

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Entomofauna Asociada a Cuatro Variedades DeltaPine de Algodón Genéticamente Modificado.

Por:

RICARDO GRIMALDO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Entomofauna Asociada a Cuatro Variedades DeltaPine de Algodón Genéticamente Modificado.

Por:

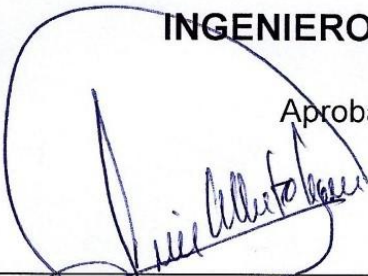
RICARDO GRIMALDO GARCÍA

TESIS

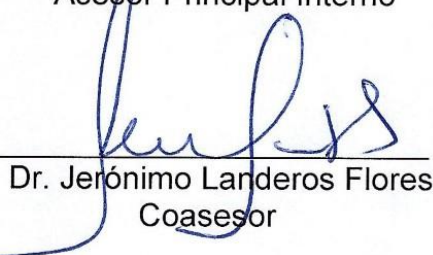
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

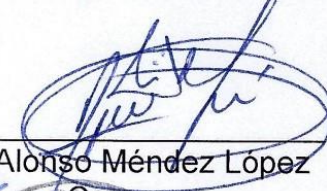
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Asesor Principal Interno


Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coasesor


Dr. Alonso Méndez López
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Satillo, Coahuila, México
Junio, 2019



AGRADECIMIENTOS

*A **Nuestro Padre Dios**, por prestarme la vida guiarme y cuidarme en cada momento de ella, también por poner personas buenas y bondadosas en mi camino y más que nada por haberme dado salud y fuerzas para lograr una etapa más de mi vida que hoy se termina, que quedara guardada en mi corazón mil gracias*

Dios, Nuestro Señor.

*A mi **Alma Mater**, por brindarme un lugar entre sus aulas y tener la dicha de formar parte de esta inigualable institución, por ser mi segunda casa y haberme forjado en ella, sobre todo por permitirme culminar profesionalmente, para tener la dicha de ser lo que llaman Ingeniero, por esto por tus enseñanzas y por demás razones mil gracias, mi querida e inolvidable Alma Mater.*

*Al **Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.34** de San Luis de la Paz, Gto., por cobijarme y enseñarme varias de las primeras lecciones a las que yo enfrentaría, gracias por otorgarme tan buenos valores a todos y cada uno de mis ex maestros, por haber colaborado en mi formación, gracias CBTA No.34.*

*A la. **Doctora Miriam Sánchez Vega**, por haberme dado la oportunidad de trabajar, en su proyecto de investigación, por su paciencia y valioso tiempo que me brindo siendo mi asesora de tesis.*

*Al **Dr. Alonso Méndez López**, por todo su apoyo que ofreció en el desarrollo del proyecto y más que nada en el desarrollo de mi tesis muchas gracias por su colaboración.*

*A mi tutor el **Ing. Antonio Cárdenas Elizondo**, por sus buenos consejos ánimos, tiempo y orientación que puso en mí a lo largo de la carrera, muchas gracias.*

Quiero también agradecer a mis maestros, así como compañeros que estuvieron conmigo y me dieron su apoyo antes, durante y después de terminar mi carrera profesional gracias por todo.

DEDICATORIA

*A mi Madre: **Eufrosina García León**, más que nada por el apoyo ilimitado e incondicional que me ha brindado cada día de mi vida, esa vida que me dio. Me siento demasiado afortunado al tener una madre tan buena y generosa y por qué siempre tiene la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, no hay palabra alguna para agradecerte mamá.*

*A mi Padre: **Benjamín Grimaldo Bertadillo** por el valor y coraje que ha tenido para levantarse de cualquier adversidad y por enseñarme a valorar los resultados de un gran esfuerzo, a conocer el precio de tener una gota de sudor en la frente, por darme tan sabios consejos, consejos que jamás olvidare papá.*

*A mis hermanos: **Fabiola, San Juana, Juan Pablo, Noé, Adrián, Rubén y Gabriela Grimaldo García**, por todo su maravilloso apoyo y confianza que me dieron desde un inicio, muchas gracias por creer tanto en mí, por desearme de lo bueno lo mejor, sepan que siempre estaré demasiado agradecido con todos y cada uno de ustedes gracias por tener tan buenos y generosos hermanos.*

*A mis sobrinos: **Nataly Guadalupe y Sebastián**, por ser tan cariñosos y regalarme tantos días llenos de sonrisas y felicidad.*

De todo corazón mil gracias por todo.

A mis abuelos

***Francisca León Villegas**, por que fuiste y eres un ejemplo incuestionable de sabiduría y fortalezas muchas gracias por todos los buenos deseos y apoyo.*

***José García** (†). Aunque no allá tenido la oportunidad de conocerte, me alegro de que me dieras una madre tan maravillosa, ella me ha contado que también te gustaba trabajar la tierra, muchas gracias por lo bueno que me dejaste.*

Ma. Transito Bertadillo Torres (†). Quiero agradecerle por los momentos que pase a su lado y de esas historias buenas y malas que contaba, que ahora me han servido en esta vida, vida que está llena de sorpresas. Siempre la recordare muchísimas gracias por esos inolvidables momentos.

Pedro Grimaldo Chávez (†). Que aunque ya no está al lado de toda la familia, su cariño y amor siempre prevalecerá, fue un hombre respetable, tolerante, humilde y bondadoso, un valioso ejemplo a seguir; llevare siempre en mi mente el gusto y amor por el campo.

A mis Primos: **Mariana Grimaldo Mata, Carlos Alonso Grimaldo Sánchez**: por su apoyo, motivación, opiniones, por ayudarme a creer y madurar como persona, por estar siempre conmigo apoyándome en todas las circunstancias que se me presentaron, no los considero solo familia sino también mis amigos, muchas gracias ya forman parte de esta alegría.

En general a las **familias Grimaldo Bertadillo y García León**, gracias por todos sus ánimos así como sus buenos deseos que me brindaron al emprender este nuevo camino que hoy se logra terminar, con orgullo digo no fue tan fácil pero lo logre, muchas gracias por hacerme más fuerte para enfrentar la vida.

Hoy le doy gracias a Dios por ayudarme a cumplir una más de mis metas, por haberme permitido estar donde estoy y por el día a día que pone en mi camino.

Esto es para todos ustedes y para mis amigos que están conmigo, gracias por apoyarme con una mirada, un consejo, una palabra, hoy se termina un ciclo que me deja con grandes satisfacciones, “mil gracias”.

Dios los Bendiga hoy y para siempre.

INDICE DE CONTENIDO

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	I
<i>DEDICATORIA</i>	II
INDICE DE CONTENIDO.....	IV
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia del algodón	4
2.1.1 Situación de la producción del algodón a nivel mundial.....	5
2.1.2 Importancia del cultivo de algodón en México	5
2.2 Fenología del cultivo del algodón	5
2.3 Proceso productivo del algodón en México	6
2.4 Principales plagas del algodón en la Comarca lagunera	8
2.4.1 Métodos de control y manejo de plagas del algodón	8
2.5 Importancia de los cultivos Genéticamente Modificados.....	10
2.5.1 El algodón <i>Bt</i> y sus características.....	11
2.5.2 Descripción de genes incorporados a materiales de algodón	12
2.5.3 Modo de acción de las toxinas Cry de <i>Bt</i>	13
2.5.4 Variedades comerciales	13
2.6 Métodos de medición de diversidad de especies.....	14
2.6.1 Muestreo de diversidad de especies	15

2.6.1.1 Muestreo directo	16
2.6.1.2 Muestreo al azar simple o irrestricto o aleatorio simple	17
2.7 Índices de diversidad.....	17
2.7.1 Medición de la riqueza específica.....	19
2.7.2 Índices de dominancia.....	20
2.7.3 Índice de Simpson.....	20
2.7.4 Índices de equidad	20
2.7.5 Índice de Shannon-Wiener	21
2.8 Antecedentes de entomofauna en cultivos GM.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Ubicación de la zona de estudio	24
3.2 Establecimiento del experimento y diseño experimental.....	24
3.2.1 Descripción de híbridos de algodón DeltaPine (DP)	24
3.3 Muestreos de entomofauna	25
3.4 Limpieza de muestras	26
3.5 Identificación y conteo de entomofauna	26
3.6 Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Constitución de la riqueza específica.....	28
4.2 Abundancia de especies por híbrido de algodón DP	30
4.3 Fluctuación de la entomofauna por híbrido de algodón DP	31
4.4 Riqueza específica	35
4.5 Análisis de varianza	38
4.6 Análisis de diversidad de especies	39
V CONCLUSIONES	42
VI LITERATURA CONSULTADA.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ejemplo de la descripción de algunas de las δ -endotoxinas de <i>Bacillus thuringiensis</i> , que expresa el algodón GM.....	12
Cuadro 2. Riqueza y abundancia de los órdenes de insectos colectados en el cultivo de algodón GM. San Pedro, Coahuila, México, 2017.	28
Cuadro 3: Abundancia de insectos colectados por híbrido de algodón pertenecientes a la línea DeltaPine. San Pedro, Coahuila, México, 2017.	30
Cuadro 4: Riqueza específica recolectada en el cultivo de algodón GM identificada a nivel especie. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	36
Cuadro 5. Análisis no paramétrico de la varianza y la comparación de medias por la prueba de Kruskal-Wallis, en los individuos colectados para los diferentes órdenes identificados en el cultivo de algodón GM. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.....	38
Cuadro 6: Parámetros de diversidad de especies, sobre la abundancia de insectos colectados en híbridos de algodón GM en diferentes etapas de floración. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquemas de recorridos en X (A), zigzag (B), para muestreos dirigidos.	16
Figura 2: Esquemas representativos de un muestreo aleatorio en cada caso, los tres primeros bajo un trazo y el cuarto es al completamente al azar.	17
Figura 3: Clasificación de los métodos de medición para la diversidad beta.....	18
Figura 5: Riqueza específica de cada uno de los órdenes que se presentaron en el algodón GM. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	29
Figura 6: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP0912. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	31
Figura 7: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP0935. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	32
Figura 8: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP1321. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.	32
Figura 9: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP1441, considerado como testigo, por solo ser tolerante a herbicida. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.....	32

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el rancho conocido como “El Rincón del Buitre” perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que está ubicado en el municipio de San Pedro, dentro en una de las zonas productoras de algodón más importantes del país, la región lagunera en Coahuila, México. El objetivo fue determinar el comportamiento de los insectos que participan e interaccionan en la etapa de floración del cultivo de algodón Genéticamente Modificado (GM); por lo que se aborda la detección de la entomofaunística en este cultivo.

La investigación se llevó a cabo en parcelas establecidas con el cultivo de algodón, en cuatro híbridos DeltaPine (DP) muestreando una hectárea de cada híbrido. Se recolectó un total de 690 insectos por medio de golpe con una red entomológica de 38 cm de diámetro, en cuatro muestreos realizados al azar y en fechas diferentes dentro de la etapa de floración del cultivo; se identificaron siete Ordenes, 38 Familias y 50 especies.

De los insectos recolectados el Orden Diptera fue el que obtuvo mayor número de especies identificadas seguido de Hemiptera en tercer lugar se ubicó Coleoptera; los demás ordenes presentaron poca riqueza; sin embargo, el Orden Lepidoptera tuvo mayor abundancia en cuanto a número de insectos con un total de 215.

El análisis de varianza aplicado sobre el número de individuos capturados, indicó que no hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre los híbridos para cada uno de los órdenes identificados en algodón GM, sin embargo entre colectas si se registraron diferencias con una confiabilidad del 95% entre dípteros e himenopteros.

Palabras clave: Abundancia, riqueza específica, composición entomofaunística, diversidad de insectos, insectos no blanco.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Gossypium*, incluye 50 especies; cuatro de estas son cultivadas para obtener fibra y las otras 46 están distribuidas a través del trópico y el subtrópico en formas silvestres. Las especies silvestres de *Gossypium* son fuentes importantes de características genéticas como propiedades particulares de fibra y esterilidad masculina citoplasmática. Las variedades cultivadas provienen de una base genética estrecha, el movimiento de genes de una especie a otra se ha convertido en el principal método para incrementar la diversidad genética. (Burbano *et al.*, 2018). Los recursos genéticos son la base de la seguridad alimentaria de un país al igual que la materia prima para el desarrollo de nuevas variedades con características que les permitan ser resistentes a plagas, enfermedades, escasez de agua, cambios climáticos, ente otros. Las razas y variedades criollas son el resultado del proceso de evolución de las culturas humanas y sus respectivos entornos (Pérez, 2016).

