

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

"ENTOMOFAUNA ASOCIADA CON EL CULTIVO DE AGAVES EN EL ESTADO DE GUERRERO"

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Protección Vegetal

Presenta:

Gloria Luna Alejandro

Bajo la supervisión de:

Dr. Samuel Ramírez Alarcón



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
ORIGINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, Febrero de 2020

**“ENTOMOFAUNA ASOCIADA CON EL CULTIVO DE AGAVES EN EL
ESTADO DE GUERRERO”**

Tesis realizada por **GLORIA LUNA ALEJANDRO**, bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

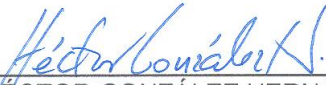
DIRECTOR:


Dr. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

CO-DIRECTOR:


Dr. PEDRO FIGUEROA CASTRO

ASESOR:


Dr. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRACT	xii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	14
1.1 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES.....	16
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	16
2.1 El maguey mezcalero	16
2.2 Estadística de producción del cultivo de agave	17
2.3. Normatividad de la cadena maguey-mezcal	19
2.4. Características generales del maguey mezcalero.....	20
2.5 Problemas fitosanitarios	21
2.5.1. Enfermedades asociadas con el cultivo de maguey mezcalero	21
2.5.2 Plagas asociadas con el cultivo de agave mezcalero	22
2.6. Diversidad biológica.....	33
2.7. Diversidad de hormigas	35
REFERENCIAS CITADAS	36
CAPITULO III. INSECTOS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE MAGUEY MEZCALERO EN EL ESTADO DE GUERRERO	47
RESUMEN.....	47
ABSTRACT.....	48
3.1. INTRODUCCIÓN	49
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50

3.2.1 Sitios de estudios.....	50
3.2.3. Descripción del monitoreo de plantas de agave	50
3.2.4. Análisis de los datos.....	51
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	52
3.3.1. Diversidad de especies asociados con el cultivo de agave	52
3.3.2. Dinámica poblacional	58
3.3.3. Análisis de la diversidad	70
3.4. CONCLUSIONES.....	72
REFERENCIAS CITADAS	73
CAPÍTULO IV. MONITOREO DE <i>SCYPHOPHORUS ACUPUNCTATUS</i> GYLLENHAL (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) MEDIANTE TRAMPAS CON FEROMONAS DE AGREGACIÓN EN AGAVE MEZCALERO EN GUERRERO, MÉXICO.	78
RESUMEN.....	78
ABSTRACT.....	79
4.1 INTRODUCCIÓN.....	80
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
4.2.1. Sitio experimental.....	81
4.2.2. Descripción, preparación y mantenimiento de trampas	81
4.2.3 Distribución de las trampas	82
4.2.4 Evaluaciones.....	82
4.2.5. Información climatológica.....	82
4.2.6. Análisis estadístico.....	82
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES	83
4.4. CONCLUSIONES.....	88
REFERENCIAS CITADAS	88
CAPÍTULO V. HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) ASOCIADAS CON DOS ESPECIES DE AGAVES MEZCALEROS	91
RESUMEN.....	91
5.1. INTRODUCCIÓN.....	93
5.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	94

5.2.1 Sitio de estudio.....	94
5.2.2. Primera revisión sobre hormigas.	94
5.2.3. Segunda revisión sobre hormigas.	95
5.2.4. Datos de etiqueta.	95
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	95
5.4 CONCLUSIONES.....	107
REFERENCIAS CITADAS	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los predios de estudios sobre diversidad de especies de insectos asociados con el cultivo de agave.....	50
Cuadro 2. Abundancia de insectos en predios de agave mezcalero, comunidad de Quetzalapa, municipio de Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.	52
Cuadro 3. Especies asociadas con el cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.	59
Cuadro 4. Valores del índice de diversidad de las especies en el cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	71
Cuadro 5. Prueba de hipótesis sobre estaciones del año (Prueba de medias LSD) en las capturas de picudos del agave, predios de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	88
Cuadro 6. Especies de hormigas asociadas a los agaves mezcaleros y sitio de recolecta en Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento histórico sobre la producción del mezcal por año, volúmenes expresados en litros a 45 % Alc. Vol. (CRM, 2018).	18
Figura 2. Zonas protegidas por la Denominación de Origen de Mezcal (Modificado del Diario Oficial de la Federación, 2018).....	20
Figura 3. Adulto de <i>S. acupunctatus</i> (A) y diferencia morfológica entre sexos en el último segmento abdominal (B). Foto por Jorge Valdez C. (2019).	23
Figura 4. Daños ocasionados por el picudo del agave en plantas de <i>A. angustifolia</i> (A) y <i>A. cupreata</i> (B). Fotos por Gloria Luna Alejandro.....	24
Figura 5. Daños ocasionados por el picudo del agave. Fotos por Gloria Luna Alejandro.	24
Figura 6. Adulto de <i>Peltophorus polymitus</i> . Foto por Jorge Valdez C. (2019).	28
Figura 7. Adulto y ninfa de <i>Caulatops distant</i> en el cultivo de agave. Fotos por Gloria Luna Alejandro.....	30

Figura 8. Infestación de piojos harinosos en plantaciones de <i>A. angustifolia</i> . Foto por Gloria Luna Alejandro.....	31
Figura 9. Plantas de <i>A. tequilana</i> infestada por <i>A. agavis</i> . Foto por Gloria Luna Alejandro.	32
Figura 10. Abundancia relativa de las principales especies de insectos asociados con el Maguey mezcalero en el predio La Minilla en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.....	53
Figura 11. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio Rancho el Frio en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.	54
Figura 12. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio El Llano en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero 2018-2019.	55
Figura 13. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio El Horno en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.	56
Figura 14. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el Agave mezcalero en el predio El Amatito en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.	56
Figura 15. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el Agave mezcalero en el predio Tlalzahuate en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.	57
Figura 16. Daños ocasionados por la chinche del agave en plantas de <i>A. angustifolia</i> . Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Fotos por Gloria Luna Alejandro.....	58
Figura 19. Daños y presencia del Cerambícido en plantas de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Foto por Gloria Luna Alejandro.....	61
Figura 20. Daños ocasionados por el gusano blanco en planta de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Foto por Gloria Luna Alejandro.....	62
Figura 21. Fluctuación poblacional de insectos chupadores y masticadores del follaje, asociados con el cultivo del agave, Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.	64
Figura 22. Adulto de chicharrita foto por Jorge Valdés (A) y presencia de cicadelidos en el cultivo de agave (B) foto por Gloria Luna Alejandro.	66
Figura 23. Fluctuación poblacional del <i>Strategus aloeus</i> , asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.....	67
Figura 24. Fluctuación poblacional de insectos depredadores de insectos fitófagos asociados con el cultivo del agave, en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	68
Figura 25. Fluctuación poblacional de <i>Alienoclypeus insolitus</i> , parasitoide del picudo del agave, en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	69

Figura 26. Dinámica poblacional de hormigas asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.....	70
Figura 27. Similitudes de especies en los predios de estudio del cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.	72
Figura 28. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio La Minilla, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.....	84
Figura 29. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio El Llano. Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	85
Figura 30. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio El Horno. Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.	86
Figura 31. Fluctuación poblacional de hormigas asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.....	106

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

Petra Alejandro Velázquez y Humberto Luna Gerónimo

A MIS ABUELITAS

Amalia Gerónimo Díaz y Asenciona Alejandro

A MIS HERMANAS Y HERMANOS

Lucero Luna Alejandro, Iveth Luna Alejandro, Estrella Luna Alejandro, Sonia Zúñiga Silverio, Marcelino Luna Alejandro Y Santo Cecilio Alonso.

A MIS SOBRINAS

Getsemaní, Lucero G., Galilea y Quetzali

Y

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada y a la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo económico para la realización de la presente tesis de maestría.

A mis profesores de la maestría, que me brindaron parte de su conocimiento para mi formación personal y profesional.

En especial a los integrantes de mi comité asesor, por aceptar ser parte de este proyecto

Dr. Samuel Ramírez Alarcón, por la confianza y apoyo brindado en todo momento.

Dr. Pedro Figueroa Castro, por sus consejos durante el proyecto y por la confianza y el tiempo brindado durante el desarrollo de trabajo.

Dr. Héctor González Hernández, por su gran disposición y apoyo en la descripción taxonómica con los insectos en estudio.

M.C. Antonio Segura Miranda, por el apoyo brindado en todo momento.

Al señor Luis Figueroa, por el apoyo y acompañamiento en el trabajo de campo.

A Agriminilla S.A.S., por el apoyo con los materiales que se utilizaron en el trabajo de campo y el acceso a sus propiedades para realizar los monitoreos.

Al Dr. Juan Venegas por su apoyo en la identificación de las especies de hormigas.

Al M.C. Jorge Manuel Carrasco, por su apoyo en la toma y procesamiento de las imágenes.

A la M.C. Edith Blanco por su apoyo en la identificación de las especies de chicharritas.

A los Ing. Francisca Silva, Michel Chávez y Yesica Jiménez por su apoyo en los monitoreos en las plantaciones de agaves.

A mis compañeros de generación, por formar parte de esta etapa de mi vida.

A mi familia, por creer en mí.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

- Nombre: Gloria Luna Alejandro
- Fecha de Nacimiento: 15 de Abril de 1995
- Lugar de Nacimiento: San Francisco
Municipio de Tecoanapa Guerrero
- Curp: LUAG950415MGRNLL07
- Profesión: Ing. Agrónomo Fitotecnista
- Cedula profesional: 11523245



Desarrollo Académico

- Preparatoria No. 15, en la Universidad Autónoma de Guerrero
- Lic. en Ing. Agrónomo Fitotecnista, en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

RESUMEN GENERAL

ENTOMOFAUNA ASOCIADA CON EL CULTIVO DE AGAVES EN EL ESTADO DE GUERRERO

El cultivo de agave actualmente tiene una gran demanda en los mercados nacional e internacional, lo que ha provocado un incremento en la superficie cultivada en el estado de Guerrero. Sin embargo, su producción es afectada por una gama de problemas bióticos y abióticos, entre estos se encuentran las plagas insectiles. Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo presentar una relación de insectos asociados con este cultivo y así identificarlos y agruparlos de acuerdo a su hábitat, esperando también encontrar alternativas de manejo de las principales plagas. Durante la investigación, se realizaron monitoreos mensuales en los predios de maguey mezcalero de La Minilla, El Amatito, El Rancho el Frio, El Horno, El Tlazahuatl y El Llano, y se hicieron recolectas de insectos asociados con el cultivo. Por otro lado, se utilizó un sistema de trapeo para el picudo del agave. En el presente estudio se colectaron 2,428 individuos presentes en el cultivo del agave, representados por cuatro taxones, 12 familias y 17 especies. El predio La Minilla presentó alta riqueza de especies (36.12 %), el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* fue la especie más abundante, seguida de la chinche *Caulotops distanti*, *Graphocephala rufimargo*, y el complejo de piojos harinoso *Dysmicoccus brevipes* y *Chorisococcus triunfoensis*. Con respecto al trapeo del picudo del agave en primavera se obtuvieron las mayores capturas, con un promedio de 22.32 picudos por trampa y en la estación invierno las poblaciones del picudo del agave disminuyeron al detectarse un promedio de 7.49 picudos por trampa. De acuerdo con el análisis de correlación, se encontró que la población picudos total y hembras capturados, presentaron una correlación positiva muy débil con respecto a la precipitación ($r = 0.23623$; $r = 0.28675$). También se reportan 11 especies de hormigas asociadas con el maguey mezcalero y se hacen nuevos registros de hormigas para el estado de Guerrero.

Palabras claves. Abundancia relativa, Agave, densidad poblacional, hormigas, índice de diversidad.

Tesis de Maestría en ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Gloria Luna Alejandro
Director de Tesis: Dr. Samuel Ramírez Alarcón

GENERAL ABSTRACT

Agave cultivation is currently in great demand in national and international markets, which has led to an increase in the area cultivated in the state of Guerrero. However, its production is affected by a range of biotic and abiotic problems, among which are insectile pests. Therefore, this research aims to present a relationship of insects associated with this crop and thus identify and group them according to their habitat, hoping also to find management alternatives of the main plagues. During the investigation, monthly monitoring was conducted at the maguey mezcalero sites of La Minilla, El Amatito, El Rancho el frio, El Horno, El Tlazahuate, and El Llano, and insects associated with the crop were collected. On the other hand, a trapping system was used for the agave weevil. In the present study, 2,428 individuals were collected from agave cultivation, represented by four taxa, 12 families and 17 species. La Minilla presented high species richness (36.12 %), the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* was the most abundant species, followed by the chinche *Caulotops distantis* *Graphocephala rufimargo*, and the mealy louse complex *Dysmicoccus* sp. and *Chorisococcus triunfoensis*. With respect to the agave weevil trapping in spring, the highest catches were obtained, with an average of 22.32 weevils per trap, and in the winter season the agave weevil populations decreased as an average of 7.49 weevils per trap were detected. According to the correlation analysis, it was found that the total weevil population and females captured, presented a very weak positive correlation with respect to precipitation ($r = 0.23623$; $r = 0.28675$). Eleven ant species associated with maguey mezcalero are also reported, and new ant records are made for the state of Guerrero.

Key words. Agave, ants, diversity index, population density, relative abundance.

Master's thesis in science, Chapingo Autonomous University.

Author: Gloria Luna Alejandro

Thesis Director: Dr. Samuel Ramírez Alarcón.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El agave es una planta de la familia Asparagaceae, de la cual existen aproximadamente 310 especies del género *Agave* en el continente americano, de estas 272 se encuentran en México, distribuidas en diversas regiones con diferentes climas, por lo que México se considera como su centro de origen (Granados, 1999; Colunga-García Marín et al., 2007). Además, el género *Agave* es uno de los grupos de plantas más importante para México y unos de los cultivos que identifican a México en todo el mundo.

A lo largo de la historia de México, el agave con su gran diversidad de especies y ubicación regional, ha sido generador de bienes económicos, sociales, ecológicos y principalmente culturales, la producción de mezcal se ha convertido en una actividad de gran importancia económica y social en el estado de Guerrero, donde se producen tres especies de agave (*A. angustifolia*, *A. cupreata* y espadín criollo) que se utilizan para la elaboración del mezcal, donde se cultiva aproximadamente 1, 700.80 has (SIAP, 2018).

El cultivo de agave se ve afectado por diferentes problemas ambientales y biológicos (CRT 2005), entre estos se encuentran las plagas insectiles (González et al., 2007), que limitan la producción de este cultivo, donde, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Dryphthoridae) es considerado la principal plaga de importancia económica (González et al. 2007, Aquino et al. 2010). Los daños de esta plaga pueden ser devastadores para el cultivo. Aquino et al., (2007) reportan daños de un 13.35 % en piñas de *Agave tequilana* y un 10.26 % en *A. angustifolia*, por otra parte, Solís et al., (2001) mencionan que este insecto llega a causar daños de un 24.5 % en piñas de agave tequilero que llegan a las fábricas donde se procesa el tequila.

El manejo de esta plaga se dificulta debido a sus hábitos crípticos, sin embargo, dentro del manejo integral del picudo del agave, se ha desarrollado un sistema de trampeo para el monitoreo de este insecto, el modelo más efectivo para la captura de adultos, es la utilización de trampas tipo cubeta. La trampa se

compone de una feromona de agregación sintética, cebo alimenticio y un agente de aniquilación directo (insecticida o agua jabonosa), colocando de 1 a 4 trampas/ha (Rodríguez-Rebollar et al., 2012, Figueroa et al., 2013; Figueroa et al. 2016; Figueroa et al., 2017).

Por otro lado, es importante conocer la biodiversidad de especies de insectos que se encuentran asociados con los cultivos de agaves, por lo que este estudio presenta un panorama sobre las relaciones existentes entre las abundancias y riquezas de una comunidad y con esto, conocer los principales insectos de mayor importancia económica y que demeritan al cultivo del maguey mezcalero; de igual manera los insectos benéficos asociados a las plagas.

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae), que son uno de los grupo de insectos más abundantes en los ecosistemas terrestres (Mackay, 1985), se encuentran distribuidas en colonias, donde es posible distinguir una casta obrera y una reproductora. México presenta una gran diversidad de especies de hormigas, esto nos permite encontrar hormigas en todos los ecosistemas y hábitats, sin embargo, existen pocos estudios que den a conocer cuántas especies se encuentran distribuidas en el país (Ríos-Casanova, 2014; Mackay y Mackay, 2003).

En base al crecimiento de la demanda comercial de bebidas espirituosas, es necesario buscar estrategias y acciones para garantizar la sustentabilidad de la materia prima y así mantener la calidad y originalidad de estos destilados de agave. Sin embargo, existe poca información sobre la gran diversidad de organismos que están asociados con el maguey mezcalero.

1.1 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES

Con la finalidad de aportar información relevante para la implementación de un manejo integral, esta investigación tuvo como objetivos los siguientes:

Objetivo general

- Generar información de los insectos asociados con el agave en Guerrero.

Objetivos particulares

- Determinar la fluctuación poblacional de los principales insectos asociados con los agaves.
- Determinar la diversidad de hormigas asociadas con el agave.
- Conocer la diversidad de otras especies de insectos asociados con el agave.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El maguey mezcalero

2.1.1 Importancia del cultivo de maguey mezcalero

El cultivo de maguey mezcalero, ha comenzado un repunte comercial en Guerrero, Oaxaca, Puebla, Michoacán y otros estados con dominación de origen, debido a la gran demanda de las bebidas espirituosas y exportaciones de éstas, sobre todo a la demanda por parte de los empresarios de Jalisco para la elaboración de jarabes y otros subproductos. En la agroindustria del mezcal, participan 18, 000 productores, donde se generan 19,000 empleos directos y más de 85,000 indirectos, participando más de 15 mil familias de zonas rurales (de las

26 mil familias dedicadas a la producción de mezcal. Es fuente de empleo tanto para hombres como mujeres, creando un desarrollo en segmentos sociales vulnerables, de igual manera, genera el incrementado de innovaciones, investigaciones y desarrollos (CRM, 2018; ISACM, 2018).

En Guerrero, la elaboración del mezcal ha sido una actividad desde épocas remotas, la mayor parte de su obtención es de manera artesanal, hasta la fecha se han reportado un total de 300 fábricas de mezcal, mismas que dan sustento a unas 1,500 familias guerrerenses, que son dependiente de este producto para el mejoramiento en su economía (Susano-García, et al., 2014). La producción de dicho producto se realiza en más de 80 localidades ubicadas en las regiones, Norte, Tierra caliente, Montaña, Centro y Costa Grande. Sin embargo, en Guerrero existe poca información sobre el total de productores de maguey y mezcal, el consejo regulador del mezcal (2018) reporta que en Guerrero se comercializan anualmente un aproximado de 1.4 millones de L de mezcal, producidos por 775 productores de Maguey y 450 productores de Mezcal en 450 fábricas.

2.2 Estadística de producción del cultivo de agave

2.2.1 Producción general del cultivo del agave

En el año 2018, la producción nacional de agave fue de 1, 743,100 ton, donde los principales estados productores fueron Jalisco, representando un 1, 086,808 ton, Guanajuato 334,840 ton, Oaxaca 98,402 ton, Guerrero con 40,738 ton. Por otro lado, se estima que la demanda del cultivo de agave durante los años 2024-2030, tendrá un incremento de 1, 670,000 a 2, 120,27 ton. Por el consumo internacional de Tequila, que ha incrementado desde 2003 en 26 países, incluyendo a los integrantes de TLCAN y el TPP, así como también China, países de la Unión Europea y otros, el consumo anual de estos países es de 184 millones de litros. Para el Mezcal, en 2016 se exportaron aproximadamente 2.71 millones de litros con un valor de 26 millones de dólares a Estados Unidos, Taiwán y otros miembros de la Unión Europea (SIAP, 2018; CRT, 2017; SIAVI, 2017).

2.2.2 Producción del maguey mezcalero y el mezcal

En el año 2018, la producción nacional maguey mezcalero fue de 303,382 ton, obtenidas de una superficie de 14,461 ha, donde los principales estados productores fueron, Oaxaca con 8,101 ha, Guerrero 1,701 ha y Guanajuato 1,662 has. En el caso de Guerrero, en el mismo año, aportó una producción anual de 37,414 ton del total de la producción nacional (SIAP, 2018).

El Consejo Regulador del Mezcal (2018) reporta que el consumo del mezcal tiende a incrementarse a través de los años, en el año 2011, la producción total de mezcal fue de 980,375 L de mezcal a 45% Alc. Vol., en el 2018, se produjo un total de 5,089,667 L del mezcal a 45% Alc. Vol. (el 92% fue Mezcal Artesanal, el 7 % Mezcal y el 1 % Mezcal Ancestral). Desde el 2018, Oaxaca es considerado como el estado de mayor producción de mezcal con al aportar cerca del 92%, Guerrero con el 1.8 % (CRM, 2018) (Figura 1).

