menciona que los órdenes Diptera, Hemiptera y Coleoptera son órdenes predominantes con el mayor número de familias en su investigación relacionada con el estudio de la entomofauna asociada a variedades DeltaPine de algodón *Bt*. No obstante, García *et al.* (2017) al comparar artrópodos en algodón *Bt* y convencional, encontraron con mayor diversidad en los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera y Diptera.

La fauna benéfica es muy importante para la agricultura, con organismos como los parasitoides que son a menudo de los enemigos naturales de plagas de mayor importancia. Gómez (2020) reporta que Hymenoptera se encuentra presente con gran diversidad de familias en algodón GM, algunas de las familias que podemos encontrar son Mymaridae, Platygasteridae, Braconidae, Ichneumonidae, Ciniidae, Diapriidae, Bethyidae, Apidae entre otras, en las cuales se tienen ectoparasitoides, endoparasitoides, hiperparasitoides y polinizadores. García *et al.* (2017) mencionan que la fauna benéfica en los cultivos GM se puede desarrollar sin problemas, fomentando la disminución de las aplicaciones de plaguicidas y evitando la formación de nuevas plagas en los cultivos.

El muestreo por estratos no es el indicado para conocer la presencia de fauna benéfica, perteneciente al orden Hymenoptera, los resultados indican que este es uno de los órdenes que se colectaron en menor porcentaje (Figura 7). Este orden es uno de los que tiene mayor interés en estudios de diversidad de insectos en sistemas

agrícolas, debido al hábito alimenticio, su estudio debe ser específico y con muestreos exclusivos o de otro tipo diferente al que se realizó en este trabajo, por los hábitos alimenticios y de movilidad que tienen. Es complicado realizar colectas de estos especímenes, por tanto, es necesario realizar muestreos con una red entomológica, trampas de caída o trampas pegajosas atrayentes de color amarillo o azul, principalmente, u otro método que pueda ser más directo.

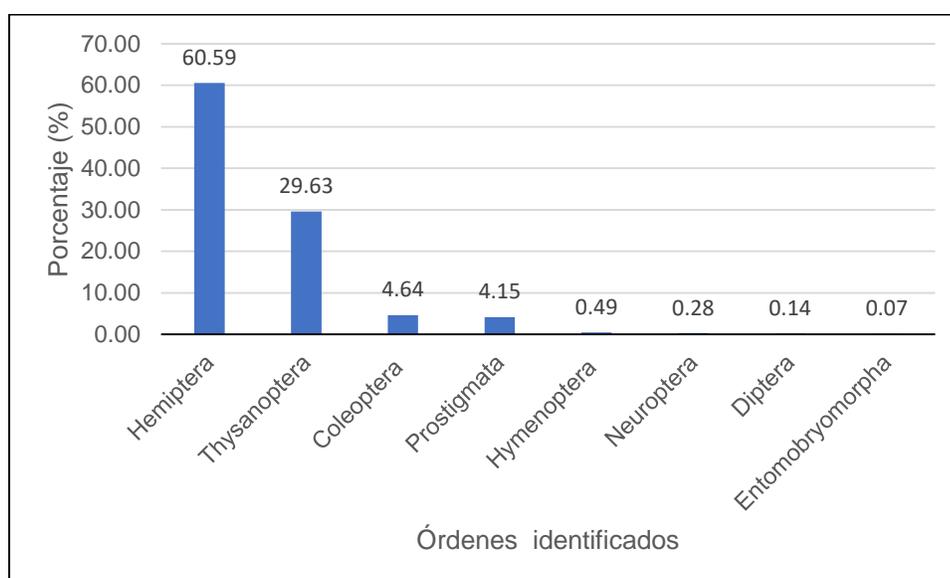


Figura 7. Riqueza de los órdenes de artrópodos encontrados en los diferentes estratos del cultivo de algodón *Bt* en San Pedro, Coahuila, 2021.