El Manejo Integrado de Plagas es un método fundamental en la agricultura de conservación que armoniza los controles químicos y biológicos a fin de proteger los ecosistemas agrícolas y sus recursos naturales. El cultivo del algodón presenta problemas de plagas insectiles que pueden afectar el rendimiento de forma significativa, tal es el caso de Coleoptera pues en este Orden se encuentra los problemas entomológicos más importante en los cultivos comerciales causando pérdidas de hasta 15%, otro ejemplo son los Lepidoptera y Diptera; en este sentido, se llegan a utilizar estrategias de control de insectos tales como técnicas culturales, enemigos naturales, entomopatógenos y agentes químicos. *Bacillus thuringiensis (Bt)* es una bacteria entomopatógena ampliamente utilizada en el control de insectos-plaga de los órdenes Lepidoptera, Coleoptera y Diptera (López, 2012).

Los índices de diversidad son herramientas que nos permiten tener una perspectiva de la situación de la comunidad, con el fin de realizar muestreos ambientales y tomar decisiones de conservación y manejo (Spellerberg, 1991).

Los insectos son el grupo de animales más exitoso en el planeta tierra, con 1'004.898 especies formalmente descritas. Parte de esta riqueza se debe a su variada biología, en diversos ambientes sus comportamientos y sus aptitudes si son perjudiciales o benéficos para nuestro interés por ejemplo en diversos cultivos de consumo o que nos afecten en nuestra forma de vivir, unida a una larga historia de más de 400 millones de años y muy poca respuesta a las extinciones en masa. Por eso se realizan varios estudios sobre diversidad de insectos en diferentes cultivos a los que se asocian estos individuos (Adler y Footitt, 2009).

A lo largo del tiempo se han desarrollado varios cultivos genéticamente modificados entre ellos está el maíz, soya, tomate, canola, entre otras está el algodón con variedades transgénicas en el mercado con resistencia al gusano rosado y no solo a este, también logra controlar otros lepidópteros y sin causar daños a la fauna benéfica, como depredadores y parasitoides las cuales contiene genes que producen las toxinas Cry1Ac, Cry2Ab como las más utilizadas, dichas toxinas provienen de *B. thuringiensis (Bt)*. Estas variedades proporcionan un excelente control a plagas de lepidopteros (Palemón, 2001). En México específicamente en el Valle de Mexicali, Baja california, las larvas fueron susceptibles a las toxinas del *Bt* sin evidenciar efectos de resistencia (Ávila *et al.*, 2010). Por otro lado, son pocos los estudios que se han realizado, en el muestreo y efecto que se tienen en la fauna insectil no blanco a la tecnología *Bt*, por lo que en la presente investigación se estudió la influencia de las toxinas presentes en los híbridos de algodón GM de la línea DeltaPine sobre la entomofauna, con la finalidad de determinar si hay alteración en la composición de su diversidad.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar y analizar la diversidad y composición de la entomofauna asociada al cultivo de algodón genéticamente modificado en cuatro variedades DeltaPine con transformación para *B. thuringiensis* (*Bt*), en el Rancho el Rincón del Buitre ubicado en San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar y cuantificar a nivel de Familia la fauna de insectos asociada a cuatro variedades de algodón *Bt*.
- Analizar la diversidad, abundancia y riqueza de los insectos asociados al cultivo de algodón *Bt* en la región productora de San Pedro de las Colonias Coahuila, México.

1.2 Hipótesis

Parte de los estudios realizados en cultivos genéticamente modificados (GM) para la expresión de las toxinas Cry de *Bt*, es la evaluación de los efectos no intencionales sobre el ambiente y hacia los organismos no blanco a ésta tecnología, dichos efectos, comprenden alteraciones en la biodiversidad y efectos a nivel de redes tróficas, entre otras, en este sentido se pretende comprobar que existen diferencias en la diversidad de la entomofauna insectil asociada al cultivo de algodón *Bt* y afinidad de los insectos a las variedades GM que se producen en la región de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México; importante zona productora a nivel nacional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del algodón

En la actualidad el cultivo del algodón tiene un valor económico y social de suma importancia para nuestro país ya que su producción, transformación y comercialización, permite generar empleos e ingresos directos e indirectos para quienes los producen, transforman y comercializan (Quiñones, 2007).

Como respuesta a esta crisis de los sistemas alimentarios, la biotecnología moderna desde la última década del siglo XX ha promovido la implementación de los cultivos genéticamente modificados (GM) como una solución para reducir el hambre de la humanidad y otros aspectos como las aplicaciones de químicos que amenazan al medio ambiente, al aumentar la producción agrícola (Rodríguez, 2017).

Antes del despliegue de la tecnología GM, la producción de algodón estaba asociada a altos costos ambientales, económicos y sanitarios debido a la necesidad de grandes cantidades de aplicaciones de plaguicidas para llegar a controlar las plagas causantes de las mermas en la producción del cultivo. Se necesitaba una estrategia diferente para mejorar los rendimientos. Por lo tanto, los productores adoptaron la tecnología que involucraba huertas de algodón transgénico con genes insertados que confieren resistencia a las plagas de lepidópteros y a los herbicidas (Deguine *et al.*, 2008).

2.1.1 Situación de la producción del algodón a nivel mundial

El algodón es cultivado en 130 países, con una producción mundial de 25 millones de toneladas por año en volumen cinco veces mayor que el de todas las fibras naturales. Por lo tanto, ocupa un 25% de la superficie agrícola del planeta, unos 34 millones de hectáreas según las cifras del comité consultivo internacional del algodón (ICAC, por sus siglas en inglés). Los principales productores de algodón son: China, Estados Unidos, India, Pakistán, Uzbekistán y Brasil (Estopier, 2010).

2.1.2 Importancia del cultivo de algodón en México

La Comarca Lagunera que comprende los estados de (Coahuila y Durango) es la zona en la que se cultiva la mayor cantidad de algodón en México. Los estados en los que el algodón se cultivó con éxito en el 2011 fueron: Sinaloa, Sonora, Baja California, Chihuahua, Tamaulipas, Coahuila y Durango (CONACYT, 2011).

En México se siembran anualmente 210 mil hectáreas de algodonoero, con una producción de 872 mil pacas, de las cuales 582 mil se destinan al consumo interno 290 mil se exportan a otros países generando divisas del orden de los 287 mil millones de pesos, esto sitúa al algodonoero como segundo cultivo agrícola de exportación superado únicamente por el café (Estopier, 2010).

2.2 Fenología del cultivo del algodón

El ciclo del algodón se divide en cinco fases diferentes: I) nacencia, II) plántula o embrión: desde el despliegue de los cotiledones al tener 3 a 4 hojas (duración de 20 a 25 días), III) prefoliación: del estadio de 3 a 4 hojas al comienzo de floración

(de 30 a 35 días), IV) floración (de 50 a 70 días), y V) maduración de las capsulas (duración de 50 a 80 días) (Manjarrez, 2008)

2.3 Proceso productivo del algodón en México

El proceso productivo del algodón en México se lleva a cabo en el ciclo primavera verano y las siembras están reguladas por la norma oficial mexicana NOM-026-FITO-1995 y los Comités Estatales de Sanidad Vegetal para la regulación de plagas (Cajal, 2012).

1. Limpieza del terreno: El proceso comienza en primavera. Las máquinas cultivadoras arrancan malezas y hierbas que pueden competir con el algodón por los nutrientes del suelo, la luz solar y el agua, y que puedan ser hospederas o atraer plagas que puedan dañar al cultivo.

2. Proceso de plantación: La siembra de algodón en México ya se encuentra mecanizada, muy pocos son los productores que siembran de forma manual. Por tanto, la semilla de algodón es sembrada por máquinas que plantan hasta 12 hileras a la vez. Primero, abren un surco pequeño en cada fila, cae en semilla y las cubre.

Las semillas pueden depositarse en pequeños grupos o de una en una y se coloca de 1.9 a 3.2 centímetros de profundidad, dependiendo del clima.

3. Emergencia de la plántula: Con buena humedad del suelo y temperatura cálida, las plántulas suelen emerger entre los cinco a siete días después de la siembra, y la presencia de las hojas verdaderas alrededor de los 11 días.

4. Floración del algodón: Los brotes maduran durante tres semanas y luego florecen. Las flores son amarillas cremosas que se vuelven rosadas, luego rojas al ser polinizadas, y luego caen a sólo tres días de su apertura. Una vez que la flor cae, un pequeño ovario (al cual se le denomina “cuadros”) queda en la planta de algodón. Este ovario madura y se agranda, el fruto del algodón es una capsula, la cual madura en un período que oscila entre 55 y 80 días. Durante este tiempo, la cápsula crece y las fibras húmedas empujan las semillas recién formadas hacia afuera. En casi seis semanas, las fibras se vuelven más gruesas y diez semanas después de que las flores aparecen; las fibras separan la cápsula y el algodón se expone.

5. Deshoje del algodón: La planta de algodón se deshoja si se va a cosechar a máquina. La defoliación (eliminar las hojas) se consigue a menudo pulverizando la planta con un producto químico (principalmente herbicida). Sin defoliación, el algodón debe ser recogido a mano, con los obreros limpiando las hojas mientras trabajan.

6. Cosecha: Se realiza con máquinas, y el motivo es sencillo: una sola máquina reemplaza a 50 recolectores manuales. Se utilizan dos sistemas mecánicos para cosechar algodón. El sistema de recogida utiliza viento y guías para extraer el algodón de la planta. El sistema de separación corta la planta y usa aire para separar la basura del algodón.

7. Almacenaje: La mayoría del algodón se almacena en “módulos”, que contienen 13-15 pacas en recipientes resistentes al agua hasta que estén listos para ser descartados. El módulo de algodón se limpia, comprime, etiqueta y almacena.

8. Comprensión en fardos: El algodón limpio y sin semillas es entonces comprimido en fardos, lo que permite el almacenamiento económico y el transporte del algodón. Los fardos comprimidos son atados y envueltos.

2.4 Principales plagas del algodón en la Comarca lagunera

Las principales plagas que se encuentran en el cultivo del algodón, en la Comarca lagunera son el gusano bellotero (*Heliothis virescens* Fabricius, 1777), la chinche llamada conchuela (*Chlorochroa ligata* Say, 1832), el picudo del algodonoero (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843), la mosquita blanca (*Tetraleurodes vaporarorum* Westwood y *Bemisia tabaci* Gennadius), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*, Smith) (Ñañez, 2012).

2.4.1 Métodos de control y manejo de plagas del algodón

Preventivo: A partir de la siembra pueden establecer trampas que sirven para monitorear la entrada de picudo, gusano soldado y gusano rosado principalmente para estar prevenidos con el “cuándo” y “con qué” empezar a manejar dichas plagas (Pimental, 2015).

Control genético: La resistencia varietal, es una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP) la cual ha sido considerada como otra alternativa que puede ser ecológica ya que puede reducir la dependencia del uso de insecticida sintético y compatible con otros métodos de control (Vallejo y Estrada, 2002).

Las plantas expresan su resistencia de diferentes maneras, la ingeniería genética ha aportado, técnicas muy interesantes para conseguir variedades de plantas resistentes a las plagas. Así, por ejemplo, un gen de la bacteria del suelo *Bacillus*

thuringiensis (productora de una toxina que mata a los insectos) ha sido introducido en plantas de algodón. Las orugas que se alimentan de hojas de estas plantas mueren o sufren graves alteraciones en su desarrollo. Además disponen de la acción de genes complementarios y de genes menores que impiden el establecimiento y el avance de las plagas. El otro tipo de defensa se manifiesta con la presencia de compuestos antimicrobianos y otras sustancias que le permiten a la célula evitar el daño que causa el microorganismo o el artrópodo. Esta protección es generalmente inducida por agentes biológicos, físicos o químicos y su efecto puede ser de corta duración (Bustamante y Patiño, 2001).

Biológico: Cuando inicia la producción de cuadros del algodón y de acuerdo con los muestreos realizados, se utiliza el control biológico hacia el gusano bellotero, a través de las liberaciones de insectos benéficos y básicamente de crisopas. Las liberaciones se suspenden hasta que se considere que ya no es efectivo dicho control biológico y empezar a planear una nueva estrategia (Pimental, 2015).

Químico: Inicia cuando se alcanzan los niveles críticos para cada una de las plagas presentes en el momento de la inspección y bajo umbrales económicos. Los productos químicos se deben manejar y alternarse de acuerdo con las especies presentes, empleando las dosis recomendadas (Pimental, 2015).

El periodo de control químico de las principales plagas del algodonoero comprende de la cuarta a la novena semana de floración, y corresponde aproximadamente de los 80 a 120 días después de la siembra. Las épocas críticas de control de gusano rosado son la primera y segunda generación de adultos y del gusano bellotero la segunda y tercera generación de larvas, las épocas críticas para el control del picudo en el algodonoero son la primera, segunda y tercera generación de adultos (Bautista, 2006).

Cultural: El control cultural es de las últimas estrategias a utilizar para el manejo de las plagas, a través del desvare y el barbecho lo más temprano posible, con la finalidad de reducir las poblaciones invernantes, y consecuentemente reducir las poblaciones presentes en el siguiente ciclo algodonero (Pimental, 2015).