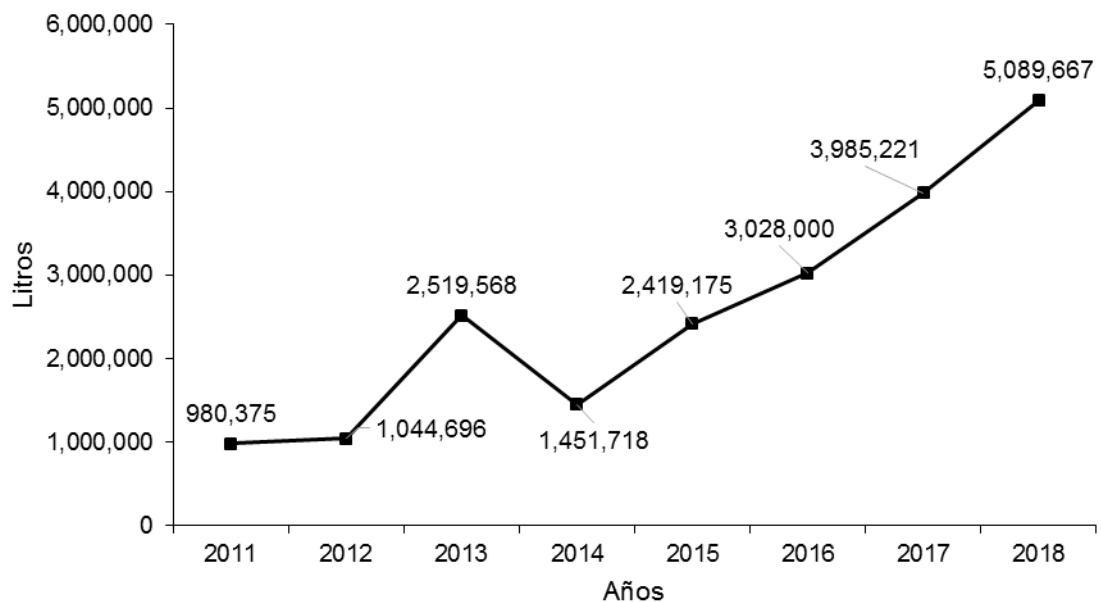


Figura 1. Comportamiento histórico sobre la producción del mezcal por año, volúmenes expresados en litros a 45 % Alc. Vol. (CRM, 2018).

De la producción total de mezcal (mezcal artesanal, mezcal y mezcal ancestral) más del 50 % se exporta a 64 países, entre ellos, USA, España, Francia, Inglaterra, Países Bajos, etc. En el año 2018, de los 5, 089,667 L, se exportaron 3, 442,291 L de mezcal envasado. Y se cuenta con un total de 240 marcas de mezcal para exportación, que están certificadas por el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (CRM, 2018).

2.3. Normatividad de la cadena maguey-mezcal

Para el cumplimiento de vigilar, proteger, y mantener la calidad del mezcal, se cuenta con la dominación de origen del mezcal, el consejo regulador del Mezcal y la norma oficial mexicana (NOM-070-SCFI-2016), las cuales se explican a continuación (DOF, 2017).

a) Denominación de Origen del Mezcal (DOM)

A nivel mundial, el mezcal sólo puede ser elaborado en México debido a la DOM, que se obtuvo en 1994, para los estados de Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. Posteriormente se otorga la DOM al municipio de San Felipe en el estado de Guanajuato y once municipios del estado de Tamaulipas, en el 2012 se incluyen 29 municipios del Estado de Michoacán y en el año de 2015, se incorporan 115 municipios del estado de Puebla y para el 2018, se incluyeron 23 municipios de Morelos, 15 del estado de México, y 6 de Aguascalientes y el municipio de Xochiltepec de Puebla (Figura 2) (CRM, 2019; DOF, 2018).



Figura 2. Zonas protegidas por la Denominación de Origen de Mezcal (Modificado del Diario Oficial de la Federación, 2018).

B) Consejo Regulador del Mezcal

El Consejo Mexicano Regulador del Mezcal A. C (CRM), tiene como finalidad garantizar y salvaguardar la DOM, y es el organismo de certificación del Mezcal con base a lo establecido a la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCF1- 2016 Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones(CRM, 2015).

C) Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCF1- 2016, Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones (NOM-070-SCF1- 2016)

La NOM-070-SCF1- 2017, establece las características y especificaciones que debe cumplir la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal para su producción, envasado y comercialización (DOF, 2017).

2.4. Características generales del maguey mezcalero

2.4.1 Características del género agave

Es una planta monoica, perenne, presenta flores perfectas e incompletas, florece sólo una vez en toda su vida, y llega a su madurez fisiológica entre los 7 y 8 años (Barrios et al., 2006). El género *Agave* puede desarrollarse en regiones semiáridas y subhúmedas, prefiere días soleados y presenta poca tolerancia a las bajas temperaturas, especialmente durante la noche. De acuerdo al tipo fotosintético pertenece a las plantas MAC (metabolismo del ácido crasuláceo) esto nos permite saber que la temperatura nocturna es un factor importante para la adaptación y la productividad del cultivo y poder identificar las áreas con potencial para las plantaciones (Ruiz et al., 2002).

Fenología del agave mezcalero. Las plantaciones de este cultivo se dan en los meses de abril a mayo para aprovechar las lluvias, a los 3 años después de la plantación, la planta comienza a producir hijuelos (emergen de los rizomas) aptos para nuevas plantaciones, y cuando la planta llega al final del ciclo vegetativo (6 años o más), del centro del rosetón de hojas emite un escapo floral conocido como quilete, alcanza una altura de 3-5 metros, brotando en su parte superior la inflorescencia en forma de panícula. La floración tiene una duración de cuatro meses y se presenta de septiembre a diciembre. La fructificación se presenta desde la segunda quincena de diciembre y se extiende hasta junio (seis meses y 15 días), y los frutos maduros se encuentran desde mayo (CONABIO, 2006).

2.5 Problemas fitosanitarios

El cultivo de agave se ve afectado por diferentes problemas ambientales y biológicos, entre estos se encuentran plagas y enfermedades (bióticas y abióticas), provocando pérdidas económicas, e incrementando los costos de producción (CRT 2005; González et al., 2007).

2.5.1. Enfermedades asociadas con el cultivo de maguey mezcalero

Las principales enfermedades que demeritan al cultivo de agave mezcalero son causadas por agentes bióticos (hongo, bacteria, etc.) y también se encuentran las enfermedades causados por agentes abióticos como son, virus, desbalance o deficiencia nutrimental, fitotoxicidad de un agroquímico, etc.

Agentes bióticos: *Cercospora agavicola* Ayala-Escobar (Ayala et al., 2005; CRT, 2005; Rubio, 2007); *Fusarium oxysporum* Schlecht (Valenzuela, 2003; Arredondo y Espinosa, 2005; Virgen-Calleros, et al., 2011; Vega-Ramos, et al., 2013); *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee, (Brenner y Farmer III; EPPO), *Erwinia* sp. (Hauben et al., 2005; Arredondo y Espinosa, 2005; Aquino-Bolaños et al., 2009; MOP-DPF-PRAV, 2017); *Alternaria* sp. (Arredondo y Espinosa, 2005; Espinosa et al., 2005); *Capnodium* sp. (Espinosa et al., 2005).

Agentes abióticos: Anillo rojo, problemas causados por el mal uso de herbicidas (CRT, 2005; Rubio y Cervantes, 2006; Rubio, 2007; MOP-DPF-PRAV, 2017).

2.5.2 Plagas asociadas con el cultivo de agave mezcalero

El agave se ve afectado por diferentes plagas, en su mayoría son insectos, estos han sido clasificados en tres grandes grupos de acuerdo al tipo de daño que ocasionan en la planta (Solís et al., 2002; González, 2004; González et al., 2007b).

a) Insectos barrenadores

Picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal)

Descripción morfológica. Los adultos de *S. acupunctatus* (12- 15 mm) su cuerpo es color negro brillante, su abdomen es de 10 segmentos, ventralmente sólo son visible cinco y dorsalmente sólo 8 (Figura 3). Para la separación de hembras y machos, se usa el último segmento abdominal en vista ventral, la hembra es afinada y angosta, mientras que el macho es romo y más ancho (Figura 3) (Ramírez-Choza, 1993; Siller, 1985; Lock, 1969). Sus larvas son apodas, de color blanco cremoso, exhiben una capsula cefálica de color café, cuando terminan su desarrollo llegan a medir 18 mm de largo y 4 mm de ancho, con una cabeza dura con mandíbulas fuertes. El último segmento abdominal es curvado hacia arriba y presenta dos proyecciones carnosas (urogonfis), cada una tiene tres setas alargadas. La Pupa es de tipo exarata (16 mm), de color amarillo-café hasta llegar a café-oscuro, presenta paquetes alares visibles a los lados y

bajo la superficie del cuerpo. Los huevos son de forma ovoide (1.5 mm de longitud y 0.5 de diámetro), y de color blanco cremoso (Lock, 1969 y Ramírez, 1993).

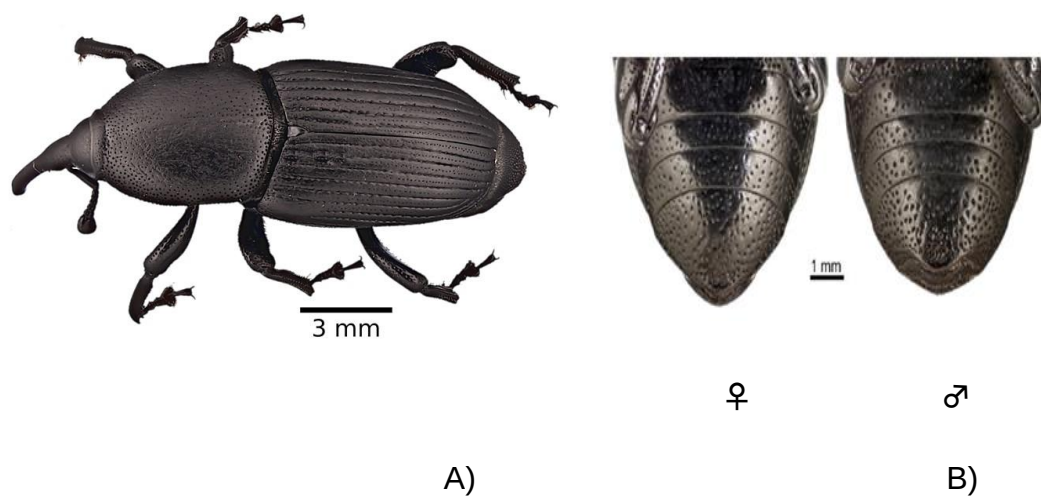


Figura 3. Adulto de *S. acupunctatus* (A) y diferencia morfológica entre sexos en el último segmento abdominal (B). Foto por Jorge Valdez C. (2019).

Daños. Los daños que causan estos insectos son irreversibles, presentan daños directos ocasionados por las larvas al atacar la piña, que barrenan el interior de esta (prefieren agaves maduros). También los adultos perforan el cogollo de la planta y periferia de las hojas (Figura 4). El daño indirecto ocurre cuando las larvas se alimentan o realizan sus galerías, ya que se producen pudriciones o necrosamientos endurecidos de color rojo intenso por efecto del ingreso de hongos y bacterias (Figura 5) (Solís et al., 2001; González et al., 2007), donde actualmente es considerado un transmisor de *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee, (Brenner y Farmer III; EPPO), *Erwinia* sp. (Arredondo y Espinosa, 2005; y Espinosa et al., 2005), provocando una reducción en los rendimientos o la pérdida total del cultivo. En un estudio realizado por Aquino y colaboradores (2007), reportan daños de un 13.35 % y pérdidas por grado de ataque que oscilan entre 3.97 a 19.11 kg/piña en *Agave tequilana*, y en *A. angustifolia* encontraron daños de un 10.26 % y pérdidas que oscilan de 5.54 a 29.97 kg/piña.



Figura 4. Daños ocasionados por el picudo del agave en plantas de *A. angustifolia* (A) y *A. cupreata* (B). Fotos por Gloria Luna Alejandro.



Figura 5. Daños ocasionados por el picudo del agave. Fotos por Gloria Luna Alejandro.

Biología. Los adultos están presentes todos los meses del año y son de hábitos crepusculares. Sin embargo, Bravo et al., (2003) mencionan que a mayor precipitación hay mayor población de picudo, y en épocas de seca menores

poblaciones, y la proporción de daño fue relacionado en un 77% con la altitud, determinaron que a mayor altitud mayor es el daño del picudo en los agaves mezcaleros. Para completar su ciclo biológico con una temperatura base de 10 °C el picudo del agave requiere un total de 2,225 grados días (Aquino et al., 2007). La duración de los estadios: Huevo (3-8 días), larva (aprox 2 meses), pupa (2 a 3 semanas), adulto (activo todo el año, longevidad >430 días) (Solís, 2001; González et al., 2007, Figueroa et al., 2016; Figueroa et al., 2013).

Tácticas de control para el manejo del picudo del agave

Como medidas fitosanitarias se recomienda quemar o jimar plantas infestadas con picudo, así como mantener libre de maleza el predio (Solís, 2001; Arredondo y Espinosa, 2005). Debido al largo ciclo productivo del agave, es importante conservar los insectos benéficos (depredadores, parasitoides), que actúan como equilibrio dentro de la entomofauna asociada con este cultivo, se reportan como agentes de control biológico para el picudo del agave los histéricidos depredadores de larvas (*Hololepta polita* Marseul, *H. vicina* LeConte, *H. yucateca* Marseul, *Placodes ebeninus* Lewis., *Lioderma yucateca* Marseul, *L. cacti* Marseul y *Phileurus valgus*. Dentro de los parasitoides de larvas hasta el momento sólo se menciona *Alienoclypeus insolitus* Shenefelt (Hymenoptera: Braconidae), y para pupa *Cyclaulacidea* sp., dentro de los entomopatógenos reportados se encuentran *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, *Verticillium* spp., y algunos nematodos como *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema* spp. (Álvarez, 2000; Pacheco, 2002; Espinosa et al., 2005; Aquino et al., 2006; Hueso et al., 2006; González et al., 2007a; Salcedo-Delgado et al., 2018).

Actualmente, se han realizado estudios sobre el comportamiento de este insecto, utilizando semioquímicos, trampas cebadas con feromonas y atrayentes alimenticios, con el objeto de desarrollar un sistema de monitoreo o trampeo masivo para el control de poblaciones de esta plaga (Ruiz- Montiel, 2003, Barrera, 2006, Figueroa et al., 2017)

Semioquímicos. Son compuestos que mediatizan las interacciones químicas entre organismos y su ambiente (Law y Regnier, 1971, citado por Barrera et al. 2006), estos se dividen en dos grupos de acuerdo al tipo de interacción al que participan., feromonas (del Griego pherein, llevar o transferir, hormona, excitar o estimular), cuando el emisor y receptor son de la misma especie (interacciones intraespecíficas) y cuando el emisor y receptor son de diferentes especies (interacciones interespecíficas) se le denomina aleloquímicos. Las feromonas se dividen de acuerdo al efecto que causan en el receptor: comportamentales (sexuales, agregación, alarma, ruta, marcaje) y fisiológicas (regulación de castas, inhibición de desarrollo ovárico, sincronización de desarrollo) (Norris et al., 2003, Rojas et al., 2006; Heuskin et al., 2011).

Barrera y colaboradores (2006), mencionan que las feromonas más utilizadas para cebar trampas y capturas de insectos insectívoros son las sexuales y las de agregación, donde esta última es la más utilizada para el monitoreo y control de poblaciones en el picudo del agave.

Monitoreo de plagas. Nos permite conocer los incrementos o decrementos de una población de insectos (fluctuación poblacional) posiblemente provocado por diferentes factores, climáticos, natalidad, mortalidad, migración, enemigos naturales, disponibilidad de alimento y manejo del cultivo (Romero, 2004). Durante el monitoreo pueden utilizarse diferentes métodos, los más utilizados en estudios de plagas, enfermedades y malezas son: muestreo aleatorio simple, cualitativo, aleatorio estratificado, cualitativo estratificado, sistemático, por conglomerados, secuencial, en dos etapas y para aceptación. En el cual, se utilizan diferentes procedimientos tales como, estimación visual, red entomológica, trampas pegajosas, trampas con semioquímicos, etc. (Castillo, 2005).

Las trampas con semioquímicos pueden ser utilizadas para el manejo de plagas a través de un trampeo masivo más atracción-aniquilación, que consiste en usar una gran cantidad de trampas por superficie y colocar un agente aniquilante (insecticida o agua jabonosa) con la finalidad de mantener a la población plaga

por debajo de los umbrales económicos (Norris et al. 2003; Rojas et al. 2008; Figueroa et al. 2017). Para lograr una eficiencia en esta táctica es necesario contemplar los siguientes factores: para el monitoreo, se necesita un sistema de trampeo específico (que no afecte especies no blanco), eficiente, económicamente factible, fácil de establecer en el campo, un mantenimiento práctico, y sobre todo que nos proporcione información confiable (Barrera et al., 2006). En el caso de un sistema de trampeo, Barrera y colaboradores (2006), mencionan que depende de varios factores entre ellos, factores asociados a la trampa (diseño, agente de retención, ubicación, densidad, y patrón de distribución), al atrayente (tipo de atrayente, tipo de formulación, tipos de dispensadores, cantidad de atrayente, tasa de liberación, radio de acción del atrayente, y duración de liberadores en campo), a la plaga (hábitos, densidad poblacional, y estado fisiológico del insecto), al cultivo (estado fenológico y manejo del cultivo), y a factores ambientales (temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, dirección y velocidad del viento).

Picudo pinto (*Peltophorus polymitus* Boheman)

Descripción taxonómica. El adulto es de color negro con escamas blancas en todo su cuerpo (6 a 10 mm), presenta un canal prosternal; mandíbula sin diente; ojos grandes y redondo; antena geniculada, con clava compacta, insertada en la base del rostrum, funículo de siete antenómeros; rostro levemente comprimido dorsoventralmente; coxas anteriores separadas por un canal prostenal; tarsómero 3 fuertemente bilobulado, los élitros están fuertemente esclerotizados, estriados y con pubescencia; pigidio expuesto (Figura 6) (Romo & Morrone 2012; González-Hernández et al., 2015).

Las larvas son apodas, de color blanco lechoso, su capa cefálica es de color café, cuerpo de textura suave y rugosa, cuando llega a su desarrollo mide aproximadamente de 8 a 11 mm de largo. Presentan pupas tipo exarata (7 a 12 mm), de color amarillo- café y presentan dos proyecciones carnosas en la parte final del abdomen (González-Hernández et al., 2015).



Figura 6. Adulto de *Peltophorus polymitus*. Foto por Jorge Valdez C. (2019).

Cerambícido (*Acanthoderes funeraria* Bates)

Descripción morfológica. El adulto tiene el cuerpo alargado y cilíndrico con antenas de longitud mayor a la mitad de su cuerpo, son de color negro con patrones de manchas blancas en toda el área dorsal. Los huevecillos son de color blanco cremoso (2 – 2.5 mm), las larvas son de color blanco cremoso con el segmento pronotal significativamente más amplio que el resto del segmento, hay larvas que pasan su estadio más rápido que otros (Borroret al., 1989; González et al., 2007b).

Biología. Son insectos de hábitos diurnos, las poblaciones altas se encuentran al inicio de las épocas de lluvias, pero se ha reportado insectos en zonas de trópico seco. Los huevos eclosionan cuando el área donde fueron depositados se necrosa, esto puede darse desde los 15 días posteriores a la ovipostura, pero se han reportado huevecillos viables después de seis meses de haber sido ovipositado (González et al. 2017b).

Gusano blanco del maguey (*Aegiale hesperiaris* Walker)

Descripción morfológica. Las hembras adultas presentan una envergadura alar de 8.0 cm y los machos de 7.0 a 7.5 cm. Sus alas anteriores hacia su base presentan una banda anaranjada y hacia la apical una banda blanca. En las alas posteriores hacia la base y parte media tiene una mancha anaranjada. La terminación de las antenas es en forma de una masa con puntas agudas. El macho es más pequeño que la hembra. Los huevos son de forma cónica (3 mm de diámetro y 2 mm de largo), al inicio de su desarrollo son de color blanco marfil. Las larvas presentan cuatro instares (Halffter, 1957).

Biología. La emergencia de los adultos se presenta en los meses de agosto a septiembre, y la ovoposición ocurre de octubre a noviembre, realizándose en el envés de las pencas, la mariposa coloca los huevos de forma aislada o en grupos de 3 a 6 huevos. Las larvas pupan en la base de las hojas, construyen un opérculo sedoso (ventana) por donde emerge el adulto. El primer estadio larval requiere de 12 días para completar su desarrollo, el segundo de 18 a 25 días, el tercero de 25 a 32 días y el cuarto alrededor de 40 días (Halffter, 1957, González et al. 2007b).

b) Insectos chupadores y del follaje

Chinche del agave (*Caulatops distant* Reuter)

Descripción morfológica. Adulto color amarillo pálido (4.1mm de longitud), con los hemiélitros de café claro, en el primer segmento antenal es pálido con ápice y fusión en el anillo sub-basal, en el área central del corion generalmente presenta una franja en forma de cuña amarilla o naranja (Figura 7) (Henry, 1985; Figueroa-Castro et al., 2019).