Riqueza específica de individuos

La familia con mayor número de individuos fue Aleyrodidae (Hemiptera) con 686 individuos. El estrato bajo estuvo representado por 343 individuos (24.14% del total de todos los artrópodos encontrados), estrato medio por 319 individuos (22.45%), botón floral con 24 individuos (1.70%) mientras que en la flor su presencia fue nula. En el orden Thysanoptera se colectaron 421 trips (Thripidae), encontrados en flor 291

individuos (20.65%), en el botón floral 99 (7.03%) y en menor presencia en los estratos medio y bajo sin rebasar el 1.0%, para el caso de la familia Aphididae (Hemiptera), en los estratos medio, bajo, botón floral y flor se encontraron 40 individuos (2.81%), 19 (1.34%), 16 (1.13%) y 3 pulgones (0.21%) respectivamente. La familia Curculionidae (Coleoptera) que contiene la especie plaga primaria de mayor importancia en el cultivo del algodónero (*A. grandis*) tuvo un total de 66 individuos. Estos se encontraron en la flor se muestrearon un total de 43 picudos (3.94%) y en botón floral solo se encontraron 23 individuos (0.70%). También se encontraron ácaros de la familia Cheyletidae (Trombidiformes) con 59 ejemplares con una distribución uniforme por cada uno de los estratos. De la familia Anthocoridae (Hemiptera), se encontraron 60 individuos con mayor presencia en el botón floral y en la flor. La familia Miridae (Hemiptera) con 22 individuos en el botón floral (1.55%), en la flor 6 individuos (0.42%), en el estrato medio 3 individuos (0.21%) y en menor cantidad en el estrato bajo con solo 2 individuos. Las familias restantes se encontraron en menor proporción, con menos de 4 individuos, lo cual indica que para ciertas especies este muestreo aleatorio estratificado no es el indicado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Familias de artrópodos representadas en cuatro estratos del cultivo de algodón *Bt*.

Orden	Familia	Individuos	Porcentaje en cada estrato				
			Estrato Bajo	Estrato Medio	Botón Floral	Flor	
Hemiptera	Aleyrodidae	686	24.17	22.45	1.69	0.00	
	Aphididae	78	2.82	1.34	1.13	0.21	
	Anthocoridae	60	0.56	0.63	1.48	1.55	
	Miridae	33	0.14	0.21	1.55	0.42	
	Reduviidae	3	0.14	0.00	0.07	0.00	
	Rophalidae	1	0.00	0.00	0.07	0.00	
Hymenoptera	Mymaridae	1	0.00	0.07	0.00	0.00	
	Eulophidae	4	0.28	0.00	0.00	0.00	
	Aphelinidae	2	0.00	0.00	0.07	0.07	
Thysanoptera	Thripidae	421	0.99	1.20	6.97	20.48	
Coleoptera	Curculionidae	66	0.00	0.00	0.70	3.90	
Prostigmata	Cheyletidae	59	1.69	0.63	1.20	0.63	
Neuroptera	Chrysopidae	4	0.00	0.07	0.07	0.14	
Diptera	Empididae	2	0.00	0.00	0.00	0.14	
Entomobryomorpha	Entomobryidae	1	0.00	0.00	0.00	0.07	
Total	8	15	1,421	30.75	26.60	14.99	27.66

González (2019) indica que con trampas de caída se pueden capturar un número considerable de artrópodos en el cultivo de algodón y aporta que los órdenes con mayor número de familias fueron Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Las familias con mayor número de individuos fueron Formicidae, Anthicidae, Geocoridae, Anthocoridae, Staphylinidae, Aphididae, Miridae y Coccinellidae. Algunas de estas familias también se encontraron en esta investigación con un número considerable de individuos como Anthocoridae, Aphididae y Miridae (Cuadro 4).

Abundancia de artrópodos en los diferentes micro hábitats del algodón

Los insectos fitófagos se muestrearon en la planta de algodón indicando que tienen una distribución en toda la planta, ya que se mueven de forma constante en busca de alimento. Jaramillo *et al.* (2018) indican que los insectos fitófagos, se clasifican de acuerdo a su alimentación, antófaga aquellos que se alimentan de las estructuras florales, carpófaga (alimentación de frutos) o filófaga (daños en hojas).

En la etapa de floración del cultivo de algodón *Bt* (junio-agosto) se identificaron 15 familias de artrópodos en los diferentes estratos de algodón, por lo que se pueden considerar tres micro hábitats como follaje (estrato bajo y medio), frutos (botón floral, bellotas pequeñas) y flores.

En el follaje, se encontraron 10 de las quince familias totales. Las más abundantes fueron; Aleyrodidae, Aphididae, Cheyletidae, Anthocoridae, Thripidae y las familias con un menor número de individuos en este estrato fueron Miridae, Reduviidae, Eulophidae, Mymaridae y Chrysopidae (Cuadro 4; Figura 8).