2.5 Importancia de los cultivos Genéticamente Modificados

Se consideran cultivos GM aquellos cuyas características genéticas son modificadas con el fin de que su comportamiento como las funciones o rasgos se adapten a unas condiciones que no poseen las especies naturales. Es cierto que el ser humano ha domesticado, seleccionado y cruzado las plantas y los animales, para adaptarlos a su hábitat, gustos y necesidades. Sin embargo, ante el desarrollo de la manipulación genética aparecen diversos peligros, tal vez irreversibles, para las personas y para el medio natural (Hobbelink, 1987).

Los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) y en particular los cultivos GM, son especies vegetales que han sido sometidas a la incorporación o modificación de genes mediante el uso de herramientas de ingeniería genética con el objetivo de desarrollar nuevas variedades con mejores características que las anteriores. La modificación genética de plantas es por lo tanto definida como la manipulación del desarrollo, estructura o composición de una planta por medio de la inserción de secuencias de ADN específicas (Halford y Shewry, 2000).

Los cultivos transgénicos o GM, es uno de los productos principales de la biotecnología agrícola, se están convirtiendo más y más en un elemento dominante de las áreas agrícolas de los Estados Unidos y de otros países como China, Argentina, México y Canadá (Massieu, 2009).

En los Estados Unidos, Argentina y Canadá, más de la mitad del promedio de los cultivos mayores, tales como soya, maíz y canola, son plantados con variedades GM. Los cultivos resistentes a herbicidas (CRH) y resistentes a insectos (cultivos *Bt*) representaron respectivamente el 59 y el 15% del total del área global para cultivos GM en el año 2000 (Rodríguez, 2007).

El proceso de generación u obtención de un cultivo nuevo GM puede dividirse en seis etapas: 1) identificación y caracterización del gen de interés, 2) incorporación del gen de interés en una construcción genética adecuada, 3) introducción de la construcción en las células vegetales, 4) selección de plantas transformadas, 5) regeneración de la planta completa a partir de células transformadas, e 6) incorporación de la característica nueva en variedades comerciales (Halford y Shewry, 2000).

Actualmente hay disponibles diversos protocolos eficientes de transformación genética para una variedad de plantas, incluyendo cereales, leguminosas, cultivos forrajeros, oleaginosas, plantas ornamentales y arboles forestales. Las técnicas de transformación vegetal ofrecen la posibilidad de acceder a un número ilimitado de genes que con anterioridad no eran accesibles a los fitomejoradores, específicamente en el caso de transferencia de genes provenientes de especies no compatibles sexualmente, aumentando en gran medida las opciones de mejoramiento genético (Basu *et al.*, 2010).

2.5.1 El algodón *Bt* y sus características

El algodón resistente a insectos fue desarrollado por ingeniería genética mediante la inserción de un gen de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) al genoma de la planta, para conferirle la producción de la proteína Cry δ -endotoxina que es el principal factor de toxicidad para ciertos insectos (Portela *et al.*, 2013).

La bacteria de *Bacillus thuringiensis* es muy común ya que se encuentra en el suelo y puede producir proteínas, las proteínas Cry (cristal proteínico) son tóxicas para algunos tipos de insectos en especial orugas. El cristal proteínico está constituido por proteínas denominadas δ -endotoxinas también conocidas como proteínas Cry ó Cyt. Se han encontrado δ -endotoxinas activas contra insectos lepidópteros (mariposas), coleópteros (escarabajos), dípteros (mosquitos), himenópteros (hormigas), ácaros y también contra otros invertebrados como nemátodos, gusanos planos y protozoarios. Para que la proteína sea eficaz, el insecto en cuestión debe ingerir la proteína Cry del *Bacillus thuringiensis* (ITC, 2015).

2.5.2 Descripción de genes incorporados a materiales de algodón

El gen de la producción de las δ -endotoxinas fue integrado al genoma del cultivo de algodón y existen en la actualidad diferentes tipos de toxinas Cry, expresadas por el cultivo *Bt* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ejemplo de la descripción de algunas de las δ -endotoxinas de *Bacillus thuringiensis*, que expresa el algodón GM.

Gen transgénico	Proteínas con actividad insecticida	Nombre Comercial	Propietario	Actividad Biológica
	Cry1Ac	Bollgard	Monsanto	Control de Lepidópteros
	Cry1Ac + Cry2Ab	Bollgard II	Monsanto	Control de Lepidópteros
	Cry1Ac+Cry1F	Widestrike	Dow Agrosciences	Control de Lepidópteros
	Vip3a	vipCot	Syngenta	Control de Lepidópteros

Fuente: (Burbano *et al.*, 2018)

2.5.3 Modo de acción de las toxinas Cry de *Bt*

Para que actúen las toxinas Cry de *Bt* se requiere que estas sean ingeridas por los insectos y de esta forma se tenga el efecto toxico en el organismo. En el intestino del insecto, la proteína se solubiliza debido al alto pH alcalino y se degrada hasta quedar el núcleo proteico que genera la actividad tóxica. El núcleo de la proteína se une a receptores específicos en el intestino medio de insectos lepidópteros, se inserta dentro de la membrana y forma poros que rompen el flujo de iones existentes en el tubo digestivo. De esta forma se produce una parálisis en el proceso de la digestión, hasta causar la muerte del insecto por inanición (Bravo, 2004).

Los tejidos del sistema digestivo de insectos no objetivo, mamíferos, pájaros y peces carecen de receptores donde se pueda unir alguna de las proteínas Cry específicas. Las proteínas Cry tienen un pH ácido, lo que impide que se interrumpa la digestión y en consecuencia esta no es tóxica para especies distintas a insectos lepidópteros (MONSANTO, 2002).

2.5.4 Variedades comerciales

En los diferentes centros de investigación de Bayer CropScience a nivel mundial, se desarrolla el Programa de Mejoramiento Genético de Algodón. El trabajo intenso ha permitido obtener variedades de algodón FiberMax® más productivas y con un alto nivel de sanidad, basado en las experiencias de Estados Unidos y Australia. Así, se han desarrollado plantas tolerantes a plagas de importancia económica en las regiones productoras de algodón (Justo, 2013).

Tecnología Bollgard®. El algodón Bollgard, producido por Monsanto, que contiene un gen que codifica para la producción de una proteína cristal insecticida, Cry1Ac δ -endotoxina de *Bt* (Adamczyk y Gore, 2004). Las plagas de lepidópteros, tales como el gusano del tabaco, complejo bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie y *Heliothis virescens* Fabricius) y gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders), son particularmente susceptibles a la endotoxina Cry 1Ac (Adamczyk y Gore, 2004).

Tecnología Bollgard II®. El algodón Bollgard II contiene dos diferentes proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* subsp. Kurstaki (Cry1Ac y Cry2Ab) que aumenta el nivel y espectro de control de plagas y reducen la probabilidad de desarrollo de resistencia en los insectos blanco (Hernández, 2013).

2.6 Métodos de medición de diversidad de especies

En la medición de la diversidad de especies, es importante tener en cuenta los conceptos básicos de especie, el cual se refiere a un conjunto de individuos con características semejantes que tienen la capacidad para reproducirse; población que es el conjunto de individuos de la misma especie que comparten el mismo hábitat o espacio geográfico y comunidad conjunto de poblaciones que viven e interactúan en una zona (Moreno, 2001).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

En el estudio de la diversidad, se debe considerar la forma en la que se toman los datos y el diseño experimental que se aplique. Es necesario tener réplicas de cada muestra para poder acompañar el valor de un índice con el de alguna medida de la dispersión de los datos (varianza, desviación estándar o coeficiente de variación), o estimar el valor mínimo y máximo hipotéticos del índice bajo las condiciones del muestreo (Spellerberg, 1991).

Un aspecto crítico del análisis es asegurarse de que las réplicas estén apropiadamente dispersas (en el espacio o en el tiempo) de acuerdo con la hipótesis que está siendo probada. Esto evita caer en el error señalado. Como pseudoreplicación, que implica la prueba del efecto de algún tratamiento con un término de error inapropiado. En los análisis de diversidad, esto puede deberse al espacio físico real sobre el cual son tomadas las muestras, o a que las mediciones son inadecuadamente pequeñas, es decir, son restringidas a un espacio menor al inferencial implícito en la hipótesis (Moreno, 2001).

2.6.1 Muestreo de diversidad de especies

El muestreo, es la acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo. Cuando este muestreo, dentro de un cultivo, toma características de continuidad o periodicidad, pasa a transformarse en monitoreo (INTA, 2012).

La colecta de insectos requiere aplicar una variedad amplia de técnicas debido al gran número de especies y variedad de hábitos de vida que presentan. La mayoría de las técnicas utilizadas responden a objetivos específicos de cada tipo de estudio; sin embargo, pueden ser divididas de manera muy general en técnicas de colecta directas (activas) y técnicas de colecta indirectas. Una segunda forma

general de dividir las, no sólo para los insectos, sino para los artrópodos en general, es por ambientes, teniendo colecta terrestre y acuática (Martín, 1977).

2.6.1.1 Muestreo directo

Consiste en la búsqueda directa, a vista, de insectos en los hábitats que ocupan. Además de ejemplares adultos y de restos (élitros) que pueden ser identificables, muchas veces este método proporciona larvas que tienen que ser criadas hasta el estado adulto para poder ser identificadas. Sus ventajas son que permite encontrar especies que escapan a otros métodos de muestreo y que permite establecer una relación directa entre la especie encontrada y su hábitat. Sin embargo, no permite cuantificar fácilmente el esfuerzo de muestreo realizado. Además es muy destructivo y no permite el muestreo completo del interior de troncos, por ejemplo (Okland, 1996).

Recorrido en X: consiste en dibujar una X imaginaria en el área a ser muestreada y coleccionar varias muestras durante la trayectoria del recorrido hasta completar la cantidad necesaria de muestra (Figura 1A).

Recorrido en zigzag: consiste en dibujar un zigzag imaginario en el área de muestreo y coleccionar varias muestras a lo largo del trayecto, hasta completar la cantidad necesaria de muestra (Figura 1B).

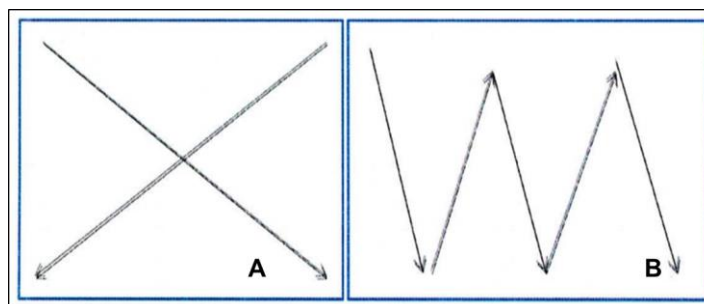


Figura 1. Esquemas de recorridos en X (A), zigzag (B), para muestreos dirigidos.

2.6.1.2 Muestreo al azar simple o irrestricto o aleatorio simple

Es aquel que permite seleccionar unidades dentro de N posibles, teniendo cada una las mismas probabilidades de ser elegida. En este tipo de muestras, cada posible unidad "x" de la población "N" tiene igual probabilidad (P_i) de ser seleccionada en la muestra (Wilfredo, 2004).

En este método la 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 número 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 (Wilfredo, 2004).

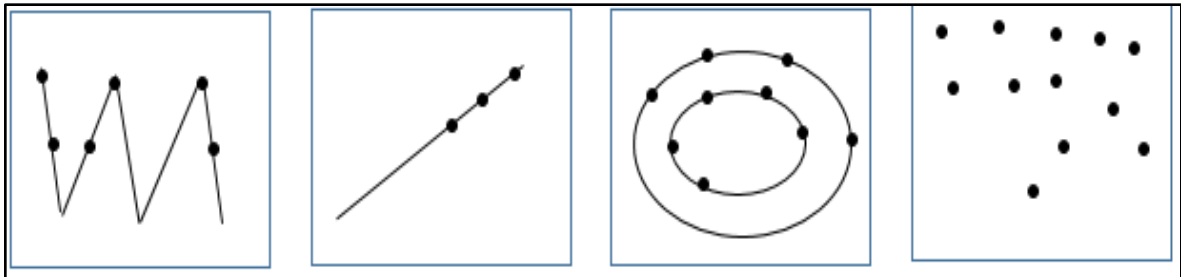


Figura 2. Esquemas representativos de un muestreo aleatorio en cada caso, los tres primeros bajo un trazo y el cuarto es al completamente al azar.

2.7 Índices de diversidad

En la obtención de los parámetros completos en estudios de diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad, esto se realiza por medio del cálculo de índices de diversidad (Figura 3 y 4). La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y

sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Los valores de índices como el de Shannon-Wiener para un conjunto de muestras se distribuyen normalmente, por lo que son susceptibles de analizarse con pruebas paramétricas robustas como los análisis de varianza (Magurran, 1988).