Hábitos. Las poblaciones de este insecto aumentan en los meses fríos. En el campo pueden encontrarse en el cogollo de la planta y en las partes basales de la penca, su alimentación ocurre generalmente en las tardes entre las 7:00 p.m. y 8:00 p.m. (Figueroa et al. 2019).



Figura 7. Adulto y ninfa de *Caulatops distanti* en el cultivo de agave. Fotos por Gloria Luna Alejandro.

Piojos harinosos (*Dysmicoccus* sp. y *Chorisococcus triunfoensis* Williams & Granara de Willink (Hmeiptera: Pseudococcidae))

Descripción morfológica. Las especies de *Dysmicoccus* sp., presentan cuerpos ovalados y son muy pequeños, poseen de 6 a 17 pares de cerario, cada cerario usualmente no con más de cinco a seis setas cónicas grandes y unas setas auxiliares, en el dorso poseen poros discoides de apariencia cribosa (con frecuencia en los segmentos abdominales posteriores) y poros discoides simples juntos a los ojos, presentan uñas sin denticúlos (Williams and Watson, 1998; Villegas-García et al. 2009).



Figura 8. Infestación de piojos harinosos en plantaciones de *A. angustifolia*. Foto por Gloria Luna Alejandro.

Biología. Se distribuyen en el campo de manera uniforme. Durante los meses de sequía (marzo-abril) se ha detectado en el mesontle (unión de la penca y la piña) (Figura 8). Su ciclo biológico es huevo, ninfa y adulto. Durante un recorrido en campo se debe examinar surcos completos elegidos al azar, revisando 200 plantas para determinar el porcentaje de plantas atacadas, en el caso de que la infestación sea mayor a 20 % se recomienda realizar una táctica de control (González-Hernández *et al.* 2007c; Von Ellenrieder & Watson, 2016).

Escamas armadas del agave (*Acutaspis agavis* Townsend & Cockerell)

Descripción morfológica. Las hembras son pequeñas con pigidio algo corto presenta cuatro pequeños grupos de poros perivulvares. Se ocultan bajo escamas que es formada por ceras secretadas por el insecto, junto con las mudas de los primeros instares, esta escama es algo convexa, circular, la exuvia es subcentral rodeada por una banda de cera café amarillenta (Ferris, 1958; Salas-Araiza, *et al.* 2004).

Daños. Afecta el vigor de la planta, debido a que cubre el área de las pencas (Figura 9), succionando la savia y sus secreciones dan lugar al desarrollo de la fumagina (reduce la capacidad fotosintética). En poblaciones alta llega a provocar secado de la planta (Arredondo y Espinosa, 2005).

Biología. Los huevos están protegidos por la escama del adulto madre hasta que eclosionan, en cuanto emergen las ninfas, se movilizan activamente por un tiempo corto hasta que encuentran en la planta un sitio favorable, después de un tiempo corto mudan y pierden sus patas y antenas., las hembras mudan dos veces durante su vida (siempre permanece bajo la escama) (Solís, *et al.* 1999). En climas muy cálidos y secos (Febrero- abril) llega ser un problema debido al incremento de la población e incrementan los daños (González *et al.* 2007c). Las ninfas del primer instar dentro de la escama y las ninfas caminadoras

incrementan su población en mayo (primera generación) y en septiembre (segunda generación) (Salas-Araiza et al., 2004).



Figura 9. Plantas de *A. tequilana* infestada por *A. agavis*. Foto por Gloria Luna Alejandro.

c) Plagas rizófagas

Escarabajo rinoceronte (*Strategus aloeus* L.)

Descripción morfológica. Tiene el ápice de las tibias anteriores con dientes o protuberancias anguladas, mandíbulas expuestas y tridentadas, pronotum usualmente angulado del borde anterior (Morón, 1998; Ratcliffe, 1976).

Daños. El daño es causado por el adulto al alimentarse de la parte inferior de la piña, de las raíces y tallo, provocando debilitamiento de la planta, las plantas cambian ligeramente su color de azul hacía rojizo a purpura, las hojas del cogollo no se desenvuelven (González, et al. 2007b)

Biología. Son de actividad nocturna, en una sola noche un solo individuo puede afectar dos o más plantas causando daños del 50 al 70 % (Pérez- Domínguez,

2006), las poblaciones del adulto se ven en el campo a partir del inicio de las lluvias (mayo- septiembre) y algunas veces se encuentran hasta el principio del año siguiente, sin embargo El período crítico durante el cual es necesaria la protección contra esta plaga es de principios de julio a principios de septiembre.

Insectos depredadores y parasitoides

Dentro de un control biológico, se encuentra los enemigos naturales que son de gran utilidad ya que permite establecer su potencial de uso como controladores biológicos. En un estudio realizado por Velázquez y colaboradores (2006), reportaron especies de insectos como controladores de las poblaciones del Picudo del agave, en ellos se encuentra *Hololepta quadridentata* (Coleóptera: Histeridae), como depredador de larvas de esta plaga insectil. También reportaron dos especies de hormigas *Ectatomma ruidum* y *Odontomachus bauri* que se encontraban atacando a las larvas del *S. acupunctatus*.

Salcedo- Delgado y colaboradores (2018), reportan tres especies de *Hololepta* (*Hololepta polita*, *H. vicina* y *H. yucateca*) como depredadores de larvas de *S. acupunctatus*.

Figueroa- Castro et al. (2017b), reportaron *Alienoclypeus insolitus* Shenefelt (Hymenoptera: Braconidae), como un parasitoide de larvas de *S. acupunctatus* en el *A. angustifolia* en el estado de Guerrero.

Dentro de la fauna benéfica se encuentran los coccinélidos depredadores (*Chilocorus cacti*) de *Acutaspis agavis*, los cuales pueden ser capaces de reducir las poblaciones a niveles que no causen daño de importancia económica, las actividades de estos enemigos naturales responden al incremento de la plaga (González et al., 2007c).

2.6. Diversidad biológica

Los estudios de diversidad biológica nos portan información útil para conocer las relaciones existentes que existen entre la abundancia y la riqueza de una comunidad.

Según Margulis y Sagan (2001), se han clasificado un poco menos de 2, 000, 000 de especies y otros organismos, aun así, existen pocos estudios que nos hablen sobre la diversidad de insectos asociados con el cultivo del agave. Con respecto a esto, la diversidad de especie puede ser evaluada en tres niveles.

- I. **Diversidad alfa.** Se refiere a la diversidad dentro de un área en particular, expresado como número de especies en un hábitat, sitio o ecosistema homogéneo (Whittaker, 1972). Para medir la diversidad alfa, en términos de riquezas de especies, puede utilizarse la estimación de, riqueza de especies (S), abundancia (N), abundancia relativa (%), índices de dominancia (Índice de Simpson), Índice de equidad (Índice de Shannon-wiener).

Riqueza específica. Se basa en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad) (Moreno, 2001).

Índice de dominancia. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Índice de Simpson. Muestra la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra o localidad sean de la misma especie. Esto es Influenciado por las especies más abundantes (Peet, 1974, Moreno, 2001).

Índice de Shannon-Wiener. Predice a que especie permanecerá un individuo tomado al azar de una muestra. Los individuos son seleccionados al azar y todas las especies están representadas en la muestra. Expresando la igualdad de los valores de importancia a través de todas las especies (Moreno, 2001).

- II. **Diversidad beta.** Es el grado de cambio o reemplazo entre dos ecosistemas, es decir, la diferencia o similitud entre dos hábitats (Magurran, 1988). Se determina en base a índices de similitud (Jaccard)

Similitud de Jaccard. Expresa el grado en que dos muestras (localidades) son similares por las muestras presentes (Magurran, 1988).

III. Diversidad gamma. Es la riqueza de especies de un conjunto de comunidades que integran un ecosistema, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

2.7. Diversidad de hormigas

Dentro de los estudios de diversidad, se sabe que en el mundo hay 16, 272 especies y sub especies de hormigas descritas, pertenecientes a 336 géneros incluidos en 21 subfamilias (Antweb, 2019), sin embargo, México representa el 8 % de la mimercofauna descrita mundialmente (Rio- Casanova, 2014). Existen pocos estudios acerca de estas, a pesar de su gran importancia en los ecosistemas. En esta investigación, se estudiaron las especies que se encontraron asociadas con el cultivo del agave.

Taxonomía. Las hormigas pertenecen al Orden Hymenóptera, uno de los órdenes de insectos considerados hiperdiversos, donde, se conocen cerca de 200, 000 especies. Estas pertenecen a la familia Formicidae del latín formica que quiere decir hormiga, a nivel mundial se reconocen 24 subfamilias (Wilson, 1971; Ward, 2007).

Características generales. Estos insectos se distinguen de otros himenópteros por la constricción o pedúnculo en forma de peciolo entre la parte media del cuerpo y el gáster, el peciolo puede estar formado de un solo segmento o dos, el segundo es llamado pospeciolo. La forma de la cabeza varía, las antenas están compuestas de cuatro a 13 segmentos y generalmente el macho tiene uno o más que la hembra o la obrera. Las hormigas hembras aladas y las obreras tienen antenas en forma de codo. Presentan ojos compuestos y tres ocelos están bien desarrollado en los machos (Collingwood et al. 2011).

Los órganos sensoriales, las alas y sus genitales están bien desarrollados. La reina se caracteriza por su gran tamaño y presenta órganos reproductores bien desarrollados, es más grande que el macho y el obrero de la misma especie. Las antenas y las patas son más cortas y robustas que en el macho, sus mandíbulas están bien desarrollado y tiene un gáster grande. Las obreras hembras se

caracterizan por ausencia de alas, el tórax reducido y el gáster pequeño. Sus ojos son pequeños y ocelos ausentes o diminutos. Los obreros suelen ser variable en su tamaño y en su color o estructura, cuando son dimórficos sin intermedio, el más grande con cabeza y mandíbula grande es dominado soldado (Imms, 1973). Las obreras de todas las especies son sin alas (aptas), las reinas de la mayoría de las especies tienen alas que se descartan después del apareamiento (Collingwood et al., 2011).

Ciclo de vida. El inicio de una colonia es el vuelo nupcial, casi siempre en épocas de lluvias, después de la eclosión de los reproductores (machos y reina), cuando la hembra es fecundada, se corta las alas y busca un lugar para construir su propia colonia. La primera generación de obreras son llamada generación enanas, estas se encargan de las tareas de la colonia (alimentar y asear a la reina, cuidar y alimentar las próximas obreras, buscar alimento, defender la colonia, construir más cámaras para el crecimiento de la colonia) (Longino y Hanson, 1995; Wilson, 1971).

REFERENCIAS CITADAS

- Álvarez, M.J.C. (2000). Patogenicidad comparada de los hongos *Verticillium* spp y *Beauveria* spp., en el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae). (Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.)
- AntWeb. (2019). Estadísticas actuales. In línea: <https://www.antweb.org/> consulta: (20/10/2019).
- Aquino, B. T., Iparraguirre M.C., & Ruiz V. J. (2007). *Scyphophorus acupunctatus* (=interstitialis) Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. Revista UDO Agrícola 7: 175-180.
- Aquino, B.T., Ruiz, V.J. & Iparraguirre, C.M. (2006). Control biológico del picudo negro (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) con nematodos y

entomopatógenos en Agave en Oaxaca, México. Revista UDO Agrícola. 6, 92-101.

- Aquino, B.T., Ruiz, V.J. & Martínez, S.D. (2010). Ecología y biología de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae), plaga del agave mezcalero en los valles centrales de Oaxaca. Naturaleza y desarrollo. 8(1):59-68.
- Aquino-Bolaños, T., Ruíz-Vega J., & Iparraguirre-Cruz M.A. (2009). Métodos de control de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* y de su portador *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, en agave mezcalero en Oaxaca, México. Centro Agrícola, 4, 33-36.
- Arredondo V., C. & Espinosa P.V. (2005). Manual del magueyero. Comisión de trabajo para el desarrollo responsable de la industria del maguey y del mezcal A.C. 142 pp.
- Ayala, E., Yáñez M. & Johannes B. (2005). *Cercospora agavicola* a new foliar pathogen of *Agave tequilana* var. azul from México. Mycotaxon, 1, 115-121.
- Barrera J. F., Montoya P. & Rojas, J. (2006). Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. pp: 1-16. En: Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. J. F. Barrera y P. Montoya (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Barrios A., Ariza F. J., Molina M.; Espinosa P. & Bravo M. E. (2006). Manejo de la fertilización en magueyes cultivados (*Agave* spp) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto técnico No.13. 44 pp.
- Bravo, M.E. (2003). Sugerencias para el manejo integrado del picudo del maguey mezcalero *Scyphophorus interstitialis* Gyllenhal. INIFAP. Folleto Técnico Número 4. Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca, México.

- Casanova, R. (2014). Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 392-398
- Castillo M. L. E. 2005. Elementos de Muestreo de Poblaciones. 2ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp: 1-5;158-159.
- Collingwood, C. A., Agosti, D., Sharaf, M., & Van Harten, A. (2011). Order Hymenoptera, family Formicidae. *Fauna de artrópodos de los EAU*, 4, 1-70.
- Colunga-García Marín P., Zizumbo-Villareal D. & Martínez T.J. (2007). Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural. En: Colunga-García Marín P, Larqué S.A., Eguiarte L.E. y Zizumbo-Villareal D. Eds. En lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y otros Agaves, pp. 229-248, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida.
- CONABIO. (2006). Mezcales y Biodiversidad. 2ª edición. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- CRM. Informe estadístico 2018. Consejo Regulador del Mezcal, A.C. México.
- CRT. (2017). Informe estadístico 2017. Consejo Regulador del Tequila, A. C. México.
- CRT. 2005. Plagas y Enfermedades del *Agave tequilana* Weber, var. azul. Consejo Regulador del Tequila, A. C. México.
- Diario Oficial de la Federación . (2017). *NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones*. México: Secretaría de Economía .
- Diario Oficial de la Federación. (2018). *RESOLUCIÓN por la que se modifica la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal, para incluir al municipio del Estado de Puebla que en la misma se indica*. México: Secretaría de gobernación.

- Espinosa P. H.; Bravo M.; López L.P. & Arredondo V.C. (2005). El Agave mezcalero de Oaxaca: Avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No.3. México.180 pp.
- Ferris, G.F. (1958). Atlas of the scale insects of north America. The Diaspididae (Parts I and II). Stanford University Press, Stanford California. USDA
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez V., Hernández-Ruiz A., Silva-García F. & Campos- Figueroa, M. (2016). Determining the best pheromone-baited traps for capturing *Scyphophorus acupunctatus* (Coleóptera: Dryophthoridae) in mezcal agave. *Florida Entomologist*, 99, 790-792.
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez V., Silva-García F., & González-Hernández H. (2017a). Food attractants to increase pheromone-baited trap performance for *Scyphophorus acupunctatus* (Coleóptera: Dryophthoridae) in mezcal maguey. *Florida Entomologist*, 100, 203-205.
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez, V., Henry, T., Brailovsky, H., & Hernández-Ruiz, A. (2019). First report of *Caulotops distanti* Reuter (Hemiptera: Miridae: Bryocorinae) feeding on two species of mezcal. *Florida Entomologist*, 102(3), 642-644.
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez, V., Sánchez-García, J., & Martínez-Martínez, L. (2017b). First record of *Alienoclypeus insolitus* Shenefelt, 1978 (Hymenoptera: Braconidae) from Guerrero and distributional data from Jalisco and Oaxaca, Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist*, 93(4), 234-238.
- Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar J. P., González-Hernández H., Rubio-Cortés R., Herrera-Navarro E. G., Castillo-Márquez L.E., & Rojas J.C. (2013). Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleóptera: Curculionidae) on blue agave. *Florida Entomologist*, 96, 1454–1462.
- González H. H. 2004. Principales plagas del agave. En: Avances de la Investigación en el Agave Tequilero. pp: 181-233. Editorial Ágata. Guadalajara, Jalisco, México.

- González, H., Solís A J. C., Pacheco S. J. C, Flores M. J. C., Rubio C.R., & Rojas J. C. (2007b). Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González, H., Solís A J. C., Pacheco S. J. C. & Flores M. J. C., (2007c). Insectos chupadores y del follaje del agave, pp. 68-78. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González-Hernández, del Real Laborde J. I., & Solís Aguilar J. F. (2007a) Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González-Hernández, H., Figueroa-Castro, P., Rubio-Cortés, R., Jones W. , R., & Valdés-Carrasco, J. (2015). Primer reporte de *Peltophorus polymitus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies de Agave (Asparagaceae) en México. *Acta zoológica mexicana* . 31(3).
- Halffter, G. (1957). Plagas que afectan a las distintas especies de Agave cultivadas en México. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México.
- Hauben, L., Van Gijsegem F., & Swings J. (2005). Genus XXIV. *Pectobacterium* Waldee 1945, 469AL emend. Hauben, Moore, Vauterin, Steenackers, Mergaert, Verdonck and Swings 1999a, 1pp. 721-730. *In*: Brenner DJ, Krieg NR, Staley JT (eds.). Bergey's manual of systematic bacteriology. Second edition. Volumen Two. The proteobacteria. Part B. The Gammaproteobacteria. Springer Michigan USA.
- Hernández García, E., Uvalle J. X. B., Vélez G., Rubio R. C., Salamanca C., & del Real L J. I. (2005). Plagas y enfermedades del *Agave tequilana* WeberVar. Azul. Consejo Regulador del Tequila, A. C. 111.

- Heuskin, S., Verheggen F. J., Haubruge E., Wathelet J. P., & Lognay G. (2011). The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15: 459-470.
- Hueso G. E. J., Fallad C., Rosales A.M., Molina O.J & López L.M. (2006). Evaluación de nematodos entomopatógenos para el control de larvas de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). pp: 464-468. En: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Control Biológico. Manzanillo, Colima.
- Lock, G., W. (1969). Sisal. Thirty year's sisal research in Tanzania. (2^{da}ed). Tanganyika Sisal Growers Association. Longmans, Green and Coltd. London, Great Britain. 365pp.
- Longino, J. T. y Hanson P. E. (1995). The ants (Formicidae). Pp. 589-620. En: Hanson, P. E. & I. D. Gauld (Eds.). *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press Inc., New York.
- Mackay, W. (1985). A comparison of the bioenergetics of three species of *Pogonomyrmex* harvester ants. *Oecologia*, 66: 484-494.
- Mackay, W. P. & Mackay E.E. 2003. Claves para géneros de hormigas de México y América Central. University of Texas at El Paso.
- Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. *Princeton University Press, New Jersey*, 179 pp.
- Margulis, Lynn & Sagan, Dorion. (2001). Microcosmos: cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos. *Tusquets Editores*. Barcelona España.
- Morón, M. A., de Loya, J. I., Ramírez C.A., & Hernández R.C. (1998). Fauna de coleóptera lamellicornia de la Región de Tepic, Nayarit, México. *Acta Zool. Mex.* 75, 73-116.
- Norris R. F., Caswell-Chen E. P., & Kogan M. (2003). Concepts in Integrated Pest Management. Ed. Prentice Hall. New Jersey. 586 p.
- Pacheco, S.C. (2002). Efectividad biológica de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sor., sobre el

- picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllen Atotonilco, Jalisco. (Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 pp.)
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 285-307.
- Pérez Domínguez, J. F. (2006). Importancia del escarabajo rinoceronte *Strategus aloeus* L. (Coleóptera: Scarabaeidae) como plaga del cultivo de agave pp.181-194. In Castro-Ramírez, A. E., M. A. Morón y A. Aragón (Eds). Diversidad, Importancia y Manejo de escarabajos edafícolas. Publicación especial del Colegio de la Frontera Sur A.C. Fundación produce Chiapas A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. A.C. México, D.F.
- Ramírez-Choza, J. L. (1993). Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. Bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos. Mérida, Yucatán, México.
- Ratcliffe, B. C & Moron, M. A. (1977). Dynastinae, cap. 2. P53-164. En M.A Morón r.c. Atlas de los escarabajos de México. Coleóptera: lamellicornia, vol. 1 familia melolontidae. M. comisión nacional para el y uso de la biodiversidad (CONABIO). Sociedad mexicana de entomología. a.c. requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
- Rebollar, H. R., C Rojas , J., González-Hernández , H., Ortega-Arenas , L. D., Equihua-Martínez , A., Del Real-Laborde , J. I., & López- Collado , J. (2012). Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera:Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*, 28 (1): 73-85.
- Rojas J.C., González H.H., Ruiz M., Rangel D.N.R., Ceja G., García C. & Del Real L. (2006). Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *scyphophorus acupunctatus* GYLH. Pp: 51:58. In: Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y

- control de plagas de importancia económica. J.F Barrera & P. Monoya (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Manzanillo, Colima, México, 2006, p. 51-58.
- Romero R. F. 2004. Manejo integrado de plagas, las bases, los conceptos y su mercantilización. Universidad Autónoma Chapingo. 104 pp.
- Romo, A. & Morrone, J. J. (2012). Especies mexicanas de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) asociadas con agaves (*Asparagaceae: Agaviodeae*). Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 1025-1035.
- Rubio C. R. y L. Cervantes D. 2006. Manejo de plagas y enfermedades del agave tequilero en Jalisco y Nayarit. pp: 116-162. En: Estado actual del manejo de plagas y enfermedades del agave tequilero: Memorias Simposio Prioridades Fitosanitarias de *Agave tequilana* Weber var. Azul. J. S. Bernal; A. Orozco H.; J. I. Del Real L. y H. González H. (eds.). Manzanillo, Colima, 9 de noviembre de 2006. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V.
- Rubio, C.R. (2007). Enfermedades del cultivo de agave. 171-195 pp. *In*: Rulfo VFO, *et al.* (ed.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
- Ruiz M., C. (2003). Comunicación química de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae). Tesis doctoral. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 72 pp.
- Ruiz-Corral J.A., Pimienta-Barrios E. & Zañudo-Hernández J. (2002). Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de *Agave tequilana* en el estado de Jalisco. Agrociencia, 36, 41-53.
- Salas-Araiza, M. D., Parra-Negrete L.A & Salazar-Solís E. (2004). Insectos asociados a agaves (agaveceae) en el Estado de Guanajuato. pp. 199-203. en A. Morales M., M. Ibarra M., A.P. Rivera, G., S. Stanford-Camargo (eds.). Entomología Mexicana vol 3. Publicación especial. Sociedad Mexicana de Entomología. Texcoco, Edo. de México.