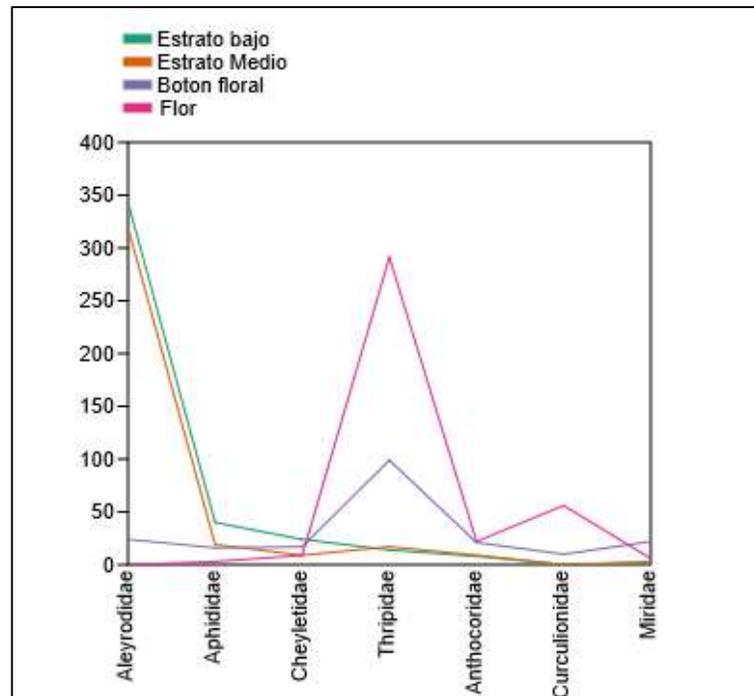


Figura 8. Familias de artrópodos más abundantes encontradas en los diferentes estratos de la planta de algodón *Bt*.

En el botón floral se encontraron 11 familias, Thripidae, Miridae, Anthocoridae, Cheyletidae, Aphididae, Curculionidae, Aleyrodidae, Rhopalidae, Aphelinidae, Chrysopidae, y Reduviidae, considerado este estrato con la mayor riqueza o representado por el mayor número de familias (Cuadro 4; Figura 8).

En la flor hubo presencia de 10 familias, la mayoría de trips (Thripidae), Curculionidae, Anthocoridae fueron las familias en este estrato con mayor número de individuos. Las que presentaron el más bajo número de individuos fueron: Aphelinidae, Aphididae, Cheyletidae, Chrysopidae, Empididae, Entomobryidae y Miridae (Cuadro 4; Figura 8).

En el cultivo de algodón se presentan diferentes micro hábitats en los distintos estratos de la planta y en cada uno de ellos se encuentran distintos organismos según sus hábitos alimenticios. Jaramillo *et al.* (2018) indican, que las diferentes especies de trips tienen preferencias alimenticias entre la cápsula, hoja joven y flor, estos investigadores, demostraron que *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) tiene una relación de tipo filófaga-carpófaga-antófaga en el cultivo de algodón, mientras que *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) presentó una preferencia filófaga-carpófaga, mientras que *Frankliniella cephalica* Crawford (Thysanoptera: Thripidae) tuvo una relación de tipo antofagia por su preferencia del microhábitat flor. También Gil y López (2017) reportan que la presencia de pulgones *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) y mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) pueden estar presentes durante todo el ciclo de algodón, mientras su población sea baja no causaran un daño económico significativo.

Funcionalidad trófica de las distintas familias

De las 15 familias de artrópodos encontradas entre los estratos del cultivo de algodón, se identificaron cinco que tienen especies importantes consideradas como plagas: Aleyrodidae, Aphididae, Curculionidae, Miridae y Thripidae (Cuadro 5), las cuales tienen especies que se alimentan del follaje y frutos, principalmente las tres primeras, y estas con base en Román (1997) succionan savia de la planta y secretan mielecilla sobre las hojas y consumen el interior del fruto, lo cual reduce la actividad fotosintética y afectan la calidad de la fibra y por ende el rendimiento. En el caso de la familia Miridae, cuenta con especies plaga del algodonoero; Cervantes y Huacuja, (2020)

mencionan que las ninfas y adultos de esta familia, se alimentan de la savia de las yemas terminales y los botones florales. Por otro lado, la familia Thripidae fue la más representativa, ya que presentó un gran número de individuos, Jaramillo *et al.* (2018) indican que diferentes especies de esta familia, principalmente las especies *T. tabaci* y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) pueden llegar a causar daños significativos en la producción de la fibra, ya que reducen la actividad fotosintética, por medio del raspado de hojas y la afectación en los frutos (bellotas).

Cuadro 5. Funcionalidad trófica de las familias encontradas en algodón GM en San Pedro, Coahuila.