Sin embargo, aún y cuando un índice sea aplicado cumpliendo los supuestos del modelo y su variación refleje cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, resulta generalmente difícil de interpretar por sí mismo, y sus cambios sólo pueden ser explicados regresando a los datos de riqueza específica y abundancia proporcional de las especies. Por lo tanto, lo más conveniente es presentar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad (Magurran, 1988).

Figura 3: Clasificación de los métodos de medición para la diversidad beta.

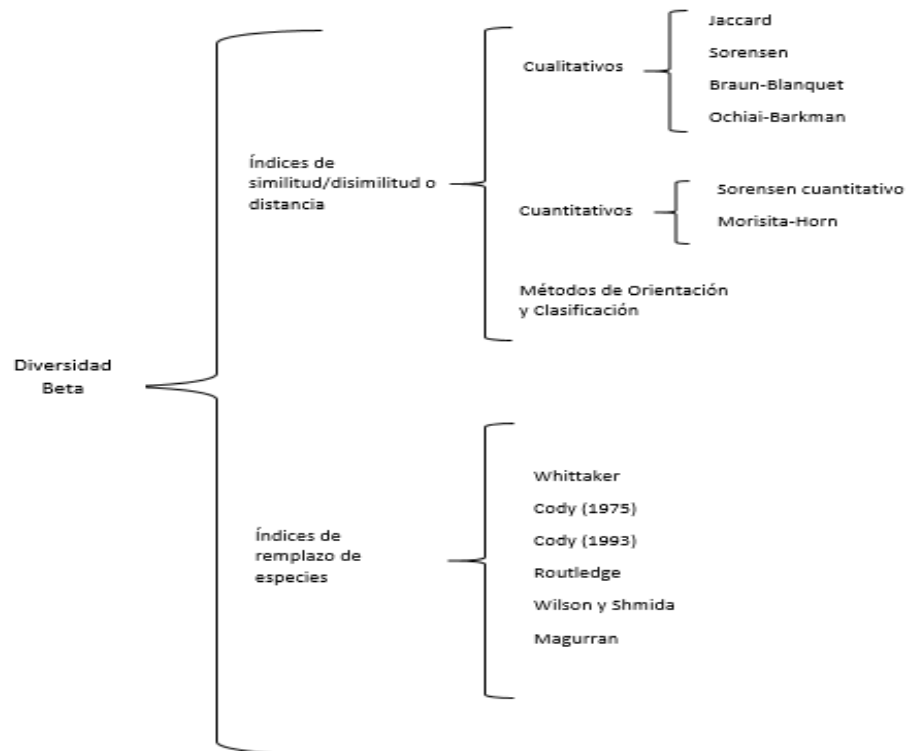
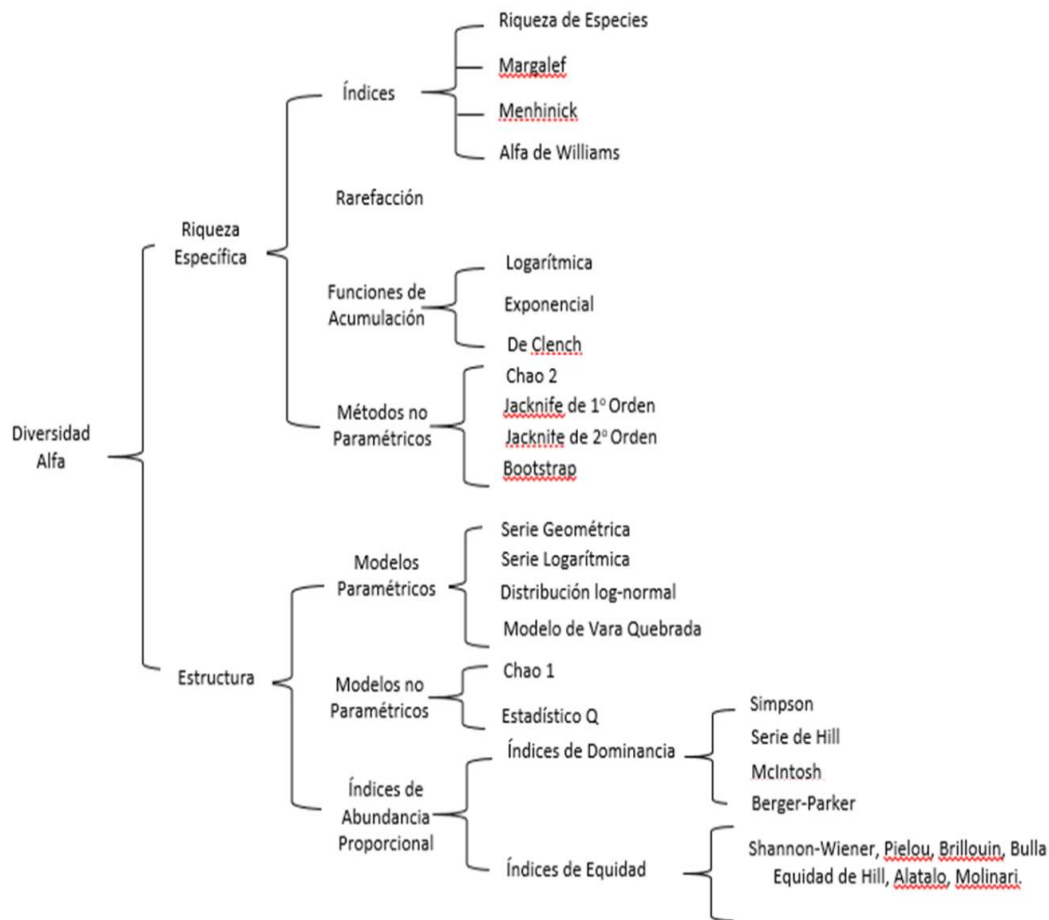


Figura 4: Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa.



2.7.1 Medición de la riqueza específica

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad (Moreno, 2001).

2.7.2 Índices de dominancia

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

2.7.3 Índice de Simpson

El índice de Simpson es otro método comúnmente utilizado ya que domina la diversidad de una comunidad. Este índice es inverso al concepto de equidad de la comunidad, ya que toma en cuenta especies con mayor importancia sin considerar al resto de especies, siendo menos sensible con la riqueza de las especies (Krebs, 1978; Magurran, 1991; Feinsinger, 2003).

Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988), es decir que están influenciados por las especies más comunes (Moreno, 2001), como consecuencia son más sensibles a los cambios en igualdad (Feinsinger, 2003). Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes y su valor es inverso a la equidad (Magurran, 1988).

2.7.4 Índices de equidad

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad (Hill, 1997).

2.7.5 Índice de Shannon-Wiener

Es una de las medidas de diversidad relacionadas con la teoría de información y por tanto, es la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia) (Magurran, 1988).

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre y predice a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. El índice de Shannon-Wiener es utilizado para muestreos de comunidades grandes y con una diversidad indefinida. Asume que los individuos fueron muestreados aleatoriamente y que la mayoría de las especies están representadas en la muestra. Este índice es tan ampliamente utilizado que se ha convertido en una medida estándar en comparaciones de comunidades (Magurran, 1988).

2.8 Antecedentes de entomofauna en cultivos GM

El ataque por insectos plaga representa uno de los aspectos más importantes en el cultivo vegetal. Son numerosas las plagas que atacan a diferentes tipos de plantas, ya que son de mucha importancia desde el punto de vista económico, incluyendo no solo la pérdida de cosechas sino también en los gastos que se utilizan para su control y prevención de estas, por lo general con control químico. No puede olvidarse tampoco su repercusión social, por la merma en el

abastecimiento ciudadano de alimentos de primera necesidad, en particular en países subdesarrollados. Para satisfacer esto se han creado cultivos genéticamente modificados como por ejemplo en el algodón y en el maíz para resistencia a insectos está mediado por la proteína producida por *B. thuringiensis*, denominada δ -endotoxina, que resulta tóxica, selectivamente, para muchos insectos. De ella se han descrito diferentes variantes cada una de las cuales posee una acción diferente, como la Cry I, tóxica para lepidópteros, la Cry III toxica para coleópteros o la Cry IV para dípteros. A las plantas transgénicas que incorporan estos genes se les denomina plantas *Bt* (Rodríguez *et al.*, 2003).

A lo largo de varios estudios realizados por diferentes autores se ha encontrado que los cultivos GM con acción de *Bt* para el control de lepidópteros están siendo un éxito ya que además de ser específicos tienen la ventaja de no afectar a la fauna insectil benéfica como *Chrysoperla carnea*. Un estudio realizado en México, sobre depredadores (*Orius insidiosus* Say, Hemiptera: Anthocoridae; *Coleomegilla maculata* (De Geer), Coleoptera: Coccinellidae; y *Chrysoperla carnea* (Stephens), Neuroptera: Chrysopidae) menciona que se presentó una fluctuación similar entre los híbridos de maíz *Bt* y no hubo diferencias estadísticas entre maíces convencionales y GM, además de que no tienen un efecto negativo sobre la abundancia sobre los insectos evaluados (Aguirre *et al.*, 2012).

La tecnología *Bt* ejerce un excelente control sobre las poblaciones de gusano cogollero *S. frugiperda* en su trabajo llamado “Efectividad Biológica del Maíz Genéticamente Modificado para control de *S. frugiperda*”, evaluaron variedades de maíz GM en comparación con sus isogénicos y encontraron que la tecnología *Bt* obtuvo un porcentaje de daño foliar bajo en la escala de Davis para la zona de Díaz Ordaz, Tamaulipas, indicando claramente la efectividad de la tecnología hacia este insecto; resultando en un cultivo sano al reducirse las infestaciones y por ende la defoliación del cultivo (Aguirre *et a.*, 2012).

La tecnología algodnero *Bt* ha sido fundamental para que tácticas de control más selectivas y con bases biológicas se controlen de forma indirecta otras plagas como de *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Lygus hesperus* Knight, dos plagas de mucha importancia en diferentes regiones (Naranjo y Ellsworth, 2010).

El estudio de la distribución espacial de los adultos de *Bemisia tabaci* y las colonias de *Aphis gossypii* en cultivos de algodón *Bt* y no *Bt* es fundamental para mejorar las técnicas de muestreo y revelar diferencias en el comportamiento de las especies no objetivo entre ambos cultivares mostraron que la distribución espacial de *B. tabaci* en el cultivar transgénico no influyó en el patrón de distribución agregada de este insecto; para el caso de *A. gossypii* mostró una distribución agregada en ambos cultivares (Rodríguez *et al.*, 2010)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la zona de estudio

El estudio y monitoreo de la diversidad de entomofauna, asociada a variedades de algodón DeltaPine, se llevó a cabo en el rancho “El Rincón del Buitre” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se encuentra ubicado en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, zona importante para la producción de algodón, ubicada en La Comarca Lagunera. Bajo el desarrollo del Proyecto 1043, de Cátedras CONACYT, titulado “*Monitoreo de Resistencia de Insectos a las Toxinas Cry de Bt*”.

3.2 Establecimiento del experimento y diseño experimental

El cultivo del algodón se sembró en el periodo autorizado por SENASICA y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del 23 al 27 de marzo del año 2017. El experimento se estableció con un arreglo completamente al azar con cuatro híbridos de algodón DeltaPine como tratamientos (cada material genético establecido en una hectárea, dividida en cuatro parcelas experimentales de 2 500 m²), el cual tenía el objetivo evaluar la nutrición y láminas de riego. Sin embargo, la disposición del experimento se aprovechó para el estudio de la entomofauna insectil.

3.2.1 Descripción de híbridos de algodón DeltaPine (DP)

DP 0912: es un híbrido con excelente vigor vegetativo, con un crecimiento inicial fuerte y buena tolerancia al calor. Muy buena respuesta a reguladores de

crecimiento. Estabilidad y consistencia a través de diferentes tipos de suelo y condiciones de riego ilimitado (MONSANTO, 2014).

DP1321: es un híbrido con madurez media-temprana que tiene un potencial de rendimiento excepcionalmente alto, un excelente potencial de calidad de fibra y está ampliamente adaptada a los entornos y la gestión de temporada corta (MONSANTO, 2014).

DP0935: es un híbrido de tamaño medio, de tipo arbustivo con hoja lisa, excelente resistencia al chorreado y con muy buena retención de bellotas. No presenta nectarios, por lo que es menos atractiva para insectos chupadores. Excelente estabilidad y potencial de rendimiento a través de diferentes tipos de suelo y condiciones de riego (MONSANTO, 2014).

DP1441: es un híbrido GM, que solo presenta tolerancia a glifosato y fue utilizada como testigo en el experimento.

3.3 Muestreos de entomofauna

En cada híbrido de algodón establecido en campo se realizaron muestreos por medio de recorridos en forma de zigzag dentro de cada una de las parcelas experimentales, se utilizó una red entomológica de 38.0 cm de diámetro. En total se realizaron ocho submuestreos, con cinco golpes cada uno sobre la vegetación del cultivo, y se homogenizaron en una sola muestra. Se realizaron cuatro colectas de la entomofauna insectil durante la etapa de floración y desarrollo de cápsulas del cultivo (21 de julio, 18 de agosto, 22 de septiembre y 07 de octubre, del 2017).