- Salcedo-Delgado, M., Figueroa-Castro, P., Hernández-Ruíz, A., Degallier, N., & González-Hernández, H. (2018). Notas sobre tres especies de *Hololepta* (*Leionota*) Marseul, 1853 (Coleoptera: Histeridae), depredadores del agave gorgojo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en México. *The Pan-Pacific Entomologist*, 94(2), 56-99.
- Sánchez-Jiménez, E., Orbe-Díaz, D. I., Romero, & Toribio-Jiménez, J. (2019) Primer reporte del escarabajo *Acanthoderes funeraria* (Bates) (Coleóptera: Cerambycidae) en el agave silvestre *Agave cupreata* (Trel. & Berger) en Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana*, (35), 1–4. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502072>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do Consultado 20/11/2019
- SIAMI. (2017). Estadísticas anuales 2017. Sistema de Información Aranceria Vía Internet.
- Siller-Jasso, M.G. (1985). Ciclo biológico en el laboratorio del Picudo del Maguey *Scyphophorus acupunctatus* Gyll (Coleóptera: Curculionidae) y algunas consideraciones sobre su impacto económico. (Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 91 p.)
- Solís Aguilar, J.F., González Hernández, H., Flores Mendoza, F.J., Santos Cabrera, M., Hernández Calderón, E., Valle de la Paz, A.R., Equihua Martínez, A., Leyva Vázquez, J.L. & Martínez Garza, A. (1999) Insectos Asociados con *Agave tequilana* Weber, var. Azul, en cinco localidades de Jalisco, México. In: Bautista-Martínez, N., Morales-Galván, O., Ruíz-Montiel, C. (Eds.), *Memorias del XXXIV Congreso Nacional de Entomología*, Soc. Mex. de Entomología. Acapulco, Guerrero, México, 23–26 May, 1999, pp. 455–457.
- Solís-Aguilar, J. F., González-Hernández H., Leyva-Vázquez J. R., Equihua-Martínez, J.A., Flores-Mendoza, & Martínez-Garza A. (2001) a.

- Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, Plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*, 35, 663-670.
- Susano-Garcia , J., Palmero-Gómez, N., & Cabrera Ríos, S. (2014). El mezcal guerrerense, su situación productiva y comercial. *El mezcal guerrerense, su situación productiva y comercial*, 1(1), 66-71.
- Valenzuela Z., A. C. (2003). El agave tequilero cultivo e industria de México. (3ª ed). Editorial Mundi Prensa. México. 215 pp.
- Vega-Ramos, K.L, Uvalle-Bueno J.X, & Gómez- Leyva J.F. (2013). Molecular variability among isolates of *Fusarium oxysporum* associated with root rot disease of *Agave tequilana*. *Biochemical Genetics*, 51, 243-255.
- Velázquez, J., Joly, L. J., García, J. L., Romero, Y., González, M., & Medina, M. (2006). Enemigos naturales del “Picudo del Agave” *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en el Estado Falcón, Venezuela. *Entomotropica*, 21(3), 185-193.
- Villalvazo, R. A. S. (1986). Problemas y aspectos agropecuarios en México. El cultivo del Mezcal (*Agave tequilana* Weber) En la región de Tequila, Jalisco. Tesis de licenciatura. UACH. México. 78 p.
- Villegas-García, C., Zabala-Echavarría G. A., Ramos-Portilla A. & Benavides-Machado P. (2009). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces de café en Quindío. *Cenicafé*. 60 (4): 354-365.
- Virgen-Calleros, G., Méndez-Moran L., & Espitia- Carlos C. (2011). Evolución histórica y situación actual de la marchitez y pudrición seca del cogollo en el cultivo del agave azul tequilero. Pp: 28-34. *In*: Briceño-Félix GA, Hurtado-de la Peña S, Díaz-Mederos P, Pérez-Mejía FA. (eds). Primer foro de discusión fitosanitaria en el cultivo del agave azul tequilero. Editorial Digital Consejo Regulador del Tequila A. C. Guadalajara, Jalisco, México. 140 p.
- Von Ellenrieder, N., & Watson , G. (2016). A new mealybug in the genus *Pseudococcus* Westwood (Hemiptera: Coccothraupidae: Pseudococcidae) from North America, with a key to species of *Pseudococcus* from the New World. *ZOOTAXA*, 4105(1), 065-087.

- Ward, P. S. (2007). Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 1668, 549-563.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3), 213-251.
- Wilson, E. O. (1971). The insect societies. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Williams, D.J. & Watson G.W. 1998. The Scale Insects of the Tropical South Pacific Region: The Mealybugs (Pseudococcidae). CAB International institute of entomology. 15 p.

CAPITULO III. INSECTOS ASOCIADOS CON EL CULTIVO DE MAGUEY MEZCALERO EN EL ESTADO DE GUERRERO

RESUMEN

En el estado de Guerrero, el cultivo de agave es una actividad económica esencial para la producción de mezcal. Sin embargo, Guerrero dispone de poca información sobre un buen manejo de técnicas que permitan obtener una producción de alto rendimiento. Debido a que, existe poca información sobre estudios de diversidad biológica, así como de la fitosanidad de estos cultivos. Por lo que, los objetivos de esta investigación fueron: conocer la diversidad de insectos asociados con el cultivo del agave, conocer la fauna benéfica, lo que nos permitirá comprender las relaciones que se establecen con otras especies. Para esto se realizaron monitoreos mensuales en plantaciones de agave mezcalero (La Minilla, El Amatito, El Rancho frio, El Horno, El Tlazahuate y El Llano). En cada sitio se revisaron al azar 100 plantas, registrando presencia y daños de insectos, al mismo tiempo se recolectaron insectos de cada planta para su determinación taxonómica. Como resultados se encontró mayor abundancia de especies en el Predio La Minilla (36.12 %), seguido de El Rancho frio (16.72%) y El Llano (15.12 %). Las especies de insectos más abundantes fueron *Scyphophorus acupunctatus*, *Caulotops distant*, *Graphocephala rufimargo* y los piojos harinosos *Dysmicoccus brevipes* y *Chorisococcus triunfoensis*, especies consideradas como insectos plagas. Dentro del grupo de enemigos naturales se encontró con mayor abundancia a los depredadores *Hololepta* sp., seguido de *Omalodes* sp., y *Chilocorus cacti*, de los parasitoides sólo se encontró a *Alienoclypeus insolitus*. Las mayores densidades poblacionales de los insectos barrenadores se presentaron en verano y otoño, mientras que, los insectos chupadores y masticadores del follaje tuvieron picos máximos en diferentes épocas del año; en Invierno se presentaron *Caulotops distant* y piojos harinosos; *Graphocephala rufimargo*, se presentó a finales de primavera y a mediados de verano. La mayor diversidad de especies de insectos asociados con el maguey mezcalero se encontró en La Minilla ($2.1 H'$, $0.83 \lambda-1$).

Palabras claves. Dinámica poblacional diversidad de especies, hormigas, maguey mezcalero.

Tesis de Maestría en ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gloria Luna Alejandro

Director de Tesis: Dr. Samuel Ramírez Alarcón

INSECTS ASSOCIATED WITH THE CULTIVATION OF MAGUEY MEZCALERO IN THE STATE OF GUERRERO

ABSTRACT

In the state of Guerrero, the cultivation of agave is an essential economic activity for the production of mezcal. However, Guerrero has little information about good management of techniques that allow to obtain a high yield production. Because, there is little information on studies of biological diversity, as well as the phytosanity of these crops. Therefore, the objectives of this research were: to know the diversity of insects associated with the cultivation of agave, to know the beneficial fauna, which will allow us to understand the relationships established with other species. For this, monthly monitoring was carried out in agave mezcalero plantations (La Minilla, El Amatito, El Rancho Frio, El Horno, El Tlazahuate and El Llano). At each site, 100 plants were randomly checked, registering presence and damage of insects, at the same time insects were collected from each plant for taxonomic determination. As a result, a greater abundance of species was found in the La Minilla (36.12%), followed by El Rancho Frio (16.72%) and El Llano (15.12%). The most abundant insect species were *Scyphophorus acupunctatus*, *Caulotops distanti*, *Graphocephala rufimargo*. and the floury lice *Dysmicoccus* sp. and *Chorisococcus triunfoensis*, species considered as pest insects. Within the group of natural enemies, the predators *Hololepta* sp., Followed by *Omalodes* sp., and *Chilocorus cacti* were found with greater abundance; only *Alienoclypeus insolitus* was found of the parasitoids. The highest population densities of the borer insects occurred in summer and autumn, while the sucking and chewing insects of the foliage had maximum peaks at different times of the year; In Winter *Caulotops distanti* and mealybugs appeared; *Graphocephala rufimargo*, was presented in late spring and mid summer. The greatest diversity of insect species associated with the maguey mezcalero was found in La Minilla ($2.1 H'$, $0.83 \lambda - 1$).

Key words. Ants, species diversity, population dynamics, maguey mezcalero.

Master's thesis in science, Chapingo Autonomous University.

Author: Gloria Luna Alejandro

Thesis Director: Dr. Samuel Ramírez Alarcón

3.1. INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es uno de los grupos de plantas más importante para México y unos de los cultivos que más identifican a México en todo el mundo. Cuyo recurso natural presenta gran importancia desde el punto de vista económico, social y agroecológico (Barrios et al., 2006). En Guerrero el cultivo de agaves mezcaleros (*Agave angustifolia* Haw tipo oaxaqueño y guerrerense; *A. cupreata*), es una actividad económica esencial para la producción de mezcal, siendo fuente de empleo tanto para hombres y mujeres, esto ha ido creando un desarrollo en segmentos sociales vulnerable (CRM, 2018). En los últimos años el consumo de este destilado de agave va en aumento, por lo que existe una creciente demanda de la materia prima.

Sin embargo, el cultivo de agave se ve afectado por diferentes problemas ambientales y biológicos, entre estos se encuentran plagas insectiles, enfermedades (bióticas y abióticas), provocando pérdidas económicas, e incrementando los costos de producción (CRT 2005; González et al., 2007a). Ante a esto, es importante tomar en cuenta la diversidad biológica que existe en el cultivo, lo cual, nos permite conocer la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (Convenio de Diversidad Biológica de 1992).

Por otro lado, en Guerrero se dispone de poca información sobre un buen manejo de técnicas que nos permitan obtener una producción de alto rendimiento. Debido a que, existe poca información sobre estudios de diversidad biológica, así como de la fitosanidad de estos cultivos. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue conocer la diversidad de insectos asociados con el cultivo del agave, su fauna benéfica, lo que nos permitirá comprender las relaciones que se establecen con otras especies, para así, proponer mejores esquemas de manejo integral para las plagas insectiles y más que nada, comprender la dinámica poblacional de los principales insectos asociados a este cultivo.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Sitios de estudios. La presente investigación se realizó en seis plantaciones de agave mezcalero (*Agave angustifolia*, *A. cupreata*), de dos a cuatro años de edad, ubicados en la comunidad de Quetzalapa municipio de Huitzuc de los Figueroa, situado en la zona norte de Guerrero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los predios de estudios sobre diversidad de especies de insectos asociados con el cultivo de agave.

Predio	Coordenadas geográficas		Altitud (msn m)	Especie de Agave		Superficie sembrada	Edad de la planta
				Común	Científico		
El Amatito	N 18°34'26.69"	W 099°18'20.24"	914	Oaxaqueño	<i>A. angustifolia</i>	0.25	2
La Minilla	N 18°35'59"	W 099°18'14"	962	Mixto	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. cupreata</i> , <i>A. tequilana</i>	2.0	1-6
El Llano	N 18°37'99"	W 099°15'46"	1,155	Mixto	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. tequilana</i>	3.0	1-4
El Horno	N 18°39'01"	W 099°16'04"	1,140	Mixto	<i>A. angustifolia</i> , <i>A. tequilana</i>	4.0	1-4
El Tlalzahuate	N 18°39'12.75"	W 099°16'17.37"	1,160	Oaxaqueño	<i>A. angustifolia</i>	1.0	2
El Rancho Frio	N 18°23'12.4"	W 099°09'58"	1,120	Espadín Criollo	<i>A. angustifolia</i>	0.5	2

3.2.3. Descripción del monitoreo de plantas de agave

Para determinar la asociación de los insectos con las plantas de agave se utilizaron los muestreos siguientes:

Muestreos observacionales. En las seis plantaciones de agaves de diferentes edades y especies, se hicieron recorridos mensuales durante un año (marzo 2018 a Marzo 2019). En cada predio, se eligieron 100 plantas en tres puntos equidistantes los dos primeros contaron con 33 plantas y el ultimo 34 distribuidos en la parte baja, media y alta del predio para lograr tener resultados confiables, dentro de cada punto se observó la planta completa para registrar datos de

número de insectos o daños ocasionados por algún insecto en las partes de la planta. En cada predio en estudio se observaron un total de 100 plantas.

Durante el muestreo se recolectaron especímenes (adultos) asociados con los daños en las plantas, para su posterior determinación específica en laboratorio.

Muestreos destructivos. Durante los recorridos en campo en plantas muy dañadas o enfermas (sin valor comercial), se realizaba la jima de estas, para poder recolectar los insectos presentes en el interior de la planta.

Los insectos recolectados se preservaron en alcohol al 70 %. En el caso de las larvas se mantuvieron en recipientes de plásticos ventilados, sobre hojas de agave para que logaran completar su ciclo y obtener al adulto. Posterior a esto, los insectos recolectados fueron llevados al Laboratorio de Taxonomía de insectos del Colegio de Potsgruados del Campus Montecillo, México, para su determinación específica. Los insectos fueron clasificados de acuerdo a sus hábitos en las siguientes categorías: fitófagos, parasitoides y depredadores.

Análisis de los datos. Se realizó la descripción cualitativa con la ayuda de claves taxonómicas para determinar la especie de los individuos recolectados. De igual manera, se contó con la ayuda de especialistas por parte de Agriminilla S. A. S. y Laboratorio de Taxonomía de Insectos del Colegio de Potsgruados del Campus Montecillo para la determinación taxonómica de los insectos.

La descripción cuantitativa se realizó con los métodos de diversidad alfa y beta. Diversidad alfa. Se calculó índices directos, riqueza de especies (S), abundancia absoluta (N) y abundancia relativa (%). Dentro de los índices de uniformidad. Se tomaron en cuenta el índice de Shannon's (H) y el índice de Simpson ($\lambda-1$). Diversidad beta. Nos indica las similitudes de dos comunidades o muestras. En donde se realizó la similitud de Jaccard. Los índices se obtuvieron utilizando el programa informático de Past (Hammer et al., 2001), de igual manera se realizaron de forma manual utilizando las fórmulas descritas para cada índice, para su una mayor confiabilidad de los resultados.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.3.1. Diversidad de especies asociados con el cultivo de agave

Descripción cuantitativa general

En el presente estudio se registró un total de 2,428 insectos presentes en el cultivo del agave (Cuadro 1), representando 4 taxones, 12 familias, y 17 especies. De acuerdo a los sitios de estudio, el predio de mayor abundancia relativa fue La Minilla (36.12 %), seguido de El Rancho Frio (16.72%) y El Llano (15.12 %), los sitios con menor abundancia relativa son El horno (12.23 %), El Amatito (11.74 %) y El Tlazahuate (8.07 %).

Cuadro 2. Abundancia de insectos en predios de agave mezcalero, comunidad de Quetzalapa, municipio de Huitzuc de los Figueroa, Guerrero.

Especie	Predios					
	El Amatito	La Minilla	El Llano	El Horno	El Tlazahuate	Rancho Frio
<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	27	247	153	135	55	90
<i>Caulotops distant</i>	104	134	21	24	3	104
<i>Peltophorus polymitus</i>	3	31	17	30	14	36
<i>Acutaspis agavis</i>	0	9	20	5	2	2
Piojos harinosos	68	78	98	17	67	87
Chicharritas	7	182	5	4	2	7
<i>Acanthoderes funeraria</i>	0	9	13	26	12	4
<i>Strategus aloeus</i>	8	2	0	4	2	20
<i>Hololepta</i> sp.*	0	20	1	0	0	1
<i>Omalodes</i> sp.*	0	7	1	0	0	0
<i>Chilocorus cacti</i> *	0	3	2	2	0	0
<i>Alienoclypeus insolitus</i> *	0	2	1	0	0	0
<i>Synpalamides escalantei</i>	0	1	2	0	0	0
<i>Solenopsis geminata</i>	9	23	2	10	5	14
<i>Paratrechina longinornis</i>	45	71	22	26	22	31
<i>Pseudomyrmex major</i>	4	35	3	9	7	5
<i>Camponotus rectangularis</i>	10	23	6	5	5	5
Abundancia (N)	285	877	367	297	196	406

*Enemigos naturales

Descripción cuantitativa por predio

El predio La Minilla presentó la mayor riqueza de especies (Cuadro 2), donde la especie más abundante es el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, con un 28.16 %; este insecto se registró en los seis predios de estudio representando el mayor porcentaje de abundancia, seguido de las chicharritas, con un 20.75 %; la chinche de agave *Caulotops distanti* Reuter presentó una abundancia relativa de 15.28 % (Figura 10). En este predio se observó la mayor riqueza de especies, ya que en este predio se encuentran diversos cultivos de agave, también pudo influir que este cuenta con una destiladora de mezcal donde entra cantidades de piñas maduras para su destilación provenientes de todas las plantaciones de Agriminilla S.A.S y de otros mezcaleros que rentan las instalaciones para procesar sus piñas, es decir muchos insectos pueden estar llegando de diversos predios atraídos por las piñas o bolas que se acarrean para ser procesadas.

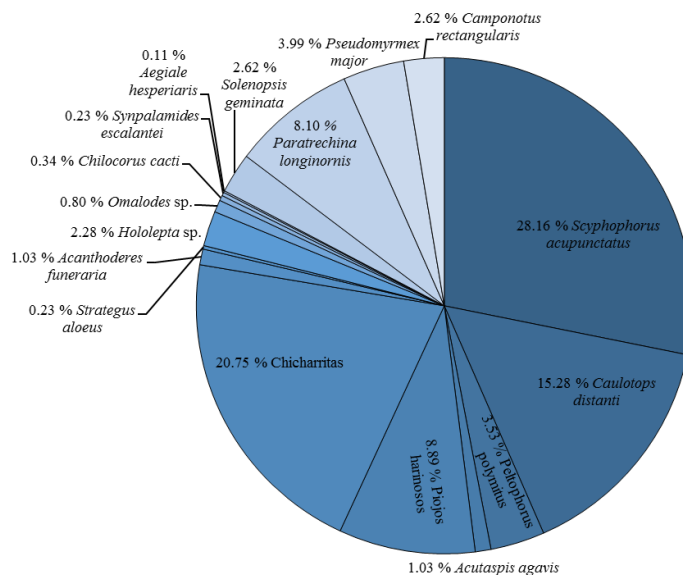


Figura 10. Abundancia relativa de las principales especies de insectos asociados con el Maguey mezcalero en el predio La Minilla en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.

El Rancho el Frio, fue el segundo predio de mayor abundancia (367), donde las especies con mayor abundancia relativa fueron: la chinche del agave (25.62%), seguido del picudo del agave (22.17%), éste fue de los predio donde el picudo del agave no fue la especie con mayor abundancia. También los piojos harinosos *Dysmicoccus brevipes* Cockerell y *Chorisococcus triunfoensis* William & Granara de Willink (21.43%) que se encuentra dentro de las tres principales especies más abundantes (Figura 11).