Familia	Fitófago	Depredador	Parasitoide	Otro
Aleyrodidae	x			
Aphididae	x			
Anthocoridae		x		
Miridae	x			
Reduviidae		x		
Rophalidae				x
Mymaridae			x	
Eulophidae			x	
Aphelinidae			x	
Thripidae	x			
Curculionidae	x			
Cheyletidae		x		
Chrysopidae		x		
Empididae				x
Entomobryidae				x
Total: 15	33.33%	26.67%	20.00%	20.00%

También se encontraron cuatro familias con especies depredadoras (Cuadro 5), representadas en su mayor parte por la familia Anthocoridae, familia que cuenta con especies importantes como enemigos naturales de los trips, otra familia considerada depredadoras resultó ser Chrysopidae, al respecto Gamboa *et al.* (2016) indican que

las crisopas, principalmente las larvas, son excelentes depredadores de pulgones. También se identificó a Reduviidae y Cheyletidae; artrópodos de interés en el control biológico natural, por la importancia que tienen en controlar ninfas, larvas y pequeños huevecillos de otros artrópodos en su mayoría insectos chupadores (Nájera y Souza 2010; Cervantes y Huacuja, 2020).

El orden Hymenoptera cuenta con especies importantes que son parasitoides, en esta investigación, se encontraron tres familias, Eulophidae, Aphelinidae y Mymaridae (Cuadro 5), según Gómez (2020), en el cultivo de algodón GM la diversidad de especies de Hymenoptera es muy amplia, estos organismos benéficos no se ven afectados por las toxinas que expresa el algodón *Bt*, sin embargo bajo los esquemas de muestro que se realizaron, no es posible detectar mayor número de insectos perteneciente a este orden, Gómez (2020) realizó monitoreo mediante un sistema de captura con trampas de caída, en el que el número de parasitoides es mayor, tal vez atraído por los insectos capturados en este tipo de trampas.

Se encontró adicionalmente tres familias, Empididae (Diptera), Entomobryidae (Collembola) y Rhopalidae (Hemiptera) con otras funciones o hábitos alimenticios dentro del agroecosistema del algodón (Cuadro 5).

García *et al.* (2017) aportan que en el cultivo de algodón *Bt* existe gran diversidad de artrópodos con diferentes funciones tróficas, se pueden encontrar familias de depredadores importantes como Formicidae, Coccinellidae, Anthocoridae, Carabidae, Staphylinidae y Syrphidae. Así mismo, especies con hábitos fitófagos y que pueden causar daños considerables en el cultivo, familias importantes como Aleyrodidae, Thripidae, Cicadellidae y Agromyzidae. No obstante, mencionan que, en

el grupo de los parasitoides reportados para este cultivo, también se encuentran presentes algunas familias como: Eulophidae, Braconidae y Scelionidae.

Sánchez *et al.* (2018) exponen en un estudio de artropofauna asociada a maíz transgénico, que la presencia de la clase Insecta se encontró con mayor representatividad a las clases Arachnida y Miriapoda. Mencionan que el orden que predominó dentro de los taxones de artrópodos benéficos fue Hymenoptera, con el mayor número de individuos depredadores para el cultivo transgénico, con respecto a un cultivo convencional.

Comparación entre tipos de muestreo de artrópodos en el cultivo de algodón

Para tener un parámetro de comparación del método de muestreo estratificado se realizó una colecta con red entomológica y de esta forma tener un punto de comparación entre la diversidad de artrópodos muestreada. Por lo que, con el muestreo por medio de red entomológica, se obtuvieron un total de 965 insectos, se identificaron 16 familias, las cuales se integran en seis órdenes pertenecientes todos a la clase Insecta (Cuadro 6).

Cuadro 6. Total, de órdenes, familias e individuos capturados con red entomológica.

ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	PORCENTAJE “(%)”
Hemiptera	Aleyrodidae	535	55.44
	Anthocoridae	78	8.08
	Miridae	45	4.66
	Cicadellidae	14	1.45
	Reduviidae	5	0.51
	Delphacidae	1	0.10
	Pentatomidae	1	0.10
Hymenoptera	Eulophidae	24	2.48
	Aphelinidae	9	0.93
	Thynnidae	6	0.62
	Ichneumonidae	1	0.10
Coleoptera	Curculionidae	35	3.62
	Coccinellidae	2	0.20
Thysanoptera	Thripidae	185	19.17
Neuroptera	Chrysopidae	15	1.55
Diptera	Empididae	9	0.93
TOTAL: 6	16	965	100.00

Al igual que el muestreo por estratos, las familias con mayor número de individuos fueron Aleyrodidae y Thripidae, también se encontraron coincidencia entre ambos muestreos en las familias Anthocoridae, Miridae, Eulophidae, Aphelinidae, Curculionidae, Chrysopidae, Reduviidae y Empididae (Figura 9). Así mismo el muestreo con red entomológica nos permitió encontrar familias de depredadores y parasitoides (Coccinellidae e Ichneumonidae) que no fueron colectadas en el muestreo por estratos, así como las familias Cicadellidae y Delphacidae, que como mencionan Sánchez-Vega *et al.* (2021) han adquirido relevancia como plagas secundarias en el cultivo de maíz *Bt*.