3.4 Limpieza de muestras

Las muestras conservadas en alcohol al 70% se trasladaron al laboratorio del Departamento de Parasitología de la UAAAN, donde se separaron los insectos del material vegetal o restos inertes, y se cambiaron a alcohol limpio igual al 70%, de esta forma proseguir con la separación e identificación de los insectos colectados en cada uno de los muestreos.

3.5 Identificación y conteo de entomofauna

La identificación a nivel de Orden y Familia, al igual que el conteo de especies e individuos (n = número de insectos) se realizó con la ayuda de personal capacitado en identificación de insectos y con el apoyo de claves taxonómicas de Delvare *et al.* (2002); Tripplehorn y Johnson (2005), así como por comparación en la página web <https://bugguide.net> del Departamento de Entomología de la Universidad Estatal de Iowa, EUA.

3.6 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de cada colecta en cuanto al número de individuos en cada sitio de muestreo por variedad, se procedió a calcular parámetros de diversidad de especies: riqueza, abundancia y frecuencia de individuos, así como los porcentajes correspondientes en cada caso, usando los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de equidad de Simpson (D), por medio del programa BioDiversity Pro (McAleece *et al.*, 1997).

Los datos a nivel de Orden se sometieron a un análisis de varianza para definir la significancia entre la diversidad encontrada entre híbridos considerados como

tratamientos y por las colectas realizadas a través del proceso productivo del cultivo, mediante el paquete Statistical Analysis System (SAS) versión 9.3 para Windows (SAS Institute, 2002), y bajo un análisis no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis, debido a que esta prueba utiliza rangos de datos de muestras independientes, para probar la hipótesis de que proviene de poblaciones con medianas iguales; para la comparación de medias se consideró con una confiabilidad del 99, 95 y 90% ($\alpha \leq 0.01$, $\alpha \leq 0.05$ y $\alpha \leq 0.10$; respectivamente).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Constitución de la riqueza específica

La diversidad de entomofauna encontrada en el cultivo de algodón GM, establecido en la región de San Pedro de las Colonias, Coahuila, Mexico estuvo constituida de un total de siete órdenes, entre los que destacan Diptera que fue el Orden con mayor número de familias identificadas (11), además de 14 especies lo que representa el 27.4% de la riqueza específica total; Hemiptera presento siete familias y 11 especies con un 23.5% de riqueza; Coleoptera con siete familias y 10 especies identificadas (19.6%); Hymenoptera con ocho familias y ocho especies (15.6%), y Lepidoptera con tres familias, cuatro especies representadas con el 7.8% del total de la riqueza. El resto de los órdenes no sobrepasan el 5% de la riqueza específica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza y abundancia de los órdenes de insectos colectados en el cultivo de algodón GM. San Pedro, Coahuila, México, 2017.

Orden	Familias		Riqueza específica		Abundancia	
	No.	Porcentaje	No. Sp.	Porcentaje	Individuos	Porcentaje
Coleoptera	7	18.4	10	19.6	178	26
Diptera	11	29	14	27.4	35	5.0
Neuroptera	1	2.6	2	3.9	104	15.0
Hemiptera	7	18.4	11	23.5	147	21.3
Lepidoptera	3	7.8	4	7.8	215	31.1
Hymenoptera	8	21.0	8	15.6	10	1.4
Thysanoptera	1	2.6	1	1.9	1	0.1
Total: 7	38	100	50	100	690	100

Los datos obtenidos coincidieron con la diversidad de entomofauna reportada por García *et al.* (2017), donde al comparar la diversidad de artrópodos asociados a cultivos de algodón y cultivo convencional encontraron que los órdenes con mayor diversidad fueron Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera y Diptera.

No obstante, en México Santana-Espinoza *et al.* (2015) indican que Coleoptera, Diptera y Hemiptera son los órdenes que presentan mayor diversidad de familias en las principales zonas productoras de algodón GM. Coahuila presentó más

familias (65%), mientras que Baja California y Chihuahua presentaron mayor diversidad (50.8%).

En el Orden Thysanoptera se cuenta con especies que llegan a afectar cultivos, consideradas plaga y el cultivo de algodón no es una excepción para que sea afectado por estas especies; en la presente investigación este Orden estuvo representado con la menor riqueza específica con 1.9% del total (Figura 3); las especies de este Orden en la mayoría de los casos se comportan como plaga primaria en otros cultivos como ornamentales pues se han identificado alrededor de 15 especies (Carrizo *et al.*, 2008). Mientras que en cultivos frutícolas Tucuch *et al.* (2012) encontraron que las especies de trips con hábitos fitófagos y depredadores se presentan con amplia diversidad en las inflorescencias que en hojas, esto debido a los hábitos que desarrollan las especies de este Orden, por lo que para monitorear la diversidad en algodón específicamente para thysanópteros, se requiere de realizar otro tipo de muestreo, ya que dentro de los hábitos de estos insectos, se conoce que los adultos se alimentan del polen y néctar y las larvas de los tejidos vegetales, por lo que se deben de muestrear por medio de succión con un aspirados manual o motorizado en flores o por medio de trampas principalmente de color azul o amarillas que son atractivos a este tipo de insectos (Luna, 2005).

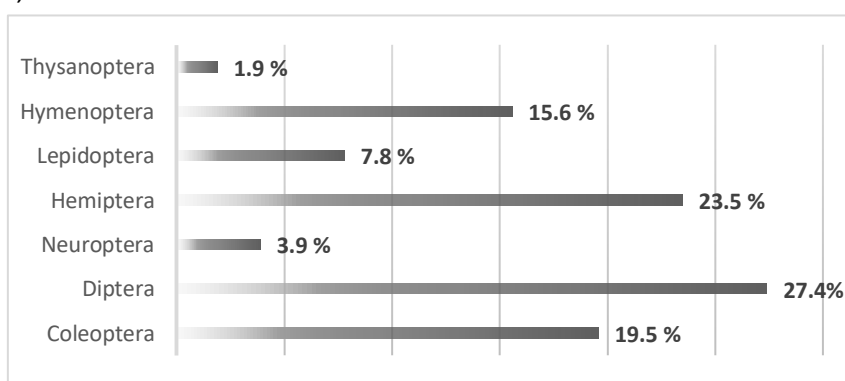


Figura 5. Riqueza específica de cada uno de los órdenes que se presentaron en el algodón GM. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

4.2 Abundancia de especies por híbrido de algodón DP

Un total de 690 insectos fueron colectados en los cuatro híbridos de algodón de la línea DeltaPine. De los cuatro materiales genéticos, el híbrido que presentó mayor abundancia en cuanto a número de insectos fue DP0935, con un total de 248 insectos colectados en la tercer colecta, y 323 en todas las colectas (Cuadro 3). Esto pudo deberse probablemente a que las características morfológicas y fenológicas que presenta este híbrido fueron más atractivas para los insectos (MONSANTO, 2014).

Los híbridos DP0912 y DP1321, se mantuvieron homogéneos en cuanto al número de individuos colectados (135 y 129, respectivamente), en este mismo contexto, la abundancia para el testigo DP1441 (103 individuos). Al respecto, Hernández *et al.* (2019) hacen mención por ejemplo que en el cultivo del maíz GM, los insectos asociados se distribuyen de manera aleatoria dentro de la parcela y entre materiales genéticos diferentes, esto según la función de cada especie y de la disponibilidad de recursos alimenticios y recursos para su hábitat.

Cuadro 3: Abundancia de insectos colectados por híbrido de algodón pertenecientes a la línea DeltaPine. San Pedro, Coahuila, México, 2017.

HÍBRIDO	C1	%	C2	%	C3	%	C4	%	INDIVIDUOS TOTALES	%
DP0912	61	32.0	18	15.2	33	10.2	23	38.3	135	19.5
DP1321	43	22.5	37	31.3	33	10.2	16	26.6	129	18.7
DP0935	33	17.2	36	30.5	248	77.2	6	10	323	46.8
§DP1441	54	28.2	27	22.9	7	2.1	15	25	103	15
TOTAL	191	100	118	100	321	100	60	100	690	100

§Material genético de algodón sin *Bt*, solo presenta tolerancia a glifosato, se consideró como testigo; C1, C2, C3 y C4: representan cada una de las colectas de insectos realizadas en el muestreo de la entomofauna en el cultivo de algodón; %: se refiere al porcentaje con base en el total de individuos de cada colecta y al total de individuos.

Según Pedigo (1999), en el algodón GM, la eficacia de la expresión de los genes codificantes de las endotoxinas está influenciada por varios factores, como la temperatura, intensidad luminosa y fertilidad del suelo, por lo que causan cambios en los procesos fisiológicos de la planta y alteran los niveles de aleloquímicos o desequilibran los nutrientes básicos, por lo que esto puede agregarse a los factores, por los que se encontró diferencia en la incidencia de insectos en los cuatro híbridos de algodón monitoreados, en esta esta investigación.

4.3 Fluctuación de la entomofauna por híbrido de algodón DP

El comportamiento de los insectos en cuanto a su abundancia fluctuó a través del tiempo de forma diferencial en cada uno de los híbridos de algodón DP (Figuras 6, 7, 8 y 9); sin embargo, en cuanto a la funcionalidad de los insectos colectados, se observó una constante en cuanto a la presencia de depredadores, pues estos se encontraron siempre por arriba de las plagas durante la etapa de floración de cultivo, excepto para el híbrido DP0935, en el tercer muestreo, donde fue fácil observar que las plagas se dispararon aproximadamente a 200 individuos lo que representa el 31.4%, de la abundancia total (Figura 7).

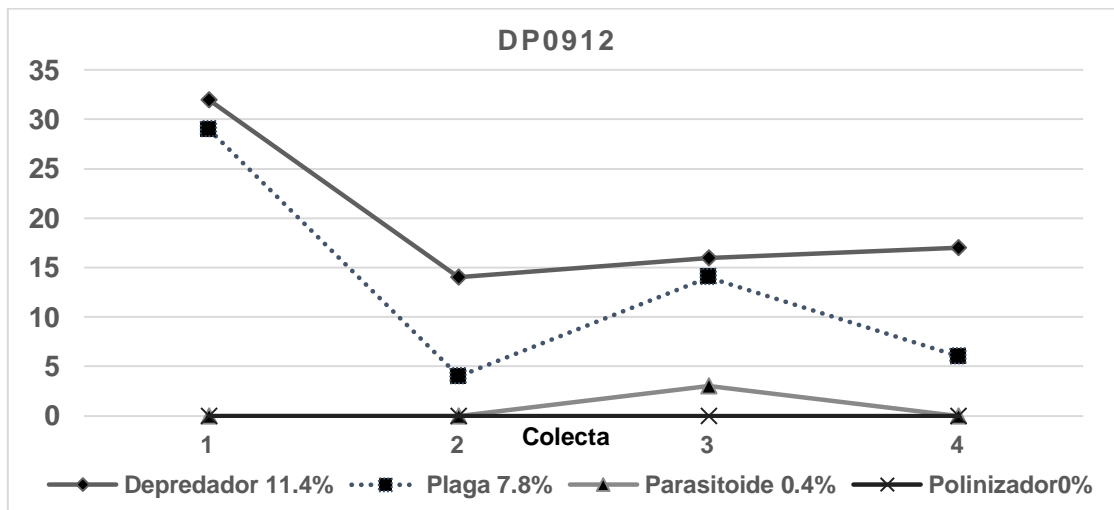


Figura 6: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP0912. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

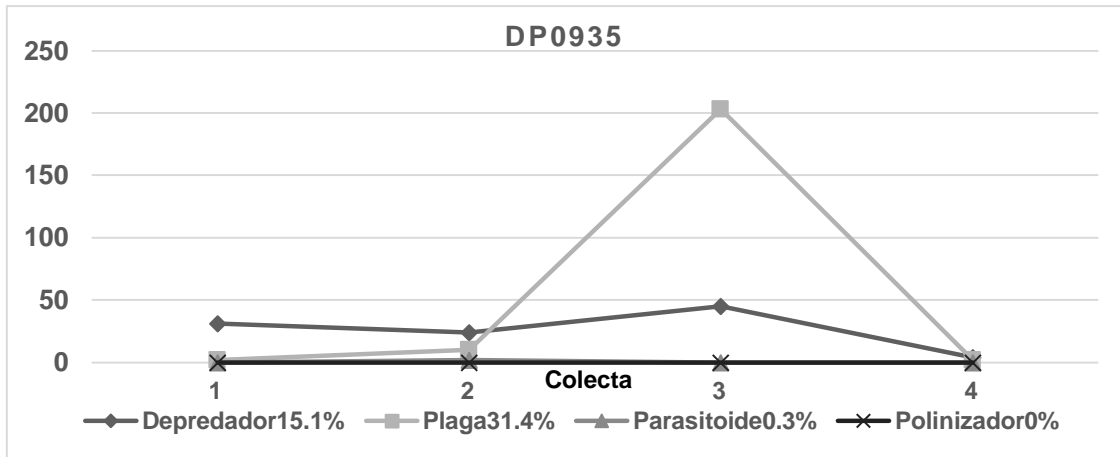


Figura 7: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP0935. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