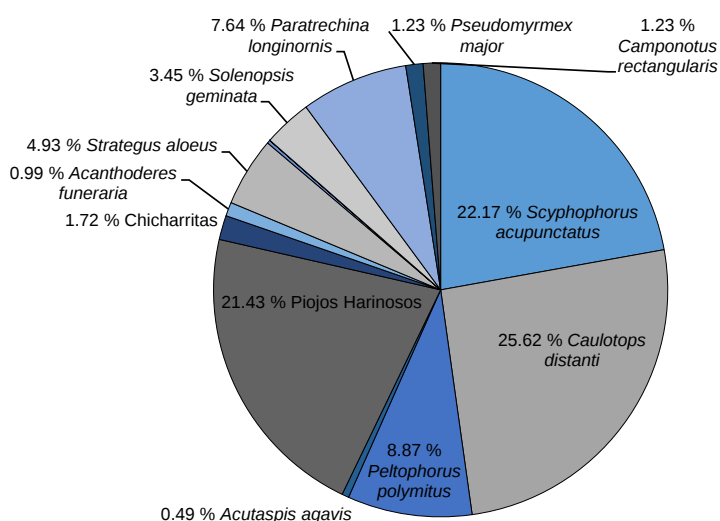


Figura 11. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio Rancho el Frio en la localidad de Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.

En el predio El Llano, la especie con mayor abundancia relativa fue el picudo del agave (41.69%), seguido del piojo harinoso (27.70%) y la chinche del agave (5.72%) (Figura 12). Con respecto al predio El Horno, el picudo del agave represento el 45.45% de abundancia relativa, seguido del picudo pinto (10.10%), donde los coleópteros representaron el mayor porcentaje de insectos plagas presentes en el cultivo de agave (Figura 13). Los predios El Amatito y El Tlalzahuatle fueron los que obtuvieron la menor abundancia de especies (Cuadro 2), sin embargo, en El Amatito, las especies de mayor presencia fueron las que

afectan al follaje del cultivo (chinche del agave y piojo harinoso) (Figura 14) y en el predio El Tlalzahuate, los insectos más abundantes fueron el piojo harinoso (34.15%) y el picudo del agave (28.06 %) (Figura 15).

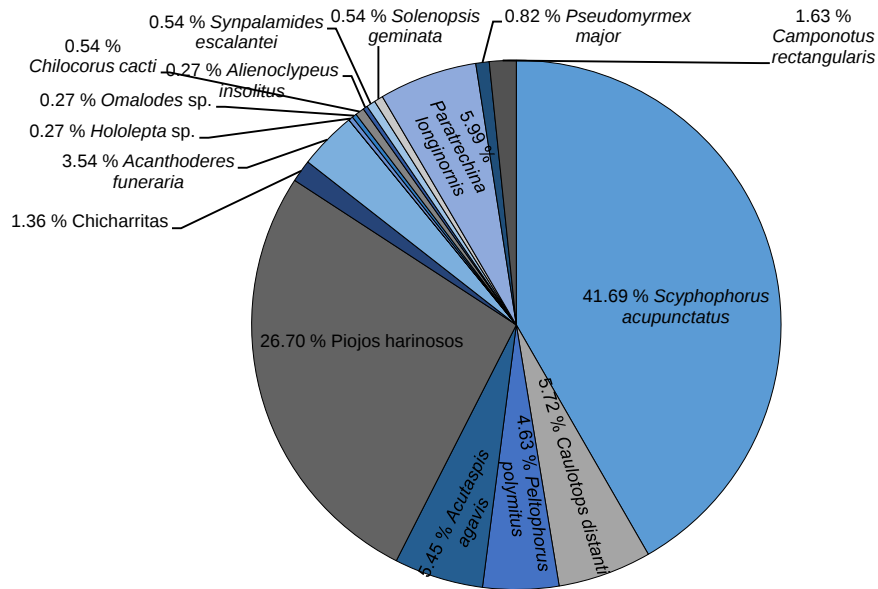


Figura 12. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio El Llano en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero 2018-2019.

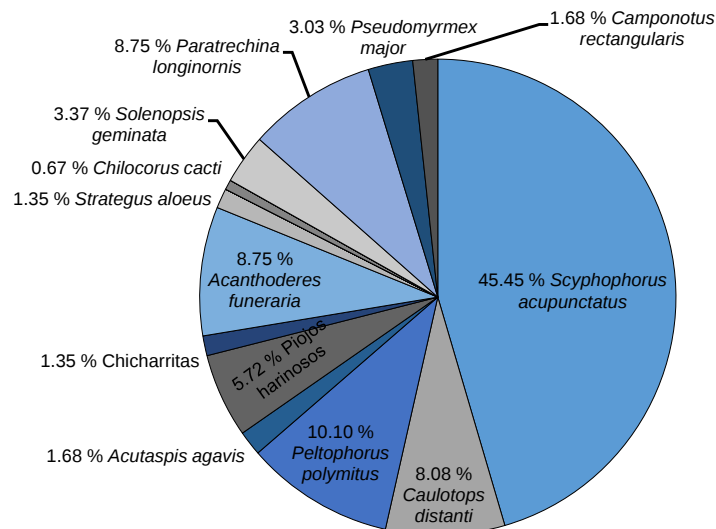


Figura 13. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el agave mezcalero en el predio El Horno en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.

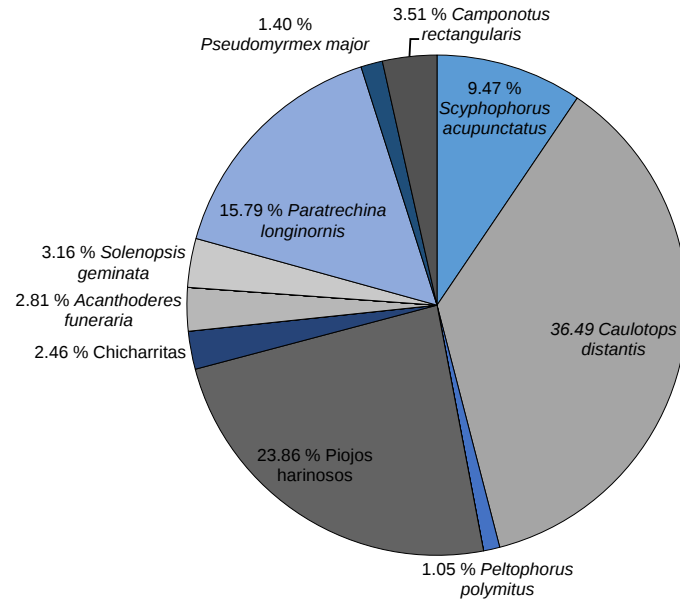


Figura 14. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el Agave mezcalero en el predio El Amatito en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.

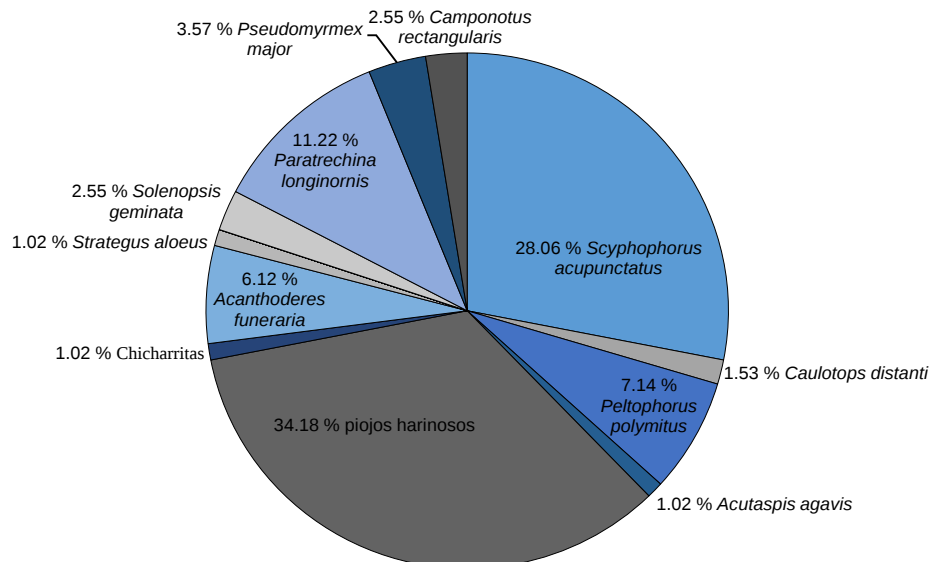


Figura 15. Abundancia relativa de las principales especies asociadas con el Agave mezcalero en el predio Tlalzahuatle en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2018-2019.

Los resultados antes mencionados afirman lo mencionado por Waring y Smith (1986), quienes consideran a *S. acupunctatus* como la plaga más importante en los cultivos de agave en todo el mundo, siendo este insecto causante de pérdidas en los agaves cultivados y silvestre (Aquino et al. 2007). También se reporta una mayor presencia de la chinche del agave *C. distanti* en todas las plantaciones monitoreadas, la cual causa daños en el follaje dejando pequeñas áreas con un halo amarillento que son más visibles si se ponen las hojas contra la luz, posterior a esto las plantas tornan un amarillamiento general en las pencas (Figura 16), durante los monitoreos se reportan presencia de daños, ninfas y adultos en las plantaciones estudiadas.

Asimismo, González-Castillo et al. (2011), en su estudio de artrópodos en comunidades naturales en *Agave duranguensis*, reportan a *Caulotops* sp., como la especie más abundante. De igual manera, González- Hernández et al (2007c) y Pérez-Domínguez y Rubio-Cortés (2007), menciona que la chinche del agave llega a causa daños en plantaciones de agave tequilero. Figueroa-Castro et al. (2019) dan a conocer el primer reporte de *Caulotops distanti* en plantaciones de agave mezcalero en el estado de Guerrero, como causante de daños similares a los antes mencionados (Figura 16).



Figura 16. Daños ocasionados por la chinche del agave en plantas de *A. angustifolia*. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Fotos por Gloria Luna Alejandro.

Por otro lado, en los predios estudiados, hubo diferencia en la riqueza de especies, el predio La Minilla fue la más diversa en especies de insectos asociados con los cultivos. González-Castillo et al. (2011) argumentan que las condiciones ambientales y las actividades humanas infieren negativamente en la preferencia de hábitat de los insectos entre las comunidades, además de los factores abióticos como temperatura y humedad relativa.

Las especies asociadas con el cultivo en estudio y que estuvieron presentes durante los monitoreos mensuales, se presentan en un listado en el Cuadro 3, de mayor a menor abundancia y así mismo la clasificación de insectos de acuerdo a su hábito alimenticio, donde son clasificados como: insectos barrenadores del agave mezcalero, insectos chupadores y masticadores del follaje, plagas rizófagas, insectos depredadores de insectos fitófagos, insectos parasitoides de plagas, y hormigas. Siguiendo como referencia a lo reporto en plantaciones de agave tequilero por González-Hernández et al. (2007).

3.3.2. Dinámica poblacional

Insectos barrenadores del maguey Mezcalero

Los picos poblacionales de los insectos barrenadores del agave se presentaron de julio a diciembre del 2018. Con respecto al picudo del agave su fluctuación poblacional fue constante durante todos los meses del año, sin embargo, en las épocas de lluvias de julio-septiembre, fue cuando aumento su densidad, con otros picos en diciembre y marzo del 2019 (Figura 17).

En cambio, el picudo pinto *Peltophorus polymitus* Boheman, sus poblaciones tuvieron un pico poblacional en octubre 2018 (21 plantas infestadas) y a partir de diciembre 2018, su población fue disminuyendo (Figura 18), en las plantas se encontraron pequeños orificios en el haz y envés de las hojas de forma circular de color gris, los cuales son causado por el adulto (Figura 18).

Cuadro 3. Especies asociadas con el cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero.

Insectos barrenadores del agave mezcalero	Insectos chupadores y del follaje	Plagas rizófagas	Insectos depredadores de insectos fitófagos	Insectos parasitoides de plagas	Hormigas
<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	<i>Caulotops distanti</i>	<i>Strategus aloeus</i>	<i>Hololepta</i> sp.	<i>Alienoclypeus insolitus</i>	<i>Solenopsis geminata</i>
<i>Peltophorus polymitus</i>	<i>Dysmicoccus brevipes</i>		<i>Omalodes</i> sp.		<i>Paratrechina longinornis</i>
<i>Acanthoderes funeraria</i>	<i>Chorisococcus triunfoensis</i>		<i>Chilocorus cacti</i>		<i>Pseudomyrmex major</i>
	<i>Graphocephala rufimargo</i>				
	<i>Homalodisca ichthycephala</i>				
	<i>Sibovia compta</i>				
<i>Synpalamides escalantei</i>	<i>Acutaspis agavis</i>				<i>Camponotus rectangularis</i>

Por otro lado, para el Cerambícido *Acanthoderes funeraria* Bates, sus picos máximos poblaciones fueron de principios de mayo a octubre, durante gran parte de la época de lluvias. En septiembre se presentó el pico más alto (20 plantas con presencia de este insectos) y en la época fría del año sus poblaciones comenzaron a disminuir (Figura 18). Los adultos se encontraron provocando daños en plantas de *A. angustifolia* y *A. cupreata* al raspar las hojas causando lesiones en el haz, dejando una señal característica, que es perpendicular al eje de la penca y cambian de color verde a café (Figura 19). Por último, el gusano del maguey *Synpalamides (=Castina) escalantei* Hopffer (Lepidóptera: Castniidae) su presencia fue baja, sólo se encontró en el mes de julio y octubre, cuando se hallaron larvas haciendo galerías del tercio superior de la penca para salir al exterior (Figura 20). De estos insectos barrenadores, el picudo del agave fue la especie que se presentó durante todos los meses del año (Figura 17).

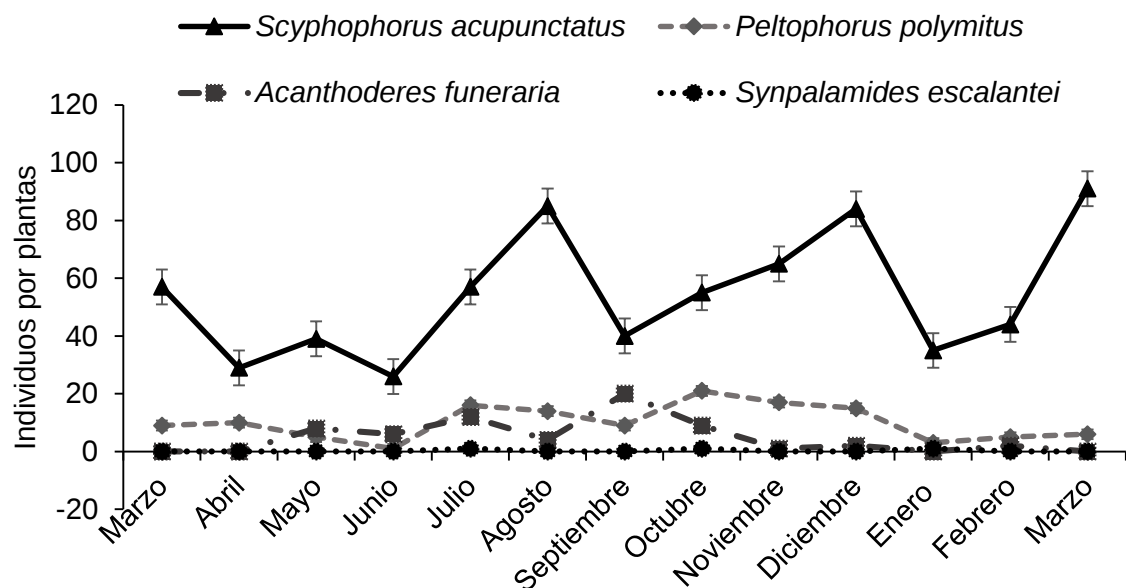


Figura 17. Fluctuación poblacional de insectos barrenadores asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.



Figura 18. Daños ocasionados por el adulto del picudo pinto. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Foto por Gloria Luna Alejandro.



Figura 17. Daños y presencia del Cerambícido en plantas de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. Foto por Gloria Luna Alejandro.



Figura 18. Daños ocasionados por el gusano blanco en planta de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. Foto por Gloria Luna Alejandro.

Estos muestreos permitieron conocer las épocas de mayor y menor abundancia de estos insectos barrenadores en la zona norte de Guerrero. Se encontró al picudo del agave en todos los meses del año, al igual que Solís et al. (2001) señalan que los adultos están activos gran parte del año, de acuerdo a su longevidad y la duración de su ciclo biológico, que varían según la especie de agave con la que este asociado.

Con respecto a *P. polymitus* Boheman González-Hernández et al., (2015), encontraron daños y presencia de este insecto en plantaciones de *A. tequilana* y *A. cupreata* en Jalisco y Guerrero, donde corroboraron que las larvas barrenan el interior del escapo floral o quiste y los adultos se alimentan de las hojas de planta de agave. También mencionan que este insecto debe ser considerado de gran importancia económica, ya que la gran mayoría de estos insectos fueron encontrados en *A. cupreata*, una especie de agave que sólo es posible reproducirse por semilla y de acuerdo al tipo de alimentación de las larvas de esa

especie, puede causar daños irreversibles en agaves mezcalero cultivados y silvestres en el estado de Guerrero.

La presencia *A. funeraria* está asociada con la épocas de lluvias, lo cual es similar con lo reportado por Olivares-Orozco et al. (2017), donde observaron que la presencia de adultos en cultivos de *A. salmiana*, correspondió con el inicio del periodo de lluvias, al igual que González-Hernández et al. (2007b) y Pérez-Domínguez y Rubio-Cortés (2007). Sánchez et al. (2019), reportan a *A. funeraria* en plantaciones de *A. cupreata* causando daños similares a lo antes mencionado, también infieren a esta especie como causante de daños importantes en la piña del agave, causando la muerte de la planta donde llaman a las plantaciones de *A. cupreata* en Petaquillas Chilpancingo Gro., como “el cementerio de *A. cupreata*”.

Synpalamides (= *Castnia*) *escalantei* Hopffer (Lepidóptera: Castniidae), el gusano blanco del agave, ha sido detectado como *S. chelone* Hopffer asociado al *Agave tequilana* Weber. var. Azul, en Tequila, Jalisco, cuya larva produce un daño diferente al ocasionado por *A. hesperiaris* la cual solo barrena la penca (Héctor González Hernández y Ramón Rubio Cortés, comunicación personal), en cambio la larva de *S. escalantei* barrena hacia la periferia de la bola o cabeza de la planta. Sin embargo, aún falta realizar más estudios para determinar la especie de lepidóptero que está asociada a *A. tequilana* (Jaimes Rodríguez, 2019).

Insectos chupadores y masticadores del follaje

Respecto a los insectos chupadores y masticadores del follaje del maguey mezcalero, los picos máximos de las poblaciones fueron en meses diferentes y estaciones del año diferentes, para la chinche del agave *C. distantii*, sus picos máximos poblacionales se presentaron de septiembre del 2018 a febrero del 2019 en enero y febrero fueron los meses más abundantes (69 y 70 plantas infestadas) en la épocas de otoño e invierno, es decir, invierno fue la época del año con más presencia de chiche del agave en el cultivo (Figura 21). Similar a

los piojos harinosos *Dysmicoccus brevipes* y *C. triunfoensis*, estuvieron presentes todos los meses del año, pero sus picos poblacionales incrementaron a partir de noviembre del 2018 a marzo del 2019, siendo marzo, el mes con mayor abundancia de estos piojos (151 plantas infestadas), después las poblaciones comenzaron a disminuir en la época de lluvias (Figura 21).

En cambio las chicharritas *Graphocephala rufimargo* Walker, *Homalodisca ichthycephala* Signoret y *Sibovia compta* Flower sus picos poblacionales fueron de junio a agosto del 2018, junio y julio fueron los meses más abundantes (66 y 64 plantas infestadas), correspondiente a finales de primavera y en verano con mayor presencia de este insecto chupador. Dentro de este grupo de insectos, la escama de agave *A. agavis* no obtuvo picos poblacionales altos, su presencia fue mínima con respecto a los otros insectos, su presencia fue observada primavera (Figura 21).

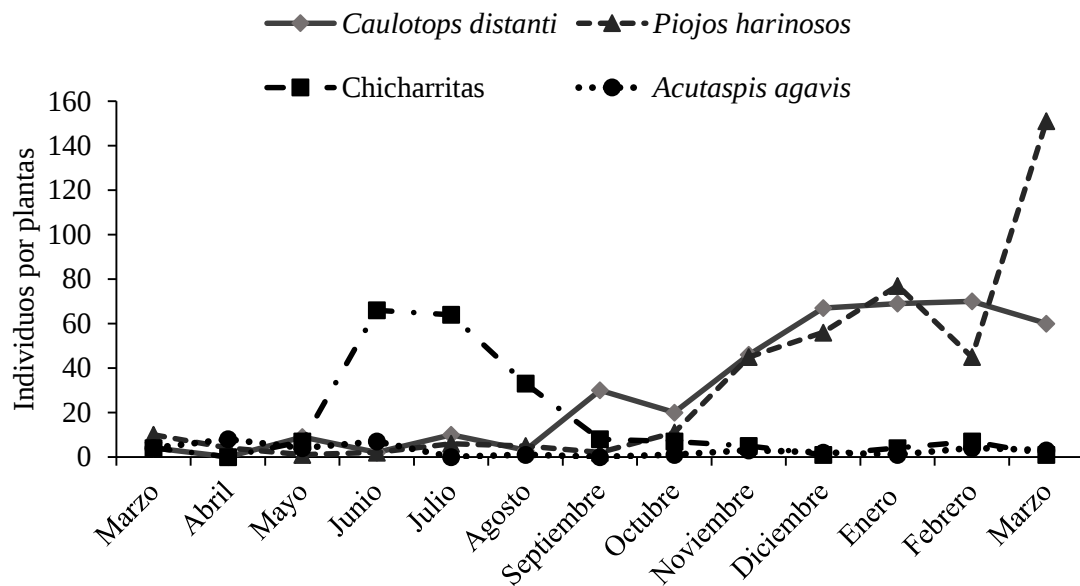


Figura 19. Fluctuación poblacional de insectos chupadores y masticadores del follaje, asociados con el cultivo del agave, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.