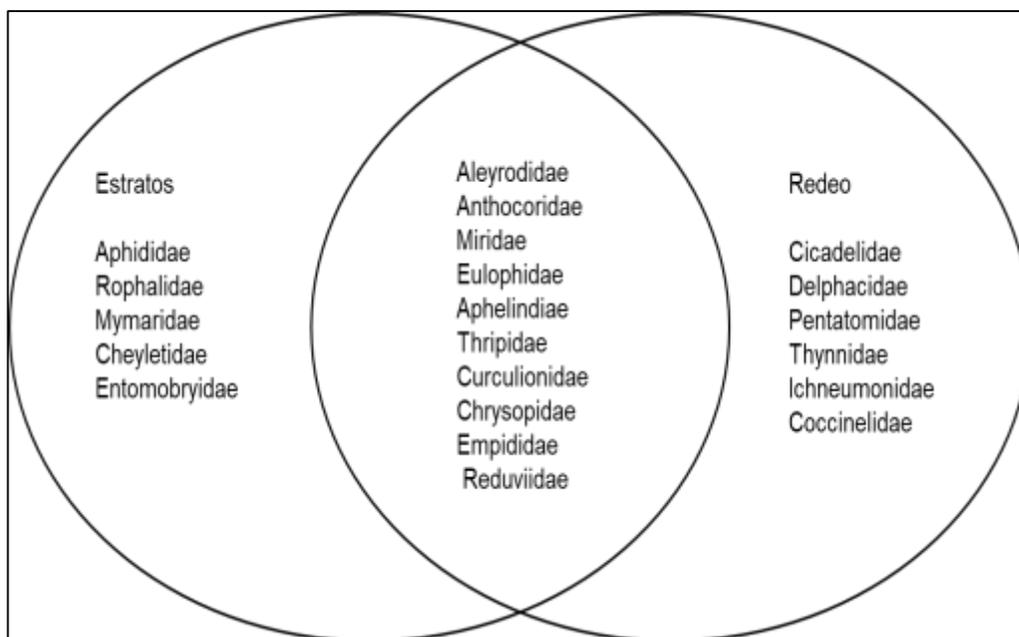


Figura 9. Coincidencia de familias encontradas en algodón GM, con un muestreo estratificado y con red entomológica.

Al comparar la riqueza entre el muestreo estratificado y con red entomológica no se observa gran diferencia entre las familias colectadas, ambos muestreos permiten capturar familias que interactúan en la vegetación del cultivo de algodón (Figura 9; Cuadro 6). En el muestreo por estratos se obtuvo una mayor abundancia en cuanto a individuos de la familia Aleyrodidae y Thripidae en comparación al muestreo con red entomológica (Cuadro 7), esto debido a que en el muestreo por estratos es dirigido, en el cuál se recolectaron individuos de mosca blanca (Aleyrodidae), principalmente en estado inmaduro (ninfas) que se caracterizan por ser gregarios y sésiles, en cambio, con el muestreo con red entomológica se capturaron solo adultos de Aleyrodidae, esto es debido a que con red entomológica se capturan individuos que son difíciles de capturar, mientras que con el muestreo que se realizó en esta investigación se capturan individuos que no se mueven con facilidad, cuando el medio en el que posan es perturbado. Tal es el caso del trabajo que presentan Livia

et al. (2020), donde encontraron que en muestreos de diversidad de insectos en su mayoría rastreros o que se encuentran sobre el estrato superior del suelo, asociados al cultivo del maíz, las hormigas cuando su hábitat es perturbado por las actividades agrícolas, tienden a dirigirse a zonas con menos movilidad, pero cercanas a su fuente de alimento, por lo que estos autores corroboran que las perturbaciones o movilidad del entorno o hábitat de los insectos puede modificar los valores de abundancia de individuos colectados en los estudios de diversidad, como ejemplo mencionan a *Linepithema* sp. Mayr (Hymenoptera: Formicidae), que fue la especie de hormigas más abundante del total contabilizado, debido a los hábitos alimenticios que tienen y sus formas de anidar, ya que son especies que se encuentran de forma predominante en estratos aéreos.