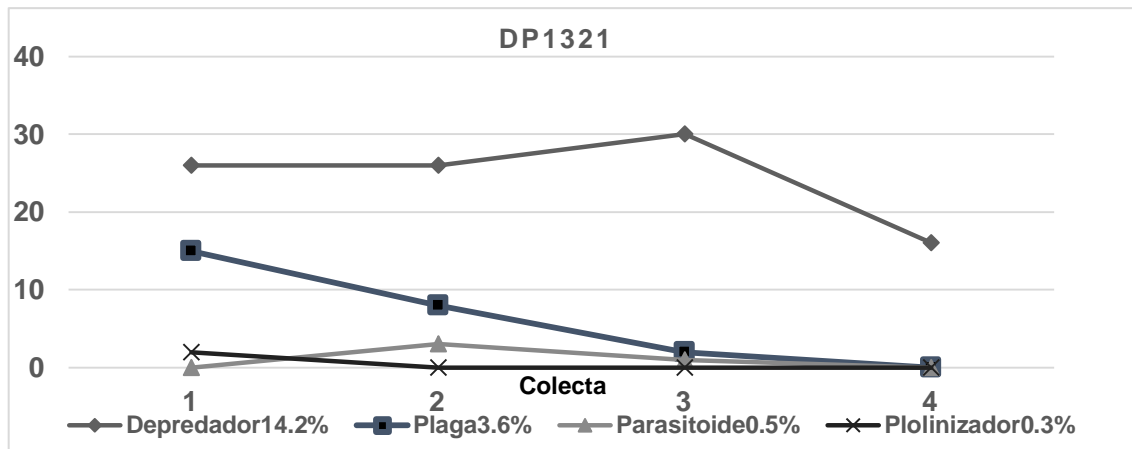


Figura 8: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP1321. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

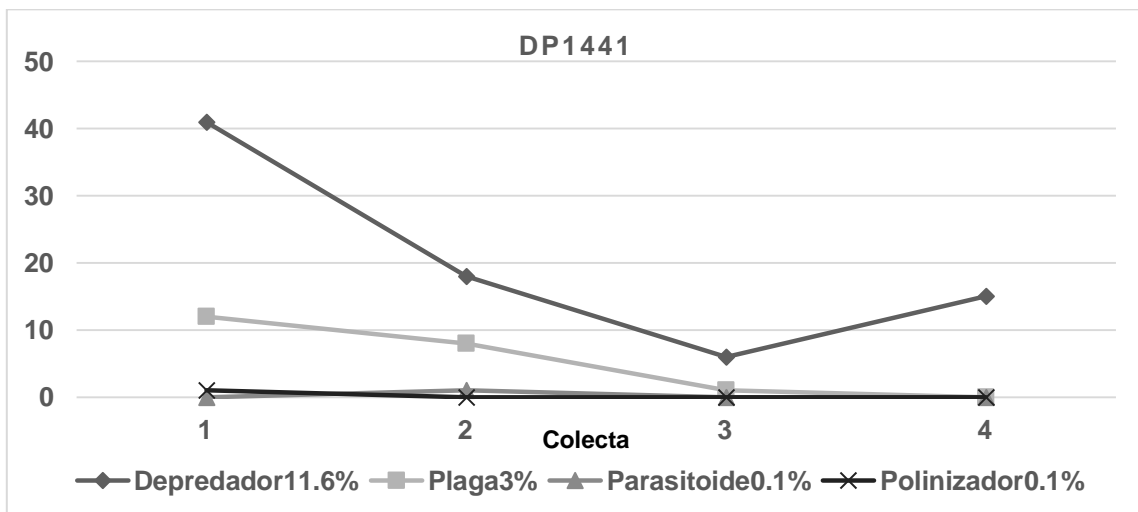


Figura 9: Fluctuación de la abundancia de individuos por gremio insectil, colectada en la etapa de floración del cultivo de algodón GM en el híbrido DP1441, considerado como testigo, por solo ser tolerante a herbicida. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

La presencia de depredadores, así como de parasitoides es factor importante a considerar en el control biológico natural de algunas plagas, que puede influir en la abundancia de la entomofauna fitófaga, manteniendo baja la presión de plagas en el cultivo algodón. Sánchez *et al.* (2018) mencionan que la abundancia de la artropofauna benéfica reportada en cultivos GM se atribuye al menor número de aplicaciones de insecticidas.

Piñago *et al.* (2001) indica que los enemigos naturales de ciertas plagas en el cultivo maíz convencional se encuentran en una amplia gama de cultivos y plantas, por lo que la presencia de estos no está condicionada a una sola especie, en un cultivo determinado, por lo que el efecto de control biológico natural sobre las plagas siempre está presente.

La variación en cuanto a la funcionalidad o gremio categorizado para los insectos colectados, en cada híbrido, indica que DP0935 tuvo el 15.1% de los depredadores, seguido por DP1321 (15.1%), DP1441 y DP0912 (11.6 y 11.4%, respectivamente); mientras que las plagas quedan en segundo lugar y las que más sobresalieron en los cuatro híbridos fueron *Diabrotica balteata*, *Epichlorops* sp, y *Lygus oblineatus*, DP0912 con 7.8%, entre estas están en DP1321 con 3.6% y DP1441 con 3.0, a excepción de la variedad DP0935 que presentó un 31.4% (Figuras 6, 7, 8 y 9), esto debido a que en el muestreo tres se presentó una especie de arribo; Buheler *et al.* (1993) demostraron que ciertas variedades de algodón *Bt* brindan protección durante toda la etapa de las capsulas y las yemas florales.

Otros de los insectos que se encontraron en los híbridos, fueron categorizados como parasitoides y polinizadores, pero los individuos de estos grupos no representan ni el uno por ciento de su abundancia durante su fluctuación en la etapa de floración (Figuras 6, 7, 8 y 9), esto se debe a que en el caso de parasitoides, son más específicos y que la disponibilidad de los hospederos

probablemente es baja. En el caso de los polinizadores, es importante señalar que estos son insectos sensibles a las aplicaciones de agroquímicos, y que después de cualquier aplicación de plaguicidas en el cultivo, es difícil apreciar la presencia de polinizadores, incluso después de la aplicación de herbicida (información personal¹).

Botías *et al* (2018) mencionan que los polinizadores pueden exponerse a los plaguicidas a través de diversas rutas: (I) por contacto directo con aerosoles y partículas suspendidas en el aire o en superficies de plantas tratadas, (II) por la ingestión de polen, néctar y agua contaminada con estos compuestos, (III) o por inhalación de plaguicidas volátiles, siendo ésta última una forma de exposición menor. Por otro lado, Dresden (1948) indica que la ruta y forma de exposición dependerán en gran medida del método de aplicación del plaguicida, de sus propiedades físico-químicas y persistencia, de las condiciones climatológicas y también del comportamiento y las preferencias de forrajeo de los distintos polinizadores. Debido a que la cutícula de los insectos es suficientemente permeable como para que las sustancias tóxicas penetren en el interior del animal.

En este sentido, Altieri (2001) indica que todos los insectos que interactúan en un determinado hábitat tienen un papel importante ya que todos son diferentes y tienen un determinado objetivo, los desequilibrios se manifiestan como brotes recurrentes de plagas en numerosos cultivos y en la salinización, erosión del suelo, contaminación de aguas, etc. El empeoramiento de los problemas de plagas o efectos a enemigo naturales se ha relacionado experimentalmente con la expansión de los monocultivos a expensas de la diversidad vegetal, la cual es un componente esencial del paisaje que proporciona servicios ecológicos claves para asegurar la protección de cultivos.

¹ En un proyecto relacionado a la Resistencia de malezas al glifosato (Proyecto de investigación 2213 de la UAAAN) a cargo de la Dra. Miriam Sánchez Vega, fue posible observar en campo, que después de las aplicaciones del herbicida, se encontraron abejas (*Apis mellifera*), muertas sobre las hojas del cultivo.

4.4 Riqueza específica

En lo que respecta a riqueza específica, fue posible identificar 50 especies, de las cuales el Orden Diptera, presentó el mayor número de especies (n=14, 27.4%), seguido de Hemiptera (n=11, 23.7%), Coleoptera (n=10, 19.6%), Hymenoptera (n=8, 15.6%), Lepidoptera (n=4, 7.8) y Thysanoptera (n=1, 1.9%) (Cuadro 2). Sin embargo, las especies más abundantes y representativas con un porcentaje mayor al cinco por ciento en el cultivo del algodón GM, fueron: *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) Lepidoptera: Pyralidae con 207 individuos (n) y 30% con respecto al total de la entomofauna recolectada en el cultivo del algodón, es decir de la riqueza específica; *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville, 1842) Coleoptera: Coccinellidae, n=136, lo que representa el 19.7%; *Orius tristicolor* (White, 1879) Hemiptera: Anthocoridae) n=109, 15.7%, y *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Neuroptera: Chrysopidae, n=103, 14.9% (Cuadro 4).

La polilla mediterránea de la harina o polilla gris *A. kuehniella* está categorizada como plaga, pero no del cultivo del algodón, por lo que no es una amenaza o no se debe considerar como plaga emergente; sin embargo, si es considerada como una plaga importante que afecta a los granos almacenados y cultivos como los cereales; maíz, avena, trigo, cebada, sorgo entre otros. García (2009) menciona que 11 especies de las que atacan el maíz en almacén causan pérdidas considerables principalmente en zonas rurales entre ellas se cita a esta especie, en este sentido, la Región lagunera, es una zona importante de producción de cultivos para forraje y granos, así como de sorgo escobero, lo que atribuye que esta especie busque al cultivo de algodón como hospedero y alimenticio en su etapa adulta, de esta forma sea considerada como una especie de arribo o incidental., además de ser atraída por las características de la etapa fenológica en la que se encontraba el híbrido donde se presentó la incidencia (DP0935).

Las toxinas Cry del *Bt*, presente en los híbridos en estudio ejercen presión de sobre el control de las especies de lepidópteros, pues la riqueza y abundancia monitoreada fue baja en este Orden; sin embargo, fue posible encontrar e identificar algunas especies de importancia económica como *S. exigua*, *M. unipuncta* y *Thorybes* sp. (0.8, 0.1 y 0.1%, respectivamente) (Cuadro 4).

Cuadro 4: Riqueza específica recolectada en el cultivo de algodón GM identificada a nivel especie. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

Orden	Familia	Especie	Abundancia	%
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Méneville, 1842)	136	19.7
		<i>Diabrotica balteata</i> (Leconte, 1865)	24	3.4
	Chrysomelidae	<i>Diabrotica undecimpunctata</i> (Mannerheim, 1843)	6	0.8
		<i>Epitrix</i> sp. (Foudras, 1860)	3	0.4
	Cucurliionidae	<i>Anthonomus grandis</i> (Boheman, 1843)	3	0.4
	Bruchidae	<i>Bruchus</i> sp. (Linneo, 1767)	2	0.2
	Staphinilidae	<i>Lathrobium angulare</i> (LeConte, 1863)	1	0.1
		<i>Ptinus</i> sp. (Linneo, 1766)	1	0.1
	Ptinidae	<i>Bothrotes</i> sp. (Casey, 1907)	1	0.1
		<i>Euphoria</i> sp. (Bates, 1889)	1	0.1
	Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i> (Linneo, 1758)	1
<i>Musca</i> sp. (Linneo, 1758)			3	0.4
Syrphidae		<i>Allograpta oblicua</i> (Say, 1823)	1	0.1
Tephritidae		<i>Tephrites</i> sp. (Foote, 1960)	1	0.1
		<i>Rhagoletis</i> sp. (Loew, 1862)	1	0.1
Chloropidae		<i>Epichlorops</i> sp (Becker 1910).	10	1.4
Cecidomyiidae		<i>Stenodiplosis sorghicola</i> (Coquillett, 1899)	2	0.2
		<i>Aplomyiopsis epilachnae</i> (Aldrich, 1923)	3	0.4
Tachinidae		<i>Achytas</i> sp.(Jaennicke, 1867)	1	0.1
Anthomyiidae		<i>Hylemya</i> sp.(Robineau-Desvoidy, 1830)	2	0.2
Heleomyzidae		<i>Amoebaleria</i> sp.(Gill, GD 1962)	4	0.5
Dolichopodidae		<i>Dolichopus</i> sp.(Latreille, 1796)	1	0.1
Otitidae		<i>Euxesta stigmatias</i> (Loew, 1867)	1	0.1
Agromijzidae		<i>Lyriomyza</i> sp. (Mik, 1894)	4	0.5
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836)	103	14.9
		<i>Chrysopa</i> sp. (Leach in Brewster, 1815)	1	0.1
Hemiptera	Reduviidae	<i>Narvesus carolinensis</i> (Stål, 1859)	2	0.2
		<i>Zelus</i> sp.(Fabricus, 1803)	1	0.1
	Nabidae	<i>Nábis americanoferus</i> (Carayon, 1961)	1	0.1
		<i>Nabis</i> sp. (Latreille, 1802)	1	0.1
	Lygaeidae	<i>Geocoris punctipes</i> (Say, 1832)	2	0.2
	Anthocoridae	<i>Orius tristicolor</i> (White, 1879)	109	15.7
		<i>Lýgus oblineatus</i> (Say, 1832)	17	2.
	Miridae	<i>Adelphocoris rapidus</i> (Say, 1832)	7	1.0
		<i>Lygus</i> sp. (Hahn, 1833)	1	0.1
	Cicadellidae	<i>Empoasca fabae</i> (Harris, 1841)	2	0.2
Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	4	0.5	
Lepidoptera	Pyalidae	<i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller, 1879)	207	30
	Noctuidae	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner, 1808)	6	0.8
		<i>Mythimna unipuncta</i> (Haworth, 1809)	1	0.1
Hesperidae	<i>Thorybes</i> sp. (Scudder, 1872)	1	0.1	
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linneo, 1758)	1	0.1
	Halictidae	<i>Sphecodes</i> sp. (Latreille, 1804)	1	0.1
	Formicidae	<i>Atta mexicana</i> (Smith, 1858)	1	0.1
	Ichneumonidae	<i>Ophion</i> sp. (Fabricius, 1798)	2	0.2