Dentro de este grupo *C. distantii* fue la plaga más abundante en la época de invierno, se encontraron adultos y ninfas alimentándose de las pencas de *A. cupreata* y *A. angustifolia* (figura 16). Hernández-Gonzales et al. (2007c), observaron que las poblaciones de *C. agavis* aumentan en los meses fríos del año. Por otro lado, Figueroa-Castro et al. (2019), reportan a este insecto atacando a plantas de *A. cupreata* y *A. vivípara* en el estado de Guerrero.

También los piojos harinosos *D. brevipes* y *C. triunfoensis*, presentaron mayor abundancia en invierno y al inicio de primavera (marzo). González Hernández et al. (2007c) estudiaron la densidad poblacional de *Pseudococcus agavis*, ahora determinado como *P. variabilis* von Ellenrieder & Watson (2016) en tres áreas de Jalisco donde se cultiva *A. tequilana* y encontraron que ésta alcanza sus picos máximos en julio y agosto, y disminuye de diciembre a abril.

Por un lado, es importante poner atención la presencia de insectos pertenecientes al orden Hemiptera, ya que son considerados vectores de fitopatógenos, entre ellos se ha reportado la familia Cicadellidae como un grupo importante de vectores de virus y bacterias (Velásquez-Valle & Reveles-Torres, 2018; Aguilar et al., 2005), con respecto a esta familia se encontró la asociación de *Graphocephala rufimargo* Walker, *Homalodisca ichthycephala* Signoret y *Sibovia compta* Flower con los agaves mezcaleros siendo *G. rufimargo* la de mayor incidencia, en verano (junio – julio) se encontró la mayor abundancia de estos insectos (Figura 21 y 22). Estos resultados son similares a lo reportado por Blanco et al. (2015) quienes estudiaron la familia Cicadellidae asociados con el cultivo de cítricos en Yucatán Méx. y observaron picos poblacionales a partir de abril a septiembre y con una disminución en octubre.

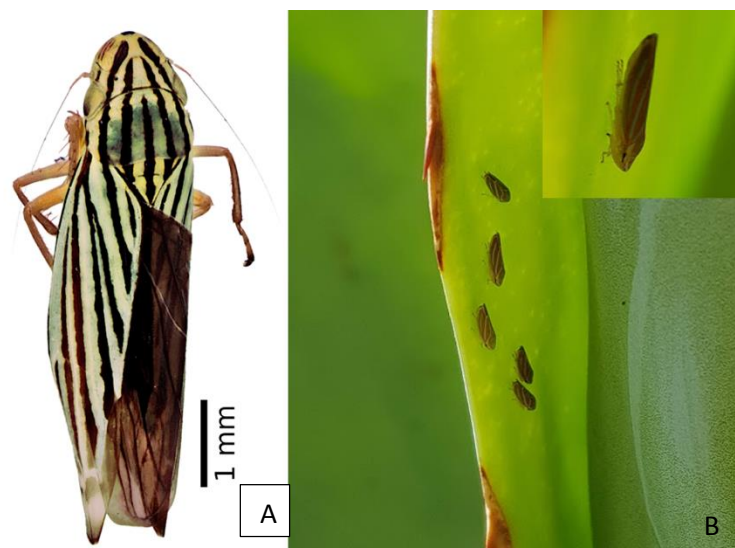


Figura 20. Adulto de chicharrita foto por Jorge Valdés (A) y presencia de cicadelidos en el cultivo de agave (B) foto por Gloria Luna Alejandro.

Plagas rizófagas

Dentro de este grupo sólo se estudió al escarabajo rinoceronte *S. aloeus*, con mayor densidad poblacional de mayo a julio de 2018 (junio y julio con 13 y 15 plantas con presencia de este insecto), es decir en verano es cuando la plaga está presente en el cultivo del agave (Figura 23). La presencia de este insecto coincidió con la época de lluvias. Estos resultados son similares a lo reportado por Pérez-Domínguez & Rubio-Cortés (2007), donde mencionan que los adultos comienzan a aparecer desde la última semana de julio o los primeros días de agosto y las poblaciones desaparecen desde finales de octubre. Al igual que Angelina et al., (2007) mencionan que los adultos de *Strategus aelous* están presentes en los meses de mayo y junio. Los adultos de *S. aloeus* barrenan la base o la piña de las plantas del agave tequilero, dejando perforaciones de más de 4-5 cm, lo que puede provocar la muerte de las plantas recién sembradas, estas son las más susceptibles al ataque de este escarabajo González Hernández et al. (2007c).

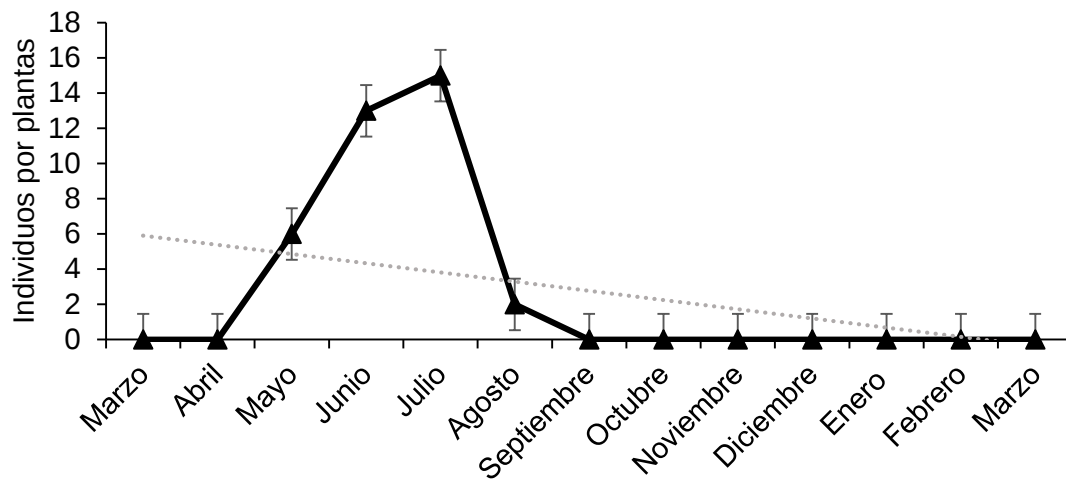


Figura 21. Fluctuación poblacional del *Strategus aloeus*, asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Insectos depredadores de insectos fitófagos

Los insectos depredadores tuvieron picos poblacionales en los meses de junio 2018 a marzo 2019, similar a la presencia de algunos insectos plagas. En el caso del depredador *Hololepta* sp., se encontraron a los adultos alimentándose de las larvas del picudo del agave. Sus picos poblacionales se presentaron de junio a octubre del 2018, su presencia fue muy similar al del picudo del agave, que se encontró durante la mayor parte del año. En cambio, *Omalodes* sp., que también es considerado un depredador de larvas del picudo del agave, sólo tuvo picos poblacionales en los meses de julio a octubre 2018 (Figura 24). También se encontró presencia de adultos y larvas del coccinélido depredador *C. cacti*, su presencia fue en los meses de septiembre 2018, enero y marzo 2019, en las mismas estaciones del año de la escama del agave *A. agavis*, cuando es considerado un depredador efectivo de esta especie (Figura 24).

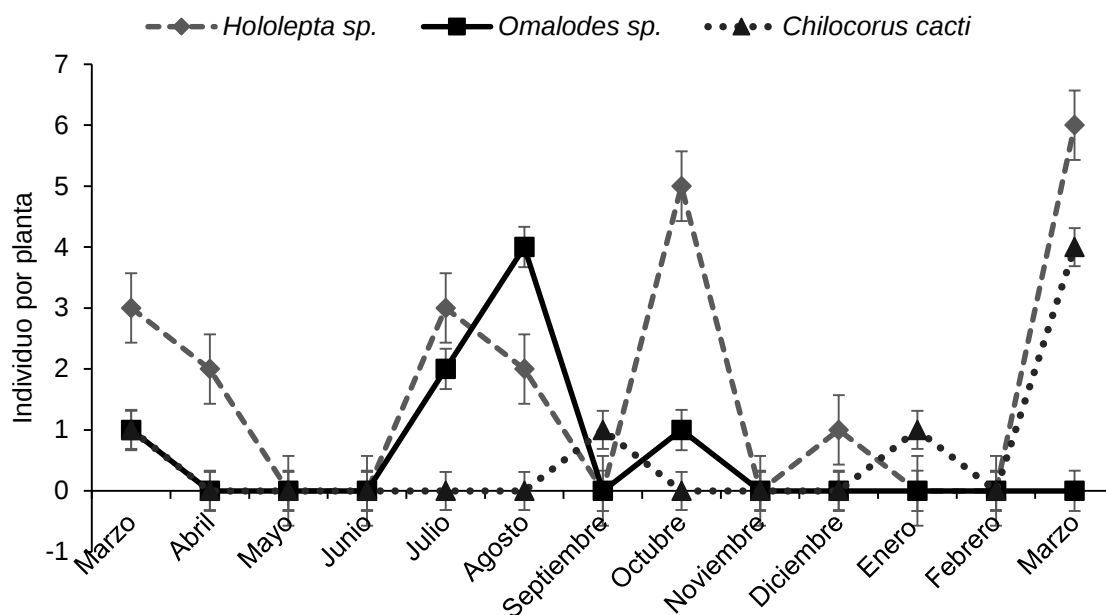


Figura 22. Fluctuación poblacional de insectos depredadores de insectos fitófagos asociados con el cultivo del agave, en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Figueroa-Castro (2009) menciona a *Hololepta* sp., como el principal depredador de *S. acupunctatus* y observó picos poblacionales altos en los meses de marzo, abril y julio. Velázquez et al. (2006), realizaron un estudio sobre los enemigos naturales del picudo del agave y encontraron a adultos de *H. quadridentata* alimentándose de larvas de esta plaga, donde señalan al género *Hololepta* como un depredador de larvas de coleópteros de la familia Curculionidae.

Con respecto a *C. cacti* se encontró que sus poblaciones aumentan conforme a la presencia de la escama armada, Hernández-González et al. (2007c), mencionan que al aumentar las poblaciones de *Acutaspis agavis* el incremento de este enemigo natural es mayor al porcentaje de infestación de la escama. Machkour-M'Rabet et al., (2015) reportan a *C. cacti* como depredador potencial de *Raoiella indica* en plantaciones de palma roja en México.

Parasitoide del picudo del agave

En el cultivo de agave mezcalero sólo se logró observar presencia y captura del bráconido *Alienoclypeus insolitus* Shenefet (Hymenoptera: Braconidae) que fueron en los meses de julio y agosto (Figura 25). Espinosa et al. (2005), reportan la presencia de este parasitoide en plantaciones de agave mezcalero a finales de la época de lluvias. Figueroa-Castro (2009) observó picos máximos de *A. insolitus* en los meses de noviembre (2008), mayo y septiembre (2009). Figueroa-Castro et al (2017) encontraron larvas de *S. acupunctatus* parasitadas por este insecto y hacen el primer reporte de *A. insolitus* en Guerrero y aportan nuevos datos de localidades para Jalisco y Oaxaca.

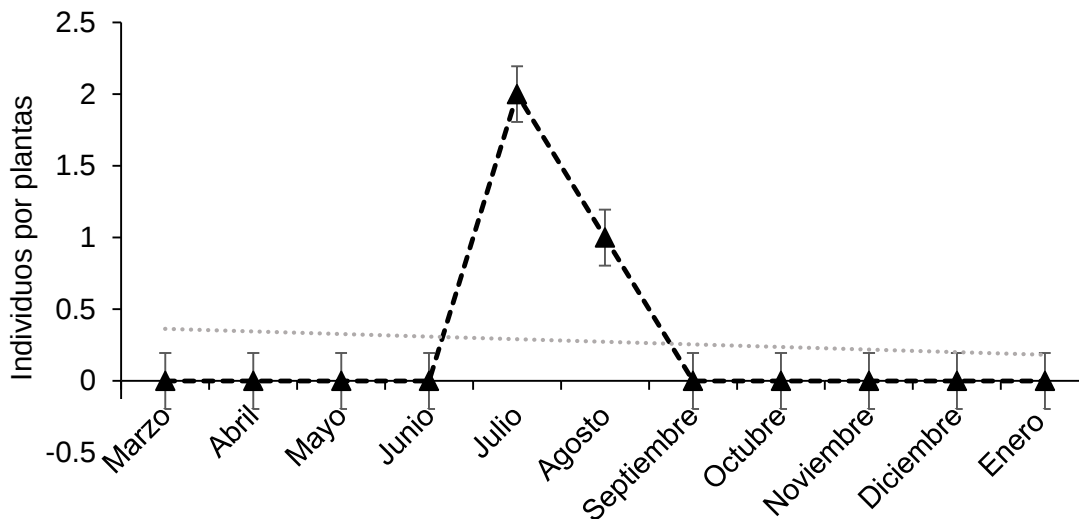


Figura 23. Fluctuación poblacional de *Alienoclypeus insolitus*, parasitoide del picudo del agave, en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Hormigas

Dentro del estudio de diversidad de especies asociados con el cultivo del agave, se encontró a la hormiga *Paratrechina longinornis* como la especie con mayor abundancia, sus picos poblacionales fueron en los meses de septiembre 2018 a enero 2019 (Figura 26). González-Castillo et al., (2011), estudiaron los

artrópodos que se encuentran en las comunidades naturales en el *Agave duranguensis* y encontraron que la familia Formicidae fue la que obtuvo mayor riqueza de especies por la gran heterogeneidad de las comunidades que estudiaron y sus diversos tipos de vegetación que permiten diferentes microhábitats.

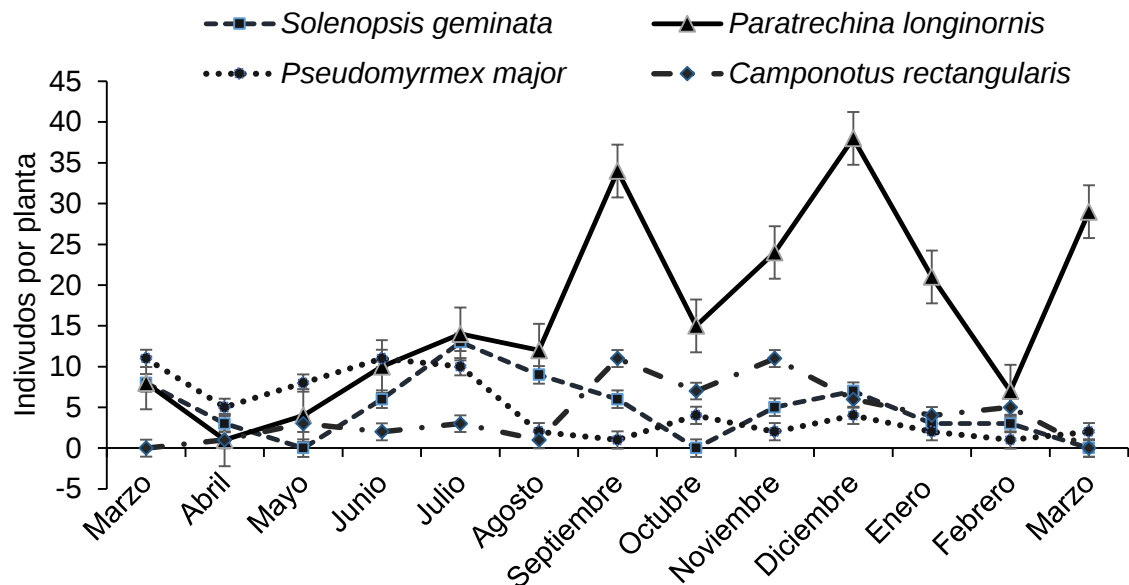


Figura 24. Dinámica poblacional de hormigas asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.

3.3.3. Análisis de la diversidad

Índices de diversidad Alfa (α)

Los índices de diversidad de Shannon y de dominancia Simpson, estuvieron variando entre los predios en estudio. En el predio La Minilla presentó el mayor índice de diversidad de Shannon ($2.1 H'$) y una mayor uniformidad, seguido del El Rancho el frio ($1.95 H'$), El Horno ($1.89 H'$) y el Tlalzahuat ($1.84 H'$), mientras que, los demás presentaron un índice menor a 1.80. En cambio, con el índice de Simpson se determinó que en La Minilla ($0.83 \lambda^{-1}$) y El Rancho frio ($0.82 \lambda^{-1}$) hubo mayor diversidad y presentaron una mayor probabilidad de que, en una

muestra al sacar dos individuos al azar, éstos pertenezca a la misma especie. En cambio, los predios el Horno ($0.75 \lambda - 1$) y El Llano ($0.74 \lambda - 1$), obtuvieron un menor número de diversidad de especies de insectos asociados al cultivo (Cuadro 4). Estos resultados nos muestran que los predios La Minilla y El Rancho el Frio tienen una mayor diversidad de especies en comparación a los demás predios, González-Castillo et al. (2011) y Peinado et al. (2011), mencionan que el índice de Simpson es influenciado por la especie que presenta mayor abundancia en las localidades. En contraste, la dominancia de Simpson nos indica que El Amatito es el predio que presenta una especie con mayor dominancia en este caso por la chinche del agave *C. distantii*.

Cuadro 4. Valores del índice de diversidad de las especies en el cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Índices		Localidades					
		El Amatito	El Tlalzahuate	El Horno	El Rancho Frio	El Llano	La Minilla
Índice de Shannon (H')		1.75	1.84	1.89	1.95	1.77	2.1
Dominancia de Simpson		0.2279	0.2202	0.245	0.1787	0.259	0.1652
Índice de Simpson ($\lambda - 1$)		0.77	0.78	0.75	0.82	0.74	0.83

Diversidad Beta (β)

Los resultados que se obtuvieron con el índice de Similitud de Jaccard, nos muestra que hay mayor similitud en especies de *Agave* entre los predios de agave mezcalero de La Minilla y El Llano, con un valor de 0.94, ya que son los predios donde hubo mayor diversidad de especie de *Agave* (*A. angustifolia*, *A. tequilana*, *A. cupreata*) y ambos predios están a mayor distancia con los demás

predios, mientras que, los predios El horno y el Tlalzahuate tuvieron una similitud de 0.92, puesto que ambos predios están muy cerca entre sí, pero con altitudes similares y con especies de agave similares(Figura 27).

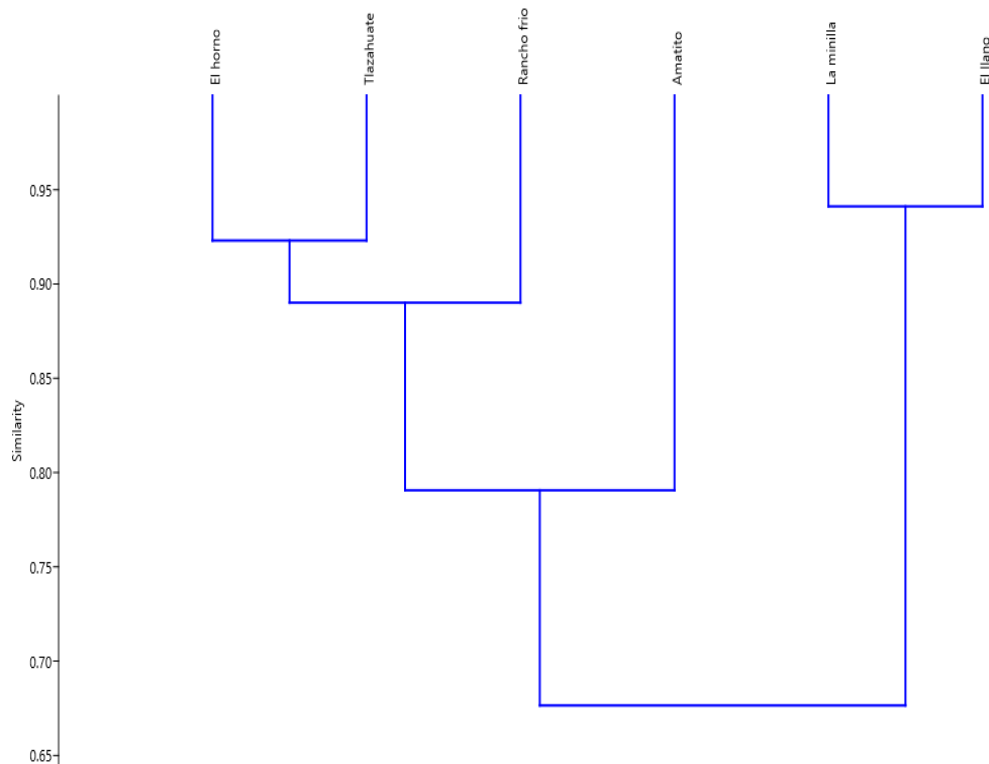


Figura 25. Similitudes de especies en los predios de estudio del cultivo de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero.