Cuadro 7. Familias de artrópodos colectados con un muestreo con red entomológica y muestreo estratificado.

Orden	Familias	Redeo		Estratos	
		Individuos	%	Individuos	%
Hemiptera	Aleyrodidae	535	55.45	686	48.28
	Aphididae	0	0.00	78	5.49
	Anthocoridae	78	8.09	60	4.22
	Miridae	45	4.70	33	2.32
	Cicadellidae	14	1.45	0	0.00
	Reduviidae	5	0.51	3	0.21
	Delphacidae	1	0.10	0	0.00
	Rophalidae	0	0.00	1	0.07
	Pentatomidae	1	0.10	0	0.00
Hymenoptera	Mymaridae	0	0.00	1	0.07
	Eulophidae	24	2.48	4	0.28
	Aphelinidae	9	0.93	2	0.14
	Thynnidae	6	0.62	0	0.00
	Ichneumonidae	1	0.10	0	0.00

...continuidad del Cuadro 7.

Thysanoptera	Thripidae	185	19.17	421	29.63
	Curculionidae	35	3.62	66	4.64
Coleoptera	Coccinellidae	2	0.20	0	0.00
Prostigmata	Cheyletidae	0	0.00	59	4.15
Neuroptera	Chrysopidae	15	1.55	4	0.28
Diptera	Empididae	9	0.93	2	0.14
Entomobryomorpha	Entomobryidae	0	0.00	1	0.07
Total: 8	21	965	100.00	1421	100.00

Si el objetivo es monitorear el comportamiento, distribución de la entomofauna en los diferentes microhábitats de la planta el muestreo por estratos es el indicado, como lo mencionan Flores-Pérez *et al.* (2015), al evaluar la artropofauna asociada a la higuera, en el estrato alto de la planta, encontraron mayor número de individuos en comparación al estrato bajo de la planta, esto puede ser posible debido a que en la parte apical se encuentran los brotes tiernos y hojas jóvenes, siendo estos mucho más suaves y fáciles de digerir.

Mientras que, si se quiere saber de manera general la abundancia y diversidad de la artropofauna, el muestreo con red entomológica resulta más eficiente. Sánchez *et al.* (2018) describen que, para muestrear artrópodos de acuerdo al micro hábitat, se pueden utilizar distintos métodos, para las partes aéreas los muestreos de captura con trampas pegajosas, trampas con feromonas y red entomológica, para individuos rastrosos o artrópodos que habitan en la superficie del suelo o estratos bajos de la planta, es preferible el método Berlesse o trampas Pitfall.

CONCLUSIONES

La familia Aleyrodidae fue la más abundante, seguido de Thripidae, Aphididae, Curculionidae, Anthocoridae, Cheyletidae, Miridae y con menor número de individuos Eulophidae, Chrysopidae, Reduviidae, Aphelinidae, Empididae y Mymaridae.

Del total de las familias, cinco poseen hábitos fitófagos, cuatro son familias depredadoras, tres parasitoides y tres más cumplen con otras funciones tróficas.

Los artrópodos se distribuyen en la planta de acuerdo a los diferentes micro hábitats que se generan entre los estratos de la planta y con relación a sus necesidades alimenticias y de reproducción, por tanto, en la etapa de floración del cultivo de algodón, se tienen tres micro hábitats, follaje (estrato medio y bajo) en él se encuentran los organismos con una relación de filofagia, es decir, que se alimentan de las hojas. En la flor se encuentran los que tienen una relación antofagia y en el fruto los que tienen una relación carpófaga.

LITERATURA CITADA

- BugGuide septiembre, 2021 Departamento de Entomología de la Universidad Estatal de Iowa, EUA. <https://bugguide.net/node/view/15740>
- Castillo, O. (2015). Control de plagas de lepidópteros en algodón mediante la expresión del gen híbrido que codifica para una delta-endotoxina de *Bacillus thuringiensis*. (Tesis de maestría). Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México. 2015.
- Casuso, M., Tarrago, J. y Galdeano, M. J. (2016) Producción de algodón: Recomendaciones para el manejo de plagas y del cultivo. 1ra edición. Ediciones INTA. p.85
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) (2020). Manejo Integrado de Plagas, una alternativa ante el uso de plaguicidas. Palacio Legislativo de San Lázaro, -ciudad de México. Julio 2020. Recuperado de http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-manejo_integrado_de_plagas-n-una_alternativa_ante_el_uso_de_los_plaguicidas.htm#:~:text=El%20Manejo%20Integrado%20de%20Plagas,abastecimiento%20para%20las%20futuras%20generaciones.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) (2019). Manejo Integrado de Plagas, una alternativa ante el uso de plaguicidas. Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México. Abril, 2019. Recuperado de http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/45Producci%C3%B3n_algod%C3%B3n_SGM.pdf
- Cervantes, J. F. y Huacuja, A. H. (2020). Guía de los Ácaros e Insectos Herbívoros de México. vol. 4. Ácaros e Insectos Antófagos y Carpófagos de Importancia Agrícola y Forestal. Primera edición, 2020. Universidad Autónoma Metropolitana. Guzon Editorial. Cuernavaca. Morelos.