	Torymidae	<i>Torymus</i> sp. (Dalman, 1820)	1	0.1
	Braconidae	<i>Apanteles</i> sp. (Foerster, 1862)	1	0.1
	Pteromalidae	Sin Identificar	2	0.2
	Braconidae	Sin Identificar	1	0.1
Thysanoptera	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> (Lindeman, 1889)	1	0.1
Total=7	Total=38	Total=50	Total=690	100

Por otro lado, García *et al.* (2017) en su estudio realizado en algodón GM y convencional en cuanto a la riqueza el Orden Coleoptera registró 22 familias (20%), siendo el grupo que evidenció la mayor riqueza. En cuanto al grupo de predadores la abundancia fue mayor en el cultivo transgénico que en el convencional.

Algunos autores afirman que las variedades transgénicas de algodón que producen toxinas del *Bt*, tienen atributos insecticidas que pueden además de afectar a las poblaciones de las plagas objetivo de esta tecnología, influir en la dinámica de la fauna benéfica que se encuentra asociada, tal es el caso de muchos benéficos como los predadores y parasitoides a quienes se ha atribuido importancia en el control de los fitófagos asociados al cultivo considerados plagas (Novillo *et al.*, 1999; Durán *et al.*, 2000; Pérez-Guerrero *et al.*, 2009; Benamú, 2010).

El control biológico natural presente en el cultivo de algodón GM es gran importancia, pues dentro de las especies con mayor abundancia fueron enemigos naturales de plagas de importancia como mosquita blanca, pulgones y chinches. En este sentido, la familia Chrysopidae es una de las familias que resaltan como agentes de control biológico entre los depredadores; Hernández *et al.* (2019), mencionan que en el maíz GM, se presentó mayor número de individuos perteneciente a esta familia, y esto debido a la gama de artrópodos encontrados en el agroecosistema y por su polifagia, no depende de la densidad de una sola presa; por lo que no se espera un efecto indirecto del maíz *Bt* sobre las poblaciones de las especies pertenecientes a esta familia, resultados que concuerdan con los que se encontraron en esta investigación.

4.5 Análisis de varianza

El análisis de varianza se realizó bajo un modelo no paramétrico aplicado sobre el número de individuos colectados, por híbrido de algodón GM y por fecha de colecta, bajo un diseño completamente al azar y fue aplicado a nivel Orden.

El análisis indicó que no hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre los híbridos, para cada uno de los órdenes identificados en algodón GM, sin embargo entre colectas si se registraron diferencias con una confiabilidad del 95% entre los coleópteros y hemípteros ($\alpha \leq 0.05$) y con una confiabilidad del 90% entre los dípteros e himenopteros ($\alpha \leq 0.10$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis no paramétrico de la varianza y la comparación de medias por la prueba de Kruskal-Wallis, en los individuos colectados para los diferentes órdenes identificados en el cultivo de algodón GM. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

Fuente de variación	Col	Dip	Neu	Hem	Lep	Hym	Thy	TOTAL
Híbrido	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
DP0912	47	18*	23	41	6	0**	0	135 ^{NS}
DP1321	61**	4	28	27	2	7**	0	129 ^{NS}
DP0935	30**	11	36	43	201	2	0	323 ^{NS}
DP1441	40	2*	17	36	6	1	1	103 ^{NS}
Muestreo	**	*	NS	**	NS	*	NS	
C1	70***	20***	20	76***	2	2*	1	191 ^{NS}
C2	40*	10*	23	30**	8	7*	0	118 ^{NS}
C3	52**	5	21	41**	201	1*	0	321 ^{NS}
C4	16**	0*	40	0**	4	0	0	60*
TOTAL	178	35	104	147	215	10	1	690

Col: Coleoptera; Dip: Diptera; Neu: Neuroptera; Lep: Lepidoptera; Hym: Hymenoptera; Thy: Thysanoptera; ***: Diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99% y un $\alpha \leq 0.01$; **: Diferencias significativas con una confiabilidad del 95% y un $\alpha \leq 0.05$; *: Diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 90% y un $\alpha \leq 0.10$; NS: Diferencias no significativas; C1, C2, C3 y C4: representan las colectas realizadas en el muestreo de la entomofauna en algodón GM, en cuatro fechas diferentes.

Se utilizó un análisis de comparación de medias por la prueba de Kruskal-Wallis, debido a que los supuestos básicos en el planteamiento del experimento no cumplen con una escala nominal u ordinal durante el conteo de los insectos monitoreados bajo las diferentes colectas como normalmente se cumplen en los diseños experimentales comunes como lo indica Castillo (2007). Por tanto, dicha

comparación múltiple de medias bajo estos supuestos definir los híbridos y la colecta en la que se presentaron estadísticamente diferencias por el número de individuos colectados, por Orden. De esta forma se encontró que la diferencia entre las medias de rangos ajustadas a los tratamientos identificó tres comparaciones entre los híbridos con diferente nivel de significancia; para el Orden Coleoptera se encontró que existen diferencias significativas entre los híbridos DP1321 y DP0935 ($\alpha \leq 0.05$); mientras que para Diptera las diferencias se encontraron entre DP0912 y DP1441 ($\alpha \leq 0.10$); la tercera comparación se dio para Hymenoptera entre los híbridos DP0912 y DP1321 ($\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 5).

En el caso de los muestreos en los que se colectaron los insectos (diferentes fechas) se detectaron diez comparaciones significativas, las cuales presentaron la mayor diferencia entre sí; en este sentido, los órdenes Coleoptera y Hemiptera, mostraron para las cuatro colectas, diferencias significativas C1 y C2 ($\alpha \leq 0.01$), C3 y C4 ($\alpha \leq 0.05$), C2 y C4 ($\alpha \leq 0.10$); mientras que para el Orden Diptera la C1 y C4 ($\alpha \leq 0.01$) y la C2 con C4 ($\alpha \leq 0.10$), presentaron diferencias en las comparaciones. Para el caso del Orden Hymenoptera las comparaciones se mostraron diferentes en las C1 con C2 y las C2 con C3, ambas con un $\alpha \leq 0.10$ (Cuadro 5).

Hernández *et al.* (2019) encontró que la diversidad de depredadores en híbridos de maíz *Bt* como convencionales, fluctuaron de una forma similar y mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, no reportó diferencias estadísticas entre los híbridos, dichos resultados revelan que el maíz Agrisure® Viptera™ 3111 no tienen un efecto negativo sobre la abundancia de *Orius insidiosus*, *Coleomegilla maculata*, y *C. carnea*.

4.6 Análisis de diversidad de especies

El análisis de la diversidad de especies realizada sobre los datos de abundancia de individuos, mediante el programa estadístico Bidiversity Pro, reveló que el

índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') para los híbridos en estudio fluctuó entre el 0.778 al 1.099, siendo el híbrido DP1441 el más bajo y DP0912 el más alto, lo que expresa poca diversidad dentro de los materiales genéticos vegetales evaluados (Cuadro 6). Magurran (1988) indica que este índice expresa la uniformidad de todas las especies de una muestra seleccionando cada individuo de forma al azar, teniendo a toda las especies representadas en la muestra, donde valores inferiores a 1.5 indican baja diversidad, de 1.6 a 3.0 diversidad media y arriba de 3.1 expresa alta diversidad. Méndez *et al.*, (2018) encontró valores similares en un estudio en el que se evaluó la diversidad de cicadélidos en un cultivo industrial.

Por otro lado, para el índice de Simpson (D) el rango de los datos obtenidos fue de 0.112 a 0.42 en los híbridos DP0912 y DP0935, respectivamente (Cuadro 6); lo que implica que la probabilidad de localizar en forma aleatoria un individuo de la misma especie dentro de los materiales de algodón es baja, ya que los valores altos en este índice indican dominancia de alguna especie (Simpson, 1949); por lo que se toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Los índices de la riqueza específica (S) y abundancia de individuos (n), indicaron que la mayor riqueza se encuentra en el híbrido DP0912 ($S=26$), mientras que la menor riqueza se reporta en los híbridos DP0935 y DP1441 ($S=13$). En cuanto a abundancia la mayor fue DP0935 ($n=323$) y la menos abundante DP1441 ($n=103$). Para el caso del híbrido DP0935 (Cuadro 6), los resultados se explican debido a que hubo una especie incidental que fue dominante en el muestreo (*A. kuehniella*) (Cuadro 4).

Cuadro 6: Parámetros de diversidad de especies, sobre la abundancia de insectos colectados en híbridos de algodón GM en diferentes etapas de floración. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, 2017.

Parámetros de diversidad de especies							
	H'	D	DE	S	n	s²	1-α
Híbrido							
DP0912	1.099	0.112	6.045	26	135	36.541	10.129
DP1321	0.88	0.21	8.159	21	129	66.575	18.454
DP0935	0.565	0.42	29.267	13	323	856.539	237.421
DP1441	0.778	0.216	6.644	13	103	44.139	12.235
Muestreo							
C1	0.998	0.165	10.534	30	191	110.967	30.758
C2	0.992	1.15	6.233	22	118	38.847	10.768
C3	0.579	1.422	29.156	15	321	850.085	235.632
C4	0.447	0.481	5.876	6	60	34.531	9.572

C1, C2, C3 y C4: representan las colectas realizadas en el muestreo de la entomofauna en algodón GM, en cuatro fechas diferentes. H': índice de diversidad de Shannon-Wiener; D: índice de diversidad de Simpson; DE: desviación estándar; S: riqueza específica; n: abundancia de individuos; s²: varianza; 1- α : intervalo de confianza.

Los resultados evidenciados para la diversidad de especies en los muestreos presentan la misma tendencia que los valores que se encontraron en los híbridos, en este caso se tiene que el rango para H' fluctuó entre 0.447 a 0.998, mientras que D, se encontró entre 0.165 a 1.422; sin embargo la riqueza de especie (S) disminuyó conforme maduro el cultivo, pues de 30 especies que se reportaron para el primer fecha de colecta (C1), bajo a seis en la última fecha (C4), con una tasa de decremento del 80%, el resto de los parámetros, coincidieron con los reportados en los híbridos (Cuadro 6).

V CONCLUSIONES

Dentro de la diversidad y la composición de la entomofauna asociada al algodón GM, se encontraron siete órdenes: Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Thysanoptera; con un total de 690 individuos, en 38 familias y 50 especies identificadas.

El Orden Diptera fue el que presentó la mayor riqueza a nivel familia y especie; mientras que el orden más abundante fue Lepidoptera, donde resalta *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879), Noctuide: Pyralidae, como insecto ocasional al cultivo.

Los cuatro híbridos de algodón GM no presentaron diferencias entre la abundancia de los insectos colectados; por otro lado, la fecha de colecta es determinante para el comportamiento de los insectos a través del tiempo, ya que hubo diferencias en diversidad en estudio.

En la región de San Pedro de las colonias, Coahuila, México, no se identificó diferencias en la diversidad de la entomofauna insectil asociada al cultivo de algodón *Bt* en las cuatro variedades estudiadas, destacando la presencia de depredadores en mayor proporción sobre la de insectos plaga.