3.4. CONCLUSIONES

Las especies de insectos más importantes en el cultivo de agave mezcalero por su abundancia estacional fueron *Scyphophorus acupunctatus*, *Caulotops distant*, los piojos harinosos *Dysmicoccus brevipes* y *Chorisococcus triunfoensis*, así

como *Graphocephala rufimargo*. El picudo del agave estuvo presente en todas las estaciones del año.

La especie *C. distant*i incrementó su población en los meses fríos del año, similar a la densidad poblacional del complejo de piojos harinosos.

La chicharrita *Graphocephala rufimargo* representa un nuevo reporte alimentándose del follaje de plantas de agaves mezcaleros.

Los insectos depredadores *Hololepta* sp. y *Omalodes* sp., que se asocian a larvas del picudo del agave tuvieron una mayor abundancia.

La hormiga *Paratrechina longinornis* fue la más abundante y se encontró en todos los meses del año, aunque hace falta estudiar su papel en las plantas de agave mezcalero.

El predio con mayor riqueza de especies es La Minilla, seguido de Rancho frío debido a su ubicación y especies presentes de agaves.

REFERENCIAS CITADAS

- Aguilar, E. Villalobos, Moreira W., Rodríguez L., Kitajima C. M., & Rivera E.W.C. (2005). First report of *Xylella fastidiosa* infecting citrus in Costa Rica. *Plant Disease*. 89: 687.
- Angelina B. R., Morón R. M., González H. H., Solís A.J., Vásquez-García M. & Becerra L.J.M. (2007). Plagas rizófagas. PP, 79-93. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, & J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Aquino, B. T., Iparaguire M. C., & Ruiz V. J. (2007). *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 7: 175-180.

- Barrios A., Ariza F. J., Molina M.; Espinosa P. & Bravo M. E. (2006). Manejo de la fertilización en magueyes cultivados (*Agave* spp) de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. INIFAP. Campo Experimental Iguala. Folleto técnico No.13. 44 pp.
- Blanco-Rodríguez E., Romero-Nápoles J., Lomelí-Flores R., Mora-Aguilera G. & Dietrich C. (2015). Cicadélidos asociados a cítricos en la península de Yucatán, México. *Entomología Mexicana*. 2:, 830-834.
- Carpio, C., & Curkovic, T. (2016). Monitoring of population dynamics of pseudococcus viburni (Signoret) (hemiptera: Pseudococcidae) during two seasons in a pomegranate (*punica granatum* L.) orchard in central Chile. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 32(2), 117–126. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016000200005>
- CRM. (2018). Informe Estadístico 2018. *Informe Estadístico*, 1–116. Retrieved from <http://www.dpp.cl/repositorio/177/486>
- CRT. (2005). Plagas y Enfermedades del *Agave tequilana* Weber, var. azul. Consejo Regulador del Tequila, A. C. México.
- Espinosa P. H.; Bravo M.; López L.P & Arredondo V.C. (2005). El Agave mezcalero de Oaxaca: Avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No.3. México.180 pp.
- Figueroa C. P. (2009). Fluctuación Poblacional y Trampeo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) con Feromona de Agregación en Plantaciones de Agave tequilero en Jalisco. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México, 63 pp.
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez, V., Henry, T., Brailovsky, H., & Hernández-Ruiz, A. (2019). First report of *Caulotops distant* Reuter (Hemiptera: Miridae: Bryocorinae) feeding on two species of mezcal. *Florida Entomologist*, 102(3), 642-644.
- Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar J. P., González-Hernández H., Rubio-Cortés R., Herrera-Navarro E. G., Castillo-Márquez L.E., & Rojas J.C. (2013).

- Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleóptera: Curculionidae) on blue agave. *Florida Entomologist*, 96, 1454–1462.
- González, C. M. P., Quintos, E. M y Castaño, M. G. (2011). Arthropods in Natural Communities in Mescal Agave (*Agave durangensis* Gentry) in an Arid Zone. *American Journal of Applied Sciences* 8 (10): 933-944.
- González, H. H., Solís A J. C., Pacheco S. J. C, Flores M. J. C., Rubio C.R., & Rojas J. C. (2007b). Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González, H., Solís A J. C., Pacheco S. J. C. & Flores M. J. C., (2007c). Insectos chupadores y del follaje del agave, pp. 68-78. En: H. González Hernández, J. I. del Real Laborde, y J. F. Solís Aguilar [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González-Hernández, del Real Laborde J. I., & Solís Aguilar J. F. (2007a) Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- González-Hernández, H., Figueroa-Castro, P., Rubio-Cortés, R., Jones W. , R., & Valdés-Carrasco, J. (2015). Primer reporte de *Peltophorus polymitus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies de Agave (Asparagaceae) en México. *Acta zoológica mexicana* . 31(3).
- Hammer, O., Harper D. A. T. & Ryan P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Elect.*, 4: 1-9.
- Jaimes Rodríguez, I. (2019). Lepidópteros barrenadores asociados al agave. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

- Machkour-M'Rabet S., Ferral-Piña J. & Henaut Y. (2015). *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae), a potential natural enemy for the red palm mite in México. *Acta Zoológica Mexicana*. 31(3).
- Olivares-Orozco, Javier, Ramírez-Sánchez, S. E., Jiménez-Aguilar, A., Guerrero-Andrade, O., Montiel-Salero, D., Rodríguez-Diego, J. G. (2017) Notificación de *Acanthoderes funeraria* (Bates) sobre dos tipos de Agave salmiana (Otto ex Salm-Dyck) en Hidalgo, México. *Revista de Protección Vegetal*. 32 (2).
- Peinado, M., M. Á. Macías, F. M. Ocaña-Peinado, J. L. Aguirre & J. Delgadillo. (2001). Bioclimates and vegetation along the Pacific basin of Northwestern Mexico. *Plant Ecol.*, 212: 263-281. DOI: 10.1007/s11258-010-9820-z
- Pérez-Domínguez J. F, Rubio-Cortés R. (2007). Tecnología de manejo y control de plagas del agave, pp. 135–168 In Pérez Domínguez JF, del Real Laborde JI [eds.], Conocimiento y Prácticas Agronómicas para la Producción de Agave tequilana Weber en la Zona de Denominación de Origen del Tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Guadalajara, México.
- Sánchez-Jiménez, E., Orbe-Díaz, D. I., Romero, & Toribio-Jiménez, J. (2019) Primer reporte del escarabajo *Acanthoderes funeraria* (Bates) (Coleoptera: Cerambycidae) en el agave silvestre *Agave cupreata* (Trel. & Berger) en Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana* (35), 1–4.
- Solís-Aguilar, J. F., González-Hernández H., Leyva-Vázquez J. R., Equihua-Martínez, J.A., Flores-Mendoza, & Martínez-Garza A. (2001) a. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal. Plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*. 35, 663-670.
- Velásquez-Valle, R. & Reveles-Torres L. R. (2018). Géneros de chicharritas (Hemiptera:Cicadellidae) presentes en el cultivo de chile en el Norte Centro de México. Folleto Técnico Núm. 92. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 38 páginas.
- Von Ellenrieder, N., & Watson, G. 2016. A new mealybug in the genus *Pseudococcus* Westwood (Hemiptera: Coccoomorpha: Pseudococcidae)

from North America, with a key to species of *Pseudococcus* from the New World. *Zootaxa*. 4105 (1): 065–087.

Waring G. & Smith R. (1986). Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleóptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. *Ann Entomol Soc Am*. 79: 334 - 340.

CAPÍTULO IV. MONITOREO DE *SCYPHOPHORUS ACUPUNCTATUS* GYLLENHAL (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) MEDIANTE TRAMPAS CON FEROMONAS DE AGREGACIÓN EN AGAVE MEZCALERO EN GUERRERO, MÉXICO.

RESUMEN

El género *Agave* es uno de los grupos de plantas más importante y representativo en México, sin embargo, este cultivo es afectado por diferentes problemas abióticos y bióticos, entre estos últimos, se encuentran las plagas insectiles donde el picudo del agave es la principal plaga de importancia económica, su manejo se dificulta debido a sus hábitos crípticos. Con la finalidad de aportar información para la implementación de un manejo integral, en esta investigación se usó un sistema de trapeo para el monitoreo de la población de este insecto, el estudio se llevó a cabo en plantaciones de *Agave angustifolia* Haw en Quetzalapa, Huitzaco de los Figueroa, Guerrero, México y consistió en la combinación de trampas tipo cubeta, feromona de agregación sintética, cebo alimenticio y un agente aniquilante, se colocaron cinco trampas por cada plantación (La Minilla, El Llano y El Horno) y fueron revisadas durante un año; se observaron los picos de capturas: predio El Llano se observaron tres picos de capturas del picudo (abril y junio), con valores promedios quincenales de 52, 47.2 y 17.9 insectos por trampa. En el Horno se observó el pico en el mes de abril, con valor promedio de 16 y en La Minilla en el mismo mes se presentó valores de 21.3 insectos por trampas. En las épocas de lluvia (junio-septiembre), que son crítico para el cultivo, los picos de captura disminuyeron de 16.1 a 7.2 insectos por trampas. En primavera se obtuvieron los picos de captura.

Palabras claves

Picudo del agave, Trapeo con feromonas, Agave mezcalero

Tesis de Maestría en ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gloria Luna Alejandro

Director de Tesis: Dr. Samuel Ramírez Alarcón

**MONITORING OF *Scyphophorus acupunctatus* GYLLENHAL
(COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) THROUGH AGGREGATION
PHEROMONE TRAPS IN AGAVE MEZCALERO IN GUERRERO, MEXICO.**

ABSTRACT

The genus Agave is one of the most important and representative plant groups in Mexico, however, this crop is affected by different abiotic and biotic problems, among the latter, there are insectiles pests where the agave weevil is the main pest of economic importance, its handling is difficult due to its cryptic habits. In order to provide information for the implementation of a comprehensive management, in this investigation a trapping system was used to monitor the population of this insect, the study was carried out in *Agave angustifolia* Haw plantations in Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, Mexico and consisted of the combination of traps type bucket, pheromone of synthetic aggregation, food bait and an annihilating agent, five traps were placed for each plantation (La Minilla, El Llano and El Horno) and were reviewed for one year; The catch peaks were observed: El Llano property, three peaks of the weevil catch were observed (April and June), with biweekly average values of 52, 47.2 and 17.9 insects per trap. In the Furnace the peak was observed in the month of April, with an average value of 16 and in La Minilla in the same month values of 21. 3 insects per traps were presented. In the rainy seasons (June-September), which are critical for cultivation, capture peaks decreased from 16.1 to 7.2 insects per trap. In spring the capture peaks were obtained.

Key words. Agave mezcalero, Agave weevil, Pheromone trapping.

Master's thesis in science, Chapingo Autonomous University.
Author: Gloria Luna Alejandro
Thesis Director: Dr. Samuel Ramírez Alarcón.

4.1 INTRODUCCIÓN

El picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleóptera: Dryophthoridae), es considerada la principal plaga de importancia económica en agaves silvestres y cultivadas en México, este insecto es conocido como una plaga especialista en sus hábitos alimenticios, puesto que, sólo se alimenta de plantas pertenecientes a la familia Agavaceae y Dracaceae (Aquino Bolaños, Ruiz Vega, & Martínez Sánchez, 2010), provocando daños irreversibles en los cultivos, las larvas se alimentan barrenando la parte basal de las hojas, así como de la piña, ocasionando la pudrición y muerte de las plantas, los adultos atacan principalmente el cogollo u hojas frescas, aunque también se encuentran en los túneles que dejan las larvas. Actualmente es considerado un transmisor de *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee, (Brenner y Farmer III; EPPO), *Erwinia* sp. (Arredondo & Espinosa, 2005; Espinosa et al., 2005).

Las tácticas de control sobre esta plaga son consideradas dificultosas, ya que, todo el ciclo biológico se completa en el interior de la planta y sólo es posible actuar sobre los adultos migrantes. Actualmente se han realizado varios estudios sobre el uso de trampas con semioquímicos, para el monitoreo de las poblaciones de este insecto, y así, conocer el momento oportuno de ataque y disminuir las poblaciones de este. Figueroa-Castro y colaboradores (2016), recomiendan para un buen monitoreo de esta plaga, el uso de trampas cebadas con feromonas sintética y tejido de agave, colocando una trampa por cada seis hectáreas. Recientemente se ha evaluado un sistema de trampeo para el picudo del agave, que consta de, una trampa tipo cubeta, feromona sintética, cebo alimenticio y un agente de aniquilación para lograr retener y matar al insecto (Cuevas-López, et al., 2017). Con la finalidad de aportar información útil para un manejo integral de esta plaga, en esta investigación se establecen los siguientes objetivos: 1. evaluar un sistema de trampeo para la reducción de poblaciones de este insecto, así mismo, 2. Estimar la fluctuación poblacional del picudo en tres plantaciones del estado de Guerrero., 3. Evaluar los daños que ocasiona esta plaga en las plantaciones de agave.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1. Sitio experimental. El experimento sobre la evaluación de un sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave, se realizó en tres plantaciones de agaves, de dos a cuatro años de edad, La Minilla (18°35'59"N, 099°18'14" W, a 962 msnm), con plantaciones de *A. angustifolia*, *A. cupreata*, y *A. tequilana*; El Llano (18°37'99" N, 099°15'46" W, a 1555 msnm) y El Horno (18° 39'01" N, 099°16'04" W, a 1140), ambos con plantaciones de *A. angustifolia* y *A. tequilana*; predios ubicado en la comunidad de Quetzalapa municipio de Huitzuc de los Figueroa, zona norte de Guerrero. Quetzalapa, tiene una precipitación anual de 1507 mm, los veranos son más lluviosos que los inviernos, su temperatura media anual es de 26.7°C.

4.2.2. Descripción, preparación y mantenimiento de trampas

Descripción de trampas. Durante el experimento se utilizaron trampas tipo cubeta con orificios circulares y conos internos (TOCCIA), que consistió en una cubeta de plástico de 4 L de capacidad, de color blanco, con cuatro orificio circulares (4.0 cm de diámetro) equidistante entre ellos, los orificios se hicieron a la mitad de la altura de la cubeta, en cada orificio (por la parte interna) se colocó un cono de plástico truncado y transparente (3.5 cm de longitud, con 4.0 y 3.0 cm de diámetro de entrada y salida). Los conos fueron colocados para permitir la entrada de los picudos y dificultar la salida de estos (Figueroa et al. 2016).

Cebo alimenticio. El cebo consistió en 300 g de tejido fresco de agave (base de pencas), que fue cortado en trozos y colocado en la base de la cubeta, estos fueron cambiados cada 15 días.

Feromona. Se utilizó una feromona de agregación sintética (Tequilur®), cada liberador contenía 350 mg del compuesto 2-metil-4-octanona (FeroComps, D. F. México), esta feromona se colocó dentro de la trampa sostenida por un alambre de acero sujeto al centro de la tapa de la trampa tipo cubeta. Dichas feromonas fueron sustituidas una vez al mes.

Agente aniquilante. Durante el experimento se utilizó agua jabonosa (jabón líquido) a una concentración del 5 %, agregando 1 L de agua más 50 mL de jabón

como agente aniquilador de adultos, recomendado por Cuevas y colaboradores (2017).

4.2.3 Distribución de las trampas

Finalmente se colocaron cinco trampas al ras del suelo junto a una planta de agave, estas trampas se distribuyeron a cada 50 m, en marco real, colocando un total de cinco trampas por predio de estudio.

4.2.4 Evaluaciones. En las tres plantaciones de estudio, las revisiones se realizaron quincenalmente, haciendo la recolecta de picudos capturados en cada trampa, colocación de un nuevo cebo alimenticio y la colocación del agente aniquilante (agua jabonosa). La variable de respuestas fue el número promedio de picudos capturados por trampas en cada tratamiento y también se registró la proporción sexual de estos insectos capturados.

Conteo de picudos. Los picudos recolectados de las trampas fueron llevados al Laboratorio Fitosanitario de Agriminilla ubicado en Quetzalapa Gro., para contarlos y hacer la separación de sexo con base a la morfología del último segmento abdominal del insecto (Ramírez-Choza 1993).

4.2.5. Información climatológica. Los datos sobre indicadores meteorológicos (precipitación, temperaturas máximas, media y mínimas) correspondiente al año 2018-2019 fueron solicitadas a la Coordinación General de Servicios Meteorológico Nacional, Gerencia de Meteorología y Climatología, sugerencia de pronósticos a mediano y corto plazo, registradas en la estación climatológica convencional de la Red Nacional de la CONAGUA, ubicada en Chaucingo (Clave 12030), municipio de Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.

4.2.6. Análisis estadístico. Como variables dependiente se usaron el número total de individuos, hembras y machos y como variable respuesta estaciones del año. La información se sometió a un análisis de varianza de las variables respuestas entre variables dependientes y se hizo una pruebas de comparaciones de medias LSD ($\alpha = 0.05$), posteriormente se realizó un análisis de correlación, todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa de SAS®, versión 9.4.

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el predio La Minilla se encontró la menor cantidad de adultos del picudo del agave en los meses de junio y julio de 2018, cuando se obtuvieron capturas con valores promedios quincenales de 4.8 y 2.4 picudos por trampa. Sin embargo, el pico más alto de captura se presentó en el mes de mayo 2018, con un valor promedio quincenal de 27.4 insecto por trampa. Otro pico se observó a mediados de marzo 2019, con un valor promedio quincenal de 24.6 picudos por trampa (Figura 28). Al realizar el análisis de correlación de los datos, se observó que la población picudos capturados tuvo un grado de asociación débil con la temperatura media ($r = 0.27857$), así como con las demás variables.

En la plantación El Llano, las capturas de picudos del agave tendieron a incrementarse cuando la precipitación pluvial aumentó, esto sucedió a partir de abril hasta octubre 2018, cuando se registraron tres picos poblacionales, el mayor fue a principios de abril, el segundo a finales abril y el tercero en junio de 2018, con valores promedios de 52, 47.2 y 25.6 picudos por trampa, respectivamente (Figura 29). En invierno, la época fría y seca del año, se registraron las menores capturas promedios, con valores de 1.6 a 3.0 picudos por trampa. En el análisis de correlación de los datos señala que la población picudos capturados tuvo un grado de asociación no significativo ($r = 0.42238$) con la temperatura media, en cuanto a las demás variables tampoco se encontró una relación significativa.

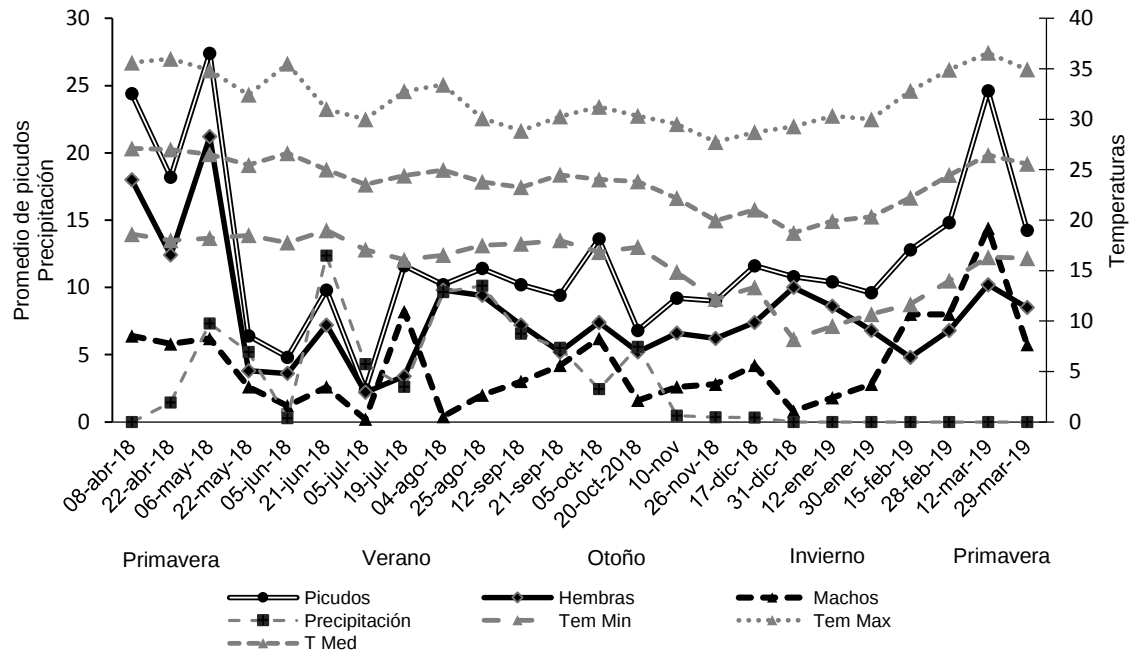


Figura 26. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio La Minilla, Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

En la plantación El Horno, se registraron dos picos de capturas, la primera en abril 2018, con 16 picudos por trampa, y el segundo se presentó en octubre 2018, 13.6 picudos adultos por trampa. Las poblaciones del picudo se incrementaron en la época de primavera y verano y a finales de otoño y al inicio de invierno las poblaciones de esta plaga disminuyeron. De acuerdo al análisis de correlación de los datos, se encontró que la población picudos y las hembras capturadas, no tuvieron una correlación positiva respecto a la precipitación ($r = 0.23623$, $r = 0.28675$), en cuanto a las demás variables tampoco se encontró correlación significativa (Figura 30). Estos resultados coinciden con lo reportado por Figueroa-Castro y colaboradores (2013), donde reportan las mayores capturas del picudo del agave en plantaciones de agave tequilero en Ahualulco, Jalisco, en los meses de marzo a mayo de 2009, y en la plantación Amatitlán, Jalisco

donde detectaron dos picos poblacionales, uno en mayo y el otro en septiembre de 2009.