- Díaz, M. C. y Mercado F. M. (2005). Comportamiento fenológico del periodo de floración en ocho variedades de algodón (*Gossypium hirsutum*), introducidas en Nicaragua en el Centro Experimental de Occidente-Posoltega, sometidas a un manejo convencional, durante el 2004. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. p.55
- Duarte, M. R. (2011). Validación del manejo integrado (modificado) del picudo del algodnero en San Pedro y Matamoros. (Tesis licenciatura). Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. p.43
- FAO y ABC. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Agencia Brasileña de Cooperación-Ministerio de Relaciones Exteriores. El Estado de Arte del Sector Algodonero en Países del Mercosur y Asociados. Santiago de Chile. 2017. <https://www.fao.org/3/i7314s/i7314s.pdf>
- FAO y ABC. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Agencia Brasileña de Cooperación-Ministerio de Relaciones Exteriores. Cooperación Sur-Sur Trilateral Estudio Nichos de Mercados del Algodón, Santiago de Chile. 2018. <http://iba-br.com/site/wp-content/uploads/2020/10/estudo-nicho-mercado.pdf>
- Flores-Pérez, L. R.; Calyecac-Cortero, M. G.; Goytia-Jiménez, M. A. y Miranda-Rangel, A. (2015). Entomofauna asociada a la higuierilla *Ricinus communis* L. en el Estado de México. Entomología Mexicana. Vol. 2: pp.358-364. <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2015/EA/PAG%20%20358-364.pdf>
- Gamboa, S., Souza, B. y Morales, R. (2016). Actividad depredadora de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) en cultivo de *Rosa* sp. Revista Colombiana de Entomologia. 42 (1): 54-58. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v42n1/v42n1a10.pdf>

- García, L.; Oyola Y.; Fernández, C.; Pérez, K. y Correa, E. (2017). Diversidad de artrópodos asociados al algodón *Bt* y convencional (*Gossypium hirsutum* L.) en Colombia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8 (14). <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263152088020.pdf>
- Gil, A. E. y López, S. E (2017). Principales plagas y controladores biológicos de *Gossypium hirsutum* L. “algodón nativo” de fibra verde en relación a su ciclo fenológico. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. Araldoa 24 (1): 359-368. doi: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992017000100018
- Gómez, C. H. (2020). Hymenoptera presente en el cultivo de algodón Genéticamente Modificado en San Pedro de las Colonias, Coahuila, Mexico. (Tesis licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p.47
- González, R. A. (2012). Efectividad Biológica de la Toxina *Cry1Ac* y *Cry2Ab* en la Madurez del Algodón Genéticamente Modificado *Bt*. Resistente a Insectos. (Tesis licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p.46.
- González, N. J. (2019). Interacción de la entomofauna presente en el cultivo de algodón Genéticamente Modificado, capturado en trampas de caída. (Tesis licenciatura) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Mexico. p.37
- Gutiérrez, G. D.; Ruiz, M. R. y Xoconostle, C. B. (2015). Estado Actual de los Cultivos Genéticamente Modificados en México y su Contexto Internacional. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México, 2015.