VI LITERATURA CONSULTADA

- Adamczyk Jr J. J.; Gore J. (2004). Laboratory and field performance of cotton containing Cry1ac, Cry1f, and both Cry1ac and Cry1f (Widestrike®) against beet armyworm and fall armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist.*; 87(4): 427-432. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0427:LAFPOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0427:LAFPOC]2.0.CO;2)
- Adler P.; Footitt R. (2009). Introduction. In: Footitt, R.; P. Adler, eds. *Insect Biodiversity. Science and Society*. UK: Blackwell Publishing Ltd.; p. 1-6.
- Aguirre, A.; Hernández, A.; Cerna, E.; Frías, G.; Landeros, J; Flores, M. (2012). Efecto del maíz genéticamente modificado sobre la diversidad de artrópodos no blanco.
- Altieri, M. A. (2001). Los impactos ecológicos de la biotecnología agrícola. *ActionBioscience.* (25). <http://www.actionbioscience.org/esp/biotecnologia/altieri.html>
- Ávila, R. V., González-Hernández, A., Alvarado-Gómez, O. G., & Nava-Camberos, U. (2010). Géneros de Trichogrammatidae¹ en México Asociados a Cultivos Agrícolas y Áreas Naturales Aledañas., *Southwestern Entomologist*, 35(2), 177-192.
- Basu, S. K., Dutta, M., Goyal, A., Bhowmik, P. K., Kumar, J., Nandy, S., Scagliusi, S. M., Prasad, R. (2010). Is genetically modified crop the answer for the next green revolution? *GM Crops*, 1(2):68-79.
- Bautista M., E. (2006). Estudio de rentabilidad del cultivo del algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) utilizando la variedad transgénica 448B, utilizado en el ejido de Luchana, municipio de San Pedro, Coahuila. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Benamú, P. M. A. 2010. Composición y estructura de la comunidad de arañas en el sistema de cultivo de soja transgénica. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. 218 p.
- Botías, C., Sánchez-B, F. 2018. Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores. *Ecosistemas* 27(2): 34-41. Doi.: 10.7818/ECOS. 1314.
- Bravo, A. (2004). Oligomerization triggers differential binding of a pore-forming toxin to a different receptor leading to efficient interaction with membrane microdomains, en *Biochimica et Biophysica Acta*, 1667, 2004.
- Buheler, R. E., Monsanto Company, St. Luis, missori, EE.UU., (1993). El desarrollo del algodón transgénico que contengo un gen del Bt para el control de las plagas lepidopteras
- Burbano, F., Montes, M ., Pastrana, V ., Cadena, T . Introducción y desarrollo de variedades de algodón Upland en el sistema productivo colombiano: Una revisión. *Ciencia y Agricultura*. 2018; 15(1): 29-44. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n1.2018.7754>
- Bustamante, R.; Patiño, L. 2001. En búsqueda de un sistema de resistencia estable en plantas cultivadas. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. 60:3-14.
- Cajal A. (2012) Circuito Productivo del Algodón y su Historia. Disponible en: <https://www.lifeder.com/circuito-productivo-del-algodon/>
- Carrizo P., Gatelú C., Langoni P. y Klasman R. 2008. Especies de trips (Insecta: Thysanoptera: Thripidae) en las flores ornamentales. Chile. *Idesia*. 26:83-86. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000100012>
- Castillo M., L. E. (2007). Introducción al SAS para Windows. 3ª ed. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. 295 p.
- CONACYT, (2011) Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología. Algodón. Disponible en: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/algodon>

- Deguine, J. P.; Ferron, P.; Russell, D. (2008). Sustainable pest management for cotton production. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 28, 113-137. Doi:10.1051/agro:2007042
- Delvare, G.; Aberlenc, H. P.; Michel, B. & Figueroa, A. (2002). Los insectos de África y de América Tropical: Claves para la identificación de las principales familias. Montpellier, Francia, CIRAD, 259.
- Dresden, D., Krijgsman, B.J. 1948. Experiments on the physiological action of contact insecticides. *Bulletin of Entomological Research* 38: 575-578.
- Durán, J. M.; Alvarado, M.; Ortiz, E.; De la Rosa, A.; Ruiz, J. A.; Sánchez, A. y Serrano, A. 2000. Contribución al conocimiento de *Earias insulana* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera, Noctuidae), la oruga espinosa del algodonoero, en Andalucía occidental. *Bol. San. Veg. Plagas*. 26:215-228.
- Estopier F., A. (2010). Análisis de los costos de producción y cosecha del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) utilizando la variedad transgenica 448B, en el ejido Luchana, Municipio de San Pedro, Coahuila. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4427/T18055%20ESTOPIER%20FRANCISCO,%20AMALIA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de Estudios de Campo para la Conservacion de la Biodiversidad. Eds. FAN. Santa Cruz-Bolivia. 242p.
- García G., L.; Oyola V., Y.; Fernández H, C.; Pérez G., K. & Correa A., E. (2017). Diversidad de artrópodos asociados al algodón Bt y convencional (*Gossypium hirsutum* L.) en Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Doi: <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i4.16> .
- García, D. (2009). Evaluacion de Insecticidas de Cuatro Grupos Toxicologicos Para el Control de *Sitophilus Zeamais* Motschulski. Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.

- Halford, N. G.; Shewry, P. R., (2000). Genetically Modified Crops: Methodology, Benefits, Regulation and Public Concerns. *British Medical Bulletin*, 56 (1): 62-73.
- Hernández A., Aguirre, A, Cerna, E., Frías, A., Landeros, J y Flores, M. (2012) Efectividad Biológica del Maíz Genéticamente Modificado para control de *Spodoptera frugiperda*.
- Hernández Alvarado, I. (2013). Evaluación de Características Agronómicas y Rendimiento de Cuatro Variedades de Algodonero *Gossypium hirsutum L.* Tipo Deltapine. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7016/ISAI%20HERN%C3%81NDEZ%20ALVARADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hill, M. O. 1997. An evenness statistic based on the abundance-weighted variance of species proportions. *Oikos*, 79: 413- 416
- Hobbelink, H. (1987). Más allá de la 'revolución verde'. Las nuevas tecnologías genéticas para la agricultura. ¿Desafío o desastre?. Barcelona: Lerna.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2012). Aplicación eficiente de fitosanitarios. Capítulo 3 Disponible en: <http://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTAAplicacionEficienteFitosanitariosCID.pdf> Revisado el 2 de Octubre del 2018
- ITC (Centro de Comercio Internacional) UNCTAD/WTO (1994 – 2015). Algodón transgénico, Capítulo 5 - Segmentos de mercado -Tipos de algodón [online] <http://www.intracen.org/Algodon-transgenico/> revisado el 19 de Agosto del 2018.
- Justo R., P. (2013). Evaluación de las características agronómicas de variedades de algodón (*Gossypium hirsutum L.*) Tipo FiberMax. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7012/PASCUAL%20JUSTO%20REYES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Krebs, C.J. 1978. Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance. Harper y Row (eds). Nueva York. 678p.
- López, E., I Quintero. Manejo integrado de plagas como estrategia para el control de la mosca del botón floral del maracuyá *Dasiops inedulis* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae) Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria, vol. 13, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 31- 40
- Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 37: 385-408. Disponible en: <http://sea-entomologia.org/PDF/GeneralInsectorum/GE-0056.pdf>
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurements. Princeton University Press New Jersey-U.S.A. 179p.
- Magurran, A. 1991. Diversidad Ecologica y su Medicion. Vedra (Ed.). Barcelona-España. 54-70p.
- Manjarrez, H. O. I. 2008. Respuesta del algodón a la siembra en surcos ultra-estrechos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2680/TESIS%20OSCAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martin, J. E. (comp.). 1977. The insects and arachnids of Canada. Part 1. Collecting, preparing, and preserving insects, mites and spiders. Kromar Printing Ltd. Québec. Disponible en: http://esc-sec.ca/wp/wp-content/uploads/2017/03/AAFC_insects_and_arachnids_part_1_eng.pdf
- Massieu Trigo, Yolanda Cristina CULTIVOS Y ALIMENTOS TRANSGÉNICOS EN MÉXICO El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas Argumentos, vol. 22, núm. 59, enero-abril, 2009, pp. 217-243 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochim. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59511412008>
- McAleece, N.; Gage, J. D. G.; Lambhead, P. J. D. & Paterson. G. L. J. (1997). BioDiversity Professional Statistics Analysis Software. Jointly developed by

Scottish Association for Marine Science and Natural History Museum.
London.

MONSANTO. (2002). Seguridad del algodón Bollgard® evento 531, genéticamente protegido contra las orugas de las cápsulas. Agricultura España. Cuaderno Técnico N° 4. Madrid. 44 p.

MONSANTO. (2014). Variedades de Algodón. Semillas, 1, 16. Revisado el 2 de noviembre del 2018; Disponible en:
<http://www.monsantoglobal.com/global/lan/productos/pages/deltapine.aspx>

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Ñañez, C. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del algodón (*Gossypium Hirsutum*). Bogota Colombia: Produmedios.URL:
<https://www.ica.gov.co/getattachment/a223d007-d6e6-4df0-a7fc-b0150cb6bbbbb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-algodon.aspx>

Naranjo, S. E., & Ellsworth, P. C. (2010). Fourteen years of Bt cotton advances IPM in Arizona. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 437-445.

Novillo, C.; Soto, J. y Costa, J. 1999. Resultados en España con variedades de algodón, protegidas genéticamente contra las orugas de las cápsulas. *Bol. San. Veg. Plagas*. 25:383-393.

Okland, B. 1996. A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *Eur. J. Entomol.* 93: 195-209.

Palemon, T. V. A., & Enrique, G. U. (2001). Manejo integrado de las plagas del algodonoero en la planicie Huasteca.

Pedigo, L. P 1999. Managing insects with resistat plants. *Entomology and Pest management* 3a. Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJP

Pérez C. (2016). Recursos genéticos del algodón en México: Conservación *ex situ*, *in situ* y su utilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 15.

- Pérez, G. S.; Tamajón, R.; Aldebis, H. K. y Vargas, O. E. 2009. Comunidad de arañas en cultivos de algodón ecológico en el sur de España. *Rev. Colom. Entomol.* 35:168-172.
- Pimental, O. (2015). *Agenda Técnica Agrícola Coahuila*, [online] (Segunda edición), pp.31-39. Disponible en: http://www.inifap.gob.mx/Documents/agendas_tecnologicas/07_Coahuila_2015_SIN.pdf; revisado el 19 de agosto del 2018.
- Piñago L, ARNAL E, RODRÍGUEZ B. 2001. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz bajo tres sistemas de labranza. *Entomotropica* 16(3):173-179.
- Portela, D., Chaparro-Giraldo, A. y López, S. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. NOVA Publicación científica en Ciencia Biomédicas. Scielo. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v11n20/v11n20a09.pdf>
- Quiñones S., M. (2007) Análisis del eslabón primario (producción) en la cadena productiva del algodón en la Comarca lagunera del Estado de Coahuila. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rodrigues, T. R., Fernandes, M. G., & Santos, H. R. D. (2010). Spatial distribution of *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) and *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera, Aleyrodidae) on Bt and non-Bt cotton. *Revista Brasileira de Entomologia*,54(1), 136-143.
- Rodríguez R., Paulina; González R., Orfil Plantas transgénicas: una revisión de los principales cultivos básicos en México e-Gnosis, núm. 5, 2007, p. 1 Universidad de Guadalajara Guadalajara, México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000509>
- Rodríguez Vega, P. (2017). Implicaciones ambientales de la siembra de algodón transgénico en Colombia. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Colombia.

- Rodríguez, F. E., R. Zumalacárregui, J. M., C. A. Otero, S. A. Calleja, C. F. De la Fuente C. 2003. Lo que vd. debe saber sobre los alimentos transgénicos (y organismos manipulados genéticamente) Cartilla de divulgación. Edición caja España. 69 Pág.
- Sánchez M., Linares J., Fernández H., Pérez G. (Mayo 24 de 2018). Analisis de la entomofauna benéfica en cultivos de maíz transgénico y convencional, Córdoba Colombia. 18 de abril del 2019, de ResearchGate Sitio web: Doi: 10.21897/rta.v23i2.1296
- Santana, E., Ávila, R., Castañeda, G., De La Cruz, L., García, D., Romero-M., Márquez, H "Entomofauna Presente en Algodonero (*Gossypium hirsutum* L.) Genéticamente Modificado en Zonas Productoras de México,"*Southwestern Entomologist* 40(1), 151-160, (1 March 2015). <https://doi.org/10.3958/059.040.0113>
- Spellerberg, I. (1991). *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, UK, 334 pp.
- Tripplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole, Belmont, California.
- Tucuch, M., Miranda, A., Orona, F., Cerna, E., Flores, M y Aguirre, A. (Junio 2012). Thrips (Thysanoptera) Species and their Fluctuation in Abundance in Mango at Campeche, México. *SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST* , 37, 171-175.
- Vallejo, F.; Estrada, E. 2002. *Mejoramiento genético de plantas*. Universidad Nacional de Colombia. DIPAL. Palmira, Colombia. 404 p.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.
- Wilfredo Rivas, A. (2004). *Muestreo de Plagas*. Diplomado. Universidad de el Salvador Facultad de Ciencias Agronomicas Unidad de Posgrado.