- Grimaldo, G. R. (2019). Entomofauna asociada a cuatro variedades DeltaPine de algodón Genéticamente Modificado. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p.39
- Harde, D.; Van Duyn, J.; Layton M. y Bagwell, R. (2001). *Bt* cotton & management of the tobacco budworm-bollworm complex. United States Department of Agriculture. p.37
<https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/oc/np/btcotton/btcotton.pdf>
- Hernández, F. V. (2019). Diversidad y composición de artrópodos asociados a variedades FiberMax de algodón Genéticamente Modificado con las toxinas *Cry* de *Bacillus thuringiensis*. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p.42
- Jaramillo, C. I., Rodríguez A., Varon, D. A., Monje, A. B., y Ebratt R. E. (2018). Preferencias de tisanópteros (Thysanoptera) por las estructuras aéreas de las plantas de algodón (*Gossypium hirsutum*) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 44(2): 151-157. doi.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v44n2/2665-4385-rcen-44-02-00151.pdf>
- Livia, C.; Sánchez, G. y Cruces, L. (2020). Diversidad de insectos del suelo asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Molina/Lima/Perú. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Ecología Aplicada. 19 (2). pp. 57.64.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162020000200057&script=sci_arttext
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para Medir la Biodiversidad M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza, vol. 1, 84 pp.
- Nájera, B. M, y Souza, B. (2010). Insectos benéficos. Guía para su identificación. 1ra edición, noviembre, Talleres Gráficos del Cromograf, Uruapan, Michoacán.
- Oosterhuis, D. M. y Jernstedt J. (1999). Morphology and Anatomy of the Cotton Plant. En A. Oosterhuis & J. Jernstedt (Ed.), *Cotton: Origin, History, Technology and*

Production. (pp. 175-206). Recuperado de <https://www.spar.msstate.edu/class/EPP-2008/Chapter%203/Reference%20material/Morphology%20and%20Anatomy%20of%20the%20Cotton%20Plant.pdf>

Ritchie, G. L., Bednarz, G. W., Jost, P. H., y Brown S. M. (2007). Cotton Growth and Development. The University of Georgia. Cooperative Extension. Colleges of Agricultural and Environmental Science & Family and Consumer Sciences. Bulletin 1252.

Román, E. (1997). Manejo Integrado de Mosca Blanca. Fondo de Fomento Algodonero. Disponible en <http://conalgodon.com/wp-content/uploads/2016/08/Manejo-integrado-de-Mosca-Blanca.pdf>

Sánchez-Vega, M.; Aguirre-Uribe, L. A.; Flores-Dávila, M.; Cerna-Chávez, E.; Ochoa-Fuentes, Y. M.; Hernández-Juárez, A. y Méndez-López, A. (2021). Diversity of Phytophagous Insects with Potential to Become Key Pests in Genetically Modified *Bt* Cotton. *Southwestern Entomologist*. Vol. 46, No. 2. pp 317-329

Sánchez, M. L., Linares, J. C. Fernández, C. R. y Pérez, K. D. (2018). Análisis de la entomofauna benéfica en cultivos de maíz transgénico y convencional, Córdoba, Colombia. *Temas agrarios*, vol. 23, num. 2. doi: <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1296%0A%09%09%09%09%09%09%09>

Sauka, D. H. y Benintende G. B. (2008). *Bacillus thuringensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. *Revista Argentina de Microbiología*. vol. 40. Núm. 2. pp. 124-140. <https://www.redalyc.org/pdf/2130/213016787013.pdf>

Sermeño, J. M. y Willfredo, R. A., (2004). Manual técnico: Muestreo de Plagas. Universidad del Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Unidad de Posgrado. P.141. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9147/1/A%20MUESTREO%20DE%20PLAGAS,%202004.pdf>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA);
Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) (2016). Picudo del algodouero
(*Anthonomus grandis* Boheman 1843) (Coleoptera: Curculionidae). Ficha
Técnica. Tecámac. México 12p.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171911/Ficha_Tecnica_Picudo_del_Algodonero.pdf

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
(SAGARPA) (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón
en México. Informe final, agosto 2013. Ciudad de México. Recuperado de
[https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-4-analisis-de-la-cadena-de-valor-en-la-produccion-de-
algodon-en-mexico.pdf](https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-4-analisis-de-la-cadena-de-valor-en-la-produccion-de-algodon-en-mexico.pdf)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2020). Panorama
Agroalimentario 2020. Disponible en: [https://www.inforural.com.mx/wp-
content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf](https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf)

Solleiro, J. L. y Mejía, A. O. (2016). Cadena de valor en la producción de algodón en
México: los desafíos del mercado global. 21° Encuentro Nacional sobre
Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán. Recuperado de
<http://ru.iiec.unam.mx/3426/1/175-Solleiro-Mejia.pdf>

Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the
Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, Belmont, California.
https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects

Villarreal, H., Álvarez, S., Cordoba, F., Escobar, G., Fagua, F., Gast, H., Mendoza,
M., Ospina y Umaña, A.M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de
inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
Bogota, Colombia. 236 p. <https://sib.gob.ar/archivos/IAVH-00288.pdf>

Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. (2018). Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Organica (PNAO). 244pp. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>