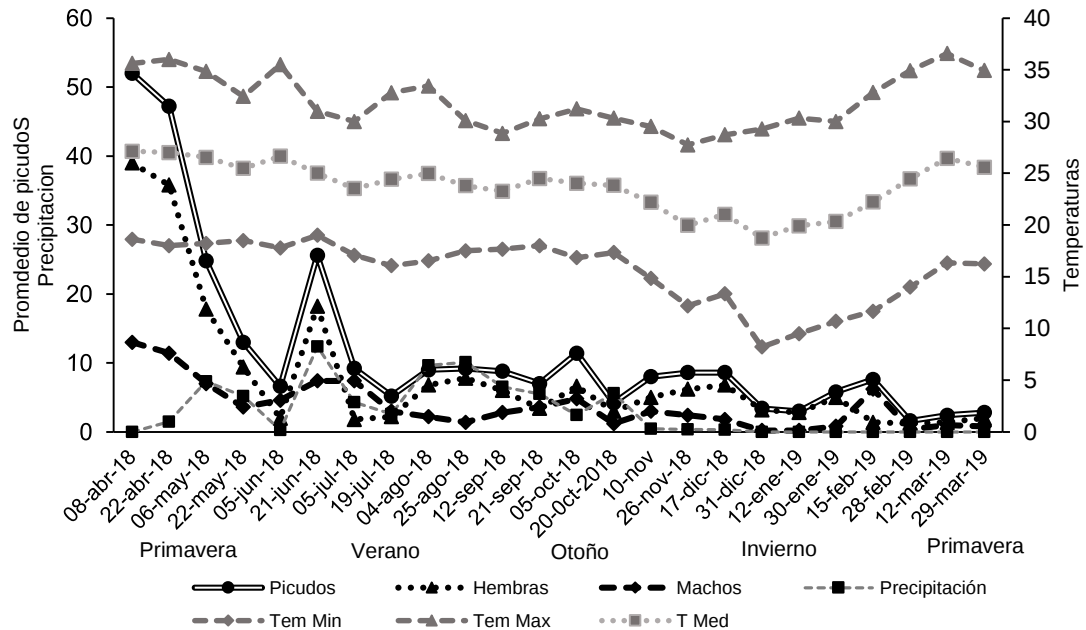


Figura 27. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio El Llano. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Con respecto a las correlaciones, Bravo et al. 2005, encontraron que algunos factores ambientales como la precipitación y la temperatura, tienen efecto sobre la abundancia del picudo del agave, además, reportan mayores picos de capturas en época de lluvias (72.4 %). Aquino et al. (2007), encontraron la menor cantidad de adultos en los meses más fríos de diciembre a abril y con valores máximos de poblaciones de picudos (40 insectos por muestreos) cuando hay mayor humedad por lluvias y mayor calor en los valles de Oaxaca.

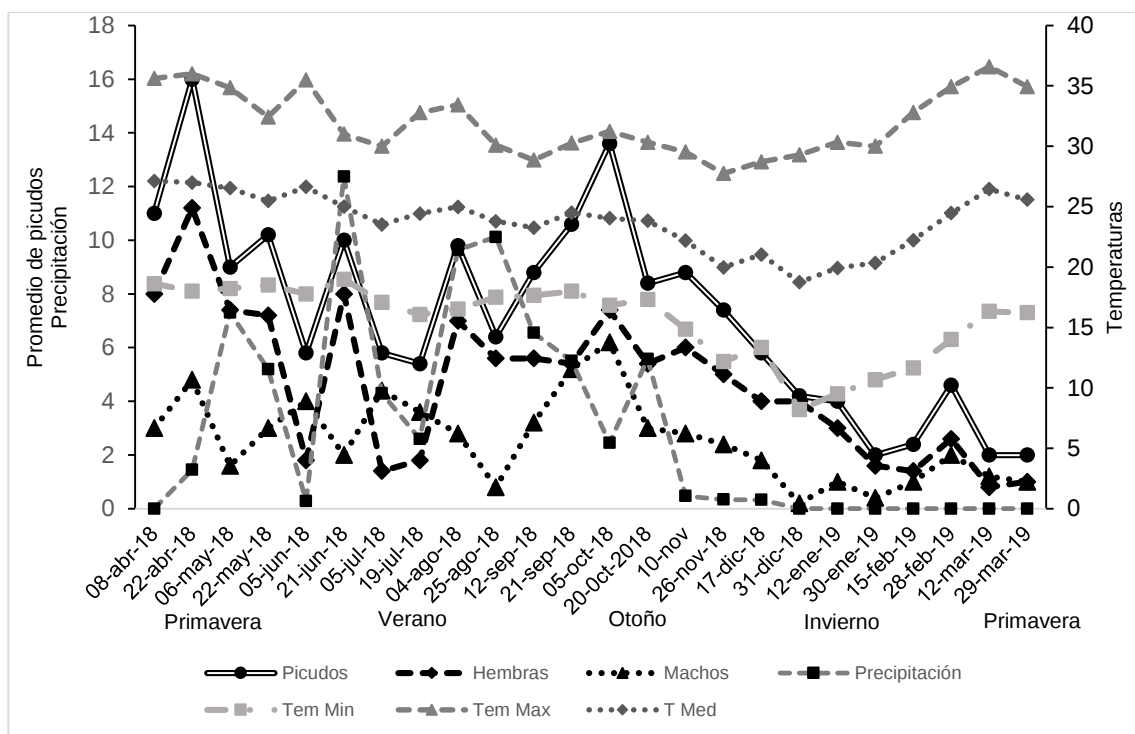


Figura 28. Fluctuación poblacional de adultos del picudo de agave durante un año en el predio El Horno. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

Considerando que el coeficiente de correlación es muy bajo, no se ajustaron los datos a un modelo. Sin embargo, esta investigación nos muestra la eficacia del uso de trampas tipo TOCCIA, el uso de tejido vegetal de agave como atrayente alimenticio y el uso de agua jabonosa como agente aniquilante para este insecto, para la captura del picudo del agave, siendo este un método de monitoreo amigable con el ambiente. Esto coincide con lo reportado por Cuevas-López y otros (2017), quienes evaluaron un sistema de retención para esta plaga que consistió en el uso de trampas (TOCCI y TOCCIA), feromona sintética + cebo alimenticio y un insecticida, donde encontraron las mayores capturas con los productos clorpirifos y el agua jabonosa con 129.50 y 128.38 picudos promedio/trampa/quincena, respectivamente. Al igual que Azuara-Domínguez y colaboradores (2014), donde evaluaron tipos de trampas, con atrayentes alimenticios y una feromona de agregación (Tequilur®), encontrando que la

combinación de cebo alimenticio (melaza + agave tequilero) y la feromona integrado a la trampa tipo garrafa, fue el mejor tratamiento para la captura de adultos de *S. acupunctatus*.

Moya-Murillo et al (2015), evaluaron tipos de trampas, el uso de cebo alimenticio y el uso de feromona, para la captura de insectos adultos de *Rhynchophorus palmarum* y donde mencionan que la implementación de una red de trampeo, es constituida una herramienta eficaz para el monitoreo de las poblaciones del picudo del cocotero y de manera progresiva contribuye en la reducción de poblaciones de este insecto.

Respecto a la proporción sexual de machos y hembras (M: H) del picudo del agave del presente estudio, se capturaron significativamente más hembras que machos ($P < 0.0001$), para cada predio se obtuvieron las proporciones siguientes (Machos a hembras): La Minilla 1:1.88; El Llano 1:2.16; para El Horno fue 1:1.83. Este reporte coincide con lo mencionado por Figuera-Castro et al., (2013), donde encontraron mayor significancia en la captura de hembras ($P < 0.0001$), con un promedio de 93.86 % de hembras. Al igual que Moya-Murillo et al. (2015), Azuara et al. (2014), López-Martínez et al. (2011) y Ruíz-Montiel et al. (2009) quienes observaron que una mayor cantidad de hembras del picudo del agave son atraídas en cada una de sus trampas evaluadas.

En el análisis de prueba de medias (LSD), en el predio El Horno, se encontró que el número de hembras fue significativamente afectado por las estaciones del año ($P < 0.0009$), en la estación primavera (6.5129) y otoño (6.1971), se capturó la mayor cantidad de hembras por trampas, con respecto a las demás variables no se encontró significancia. Por otro lado, en el predio El Llano se encontró significancia en la captura de picudos y hembras en la estación primavera ($P < .0001$), que fue la estación donde hubo más capturas de picudos, con respecto a las demás estaciones no se encontró significancia. Y como último en La Minilla no se encontró diferencia significativa dentro de las estaciones del año (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de hipótesis sobre estaciones del año (Prueba de medias LSD) en las capturas de picudos del agave, predios de agave mezcalero. Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero. 2018-2019.

	El Horno			El Llano			La Minilla		
	Picudos	Hembras	Machos	Picudos	Hembras	Machos	Picudos	Hembras	Machos
Primavera	8.5237 A	6.5129 A	2.0107 A	22.3185 A	16.6703 A	5.6482 A	12.130 A	11.428 A	0.702 B
Verano	5.9854 A	2.6160 B	3.3694 A	8.8249 B	4.7517 B	4.0731 A	9.350 A	5.406 B	3.944 A
Otoño	9.5058 A	6.1971 A	3.3086 A	8.8639 B	6.2857 B	2.7337 A	14.388 A	9.019 AB	5.368 A
Invierno	4.9849 A	3.4405 AB	1.5443 A	7.4925 B	4.7588 B	2.5782 A	13.463 A	6.512 AB	6.951 A
Probabilidad	0.0016	0.0009	0.0001	<.0001	<.0001	0.0001	0.0022	0.0072	<.0001

4.4. CONCLUSIONES

Las capturas máximas de picudos del agave se obtuvieron en primavera y otoño, y en la época de lluvias (verano), las poblaciones del picudo del agave disminuyeron.

El trampeo con feromonas permite detectar las poblaciones del picudo del agave en las épocas críticas del cultivo, es por eso que se sugiere utilizar de manera oportuna trampas con feromonas, cebo alimenticio y un agente de aniquilación como alternativa en las épocas críticas para el cultivo de agave.

REFERENCIAS CITADAS

- Aquino, B. T., Ruiz, V. J. & Martínez, S. D. (2010). Ecología y biología de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), plaga del agave mezcalero en los valles centrales de Oaxaca. *Naturaleza y desarrollo*. 8(1):59-68.
- Arredondo V., C. & Espinosa P. V. (2005). Manual del magueyero. Comisión de trabajo para el desarrollo responsable de la industria del maguey y del mezcal A.C. 142 pp.

- Espinosa P. H.; Bravo M.; López L. P & Arredondo V. C. (2005). El Agave mezcalero de Oaxaca: Avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No.3. México.180 pp.
- Figueroa-Castro, P., López-Martínez V., Hernández-Ruiz A., Silva-García F. & Campos- Figueroa, M. (2016). Determining the best pheromone-baited traps for capturing *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) in mezcal agave. *Florida Entomologist*. 99: 790-792.
- Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar J. P., González-Hernández H., Rubio-Cortés R., Herrera-Navarro E. G., Castillo-Márquez L.E., & Rojas J.C. (2013). Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue agave. *Florida Entomologist*. 96: 1454–1462.
- Aquino, B. T., Iparraguirre M. C., & Ruiz V. J. (2007). *Scyphophorus acupunctatus* (=interstitialis) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola*. 7: 175-180.
- Bravo M. E., Arredondo V. C. & Espinosa P. H. (2005). Efectos de la lluvia, temperatura y dinámica poblacional del picudo del maguey mezcalero *Scyphophorus interstitialis*. *Naturaleza y desarrollo*. 3 (1). 1-24.
- Cuevas-López D., Figueroa-Castro P., López-Martínez V., Pérez-Figueroa M., Díaz-Villanueva G., Silva-García F. & Luna-Alejandro G. (2017). Sistemas de retención para el picudo del agave en trampas con feromona, en maguey espadín. En: 1^{er} congreso nacional del agave-mezcal. *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca*. Oaxaca, México.
- Azuara-Domínguez A., Terán V. A. P., Soto S. A., Aguilar P. N. & Martínez B. L. (2014). Evaluación del tipo de trampa, atrayente alimenticio y feromona de agregación en el trampeo del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal en Tamaulipas, México. *Entomotropica*. 29 (1).1-18.
- Moya-Murillo O. M., Aldana-De la Torre R. C. & Bustillo-Pardey A. E. (2015).

Eficacia de trampas para capturar *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) en plantas de palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*. 41 (1), 18-23.

López-Martínez V., Alia-Tejacal I., Andrade-Rodríguez M., García-Ramírez M. & Rojas J. C. (2011). Daily activity of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) monitored with pheromone-baited traps in a field of Mexicantuberose. *Florida Entomologist*. 94: 1091-1093.

Ruíz-Montiel C., Rojas J. C., Cruz-López L., González-Hernández H. (2009). Factors affecting pheromone release by *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology* 8: 1423-1428.

Ramírez-Choza, J. L. (1993). Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh. Bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Hidráulicos. Mérida, Yucatán, México.

CAPÍTULO V. HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) ASOCIADAS CON DOS ESPECIES DE AGAVES MEZCALEROS

RESUMEN

Las hormigas son un grupo de insectos muy diversos en los ecosistemas terrestres y son de vital importancia por sus interacciones biológicas que establecen con otros organismos. Sin embargo, existen pocos estudios que den a conocer cuántas especies se encuentran distribuidas en el país. Por ello, en esta investigación se realizaron monitoreos y recolectas de hormigas en la zona Norte de Guerrero en plantaciones de agave mezcalero, para así poder describirlas taxonómicamente y aportar nuevos registros de ellas. En los cultivos de *Agave angustifolia* y *A. cupreata*, se encontró un total de 11 especies de hormigas y para Guerrero, se tienen nuevos registros de las especies *Brachymyrmex heeri*, *Camponotus rectangularis rubroniger*, *Cardiocondyla emeryi*, *Paratrechina longicornis* Latreille, *Pseudomyrmex gracilis*, *Camponotus atriceps*, *Camponotus rectangularis* y *Camponotus lespesii melancholicus*. También se encontró una asociación de *Paratrechina longicornis* con colonias de piojos harinosos. Estos resultados permiten conocer más sobre la gran diversidad de especies de hormigas que se encuentran en asociación con cultivos agrícolas de importancia económica, como el agave mezcalero.

Palabras claves. Agave mezcalero, biodiversidad, Hormigas.

Tesis de Maestría en ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gloria Luna Alejandro

Director de Tesis: Dr. Samuel Ramírez Alarcón

ANTS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) ASSOCIATED WITH TWO SPECIES OF MESCALERO AGAVES

ABSTRACT

Ants are a group of insects very diverse in terrestrial ecosystems and are vitally important for their biological interactions with other organisms. However, there are few studies that show how many species are distributed in the country. For this reason, in this investigation, ant monitoring and collection was carried out in the northern zone of guerrero in mezcalero agave plantations, in order to describe them taxonomically and provide new records of them. In the cultivation of *Agave angustifolia* and *A. cupreata*, a total of 11 species of ants were found and for guerrero, new records are available for the species *Brachymyrmex heeri*, *Camponotus rectangularis rubroniger*, *Cardiocondyla emeryi*, *Paratrechina longicornis* Latreille, *Pseudomyrmex gracilis*, *Camponotus atriceps*, *Camponotus rectangularis* and *Camponotus lespesii melancholicus*. An association of *paratrechina longicornis* with colonies of mealy lice was also found. These results allow us to know more about the great diversity of ant species found in association with economically important agricultural crops, such as mezcalero agave.

Key words. Agave mezcalero, biodiversity, ants.

Master's thesis in science, Chapingo Autonomous University.

Author: Gloria Luna Alejandro

Thesis Director: Dr. Samuel Ramírez Alarcón.

5.1. INTRODUCCIÓN

Los Agaves o magueyes, son plantas siempre verdes, cuyas características fisiológicas y morfológicas les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes extremos en donde otros cultivos difícilmente prosperan. Pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde los valles, planicies y laderas pedregosas, incluyendo lugares montañosos que van desde los 34° Latitud Norte hasta los 60° Latitud Sur. La importancia de los agaves se hace notar desde el punto de vista socioeconómico, esto debido a los múltiples usos de que son objeto en las diferentes regiones y de que especie se trate. En México, los usos más comunes de los agaves son: para la elaboración de bebidas como el mezcal y tequila, conservación de suelos, forraje, obtención de fibras, construcciones de viviendas, medicina, ornamental, obtención de insectos comestibles (García, 2007 y García et al., 2010). De acuerdo con Aguirre y Ruiz (2005) el género *Agave* es originario de Mesoamérica y cuenta con 200 especies, todas distribuidas en el continente americano. De todas las especies existentes, 150 (75%) se encuentran en el país y de estas 129 son endémicas, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los agaves. En México, existen alrededor de 20 especies mezcaleras distribuidas en 24 estados, entre los que figura Guerrero. Según cifras del SIAP (2018), Guerrero cuenta con una superficie sembrada de agaves mezcalero de 1,700 ha y en las zonas del centro y norte del estado se concentra el 92 % de esta superficie sembrada.

Por otra parte, en una revisión de la familia Formicidae para México, Vásquez (2015), reporta un total de 973 especies, distribuidas en 11 subfamilias y 93 géneros, representando el 7.4 % del total mundial. Las hormigas han colonizado diversos hábitats terrestres, debidos en gran parte, a una variada alimentación de semillas, hongos, néctar, tejido vegetal y tejido animal. En los ecosistemas tropicales y subtropicales, el rol de los formícidos es de vital importancia, por el número de especies que representan y también por las interacciones biológicas que establecen con otros organismos, tales como la depredación de diversos invertebrados, la dispersión y consumo de semillas, asociación mutualista con

otros insectos y plantas. Las interacciones ecológicas entre plantas y hormigas son resultado de procesos evolutivos, permitiéndoles establecer relaciones específicas de diversa índole como depredación, competencia y simbiosis. No siempre las interacciones que involucran hormigas son de tipo mutualista, también pueden ser oportunistas o casuales, sin embargo, cuando existe una relación mutualista hormigas-planta, estas la protegen contra herbívoros y plantas invasoras, brindan nutrientes esenciales, dispersan semillas y en ocasiones polinizan. Por su parte, las plantas ofrecen a las hormigas un sitio de anidación y una fuente de alimento (Del Val & Dirzo, 2004; Ríos, et al., 2004; Branstetter & Sáenz, 2012).

La presente investigación, constituye un reporte de las hormigas asociadas con dos especies de agaves mezcaleros *Agave cupreata* Trel y *Agave angustifolia* Haw., presentes en la zona norte del estado de Guerrero.

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1 Sitio de estudio. Este se realizó en plantaciones de agave mezcalero “La Minilla” (18°35′59″N, 099°18′14″W, a 962 msnm) con una superficie de dos hectáreas con *Agave angustifolia*, *A. cupreata*, de 2 a 7 años de edad (*A. cupreata* con más de 7 años de edad), “El Llano” (18°37′99″ N, 099°15′46″ W, a 1555 msnm) de 3.0 ha con sólo *A. angustifolia* de 1 a 4 años de edad, “El Horno” (18° 39′01″ N, 099°16′04″ W, a 1140) de 4.0 ha con *A. angustifolia* y *A. tequilana* de 1-4 años de edad, “El Amatito (18°34′26.69″N, 099°18′20.24″ W, a 914 msnm) de 0.25 ha con *A. angustifolia*, “El Tlazahuate (18°39′12.75″N, 099°16′17.37″W, a 1, 160 msnm) de 1.0 ha con *A. angustifolia* y “Rancho Frio” (18°23′12.4″N, 099°09′58″W, a 1,120 msnm) de 0.5 ha con *A. angustifolia*; plantaciones ubicadas en la comunidad de Quetzalapa, municipio de Huitzuco de los Figueroa, región norte de Guerrero.

5.2.2. Primera revisión sobre hormigas. La revisión de plantas para la recolecta de hormigas se realizó cada 15 días por el periodo de septiembre-diciembre de 2018, se revisó el follaje de 15 plantas seleccionadas al azar por

predio. Para recolectar a las hormigas, se hizo de manera directa con la ayuda de un pincel del No. 0, de cerdas de pelo de camello, para ello se realizó una inspección ocular alrededor de cada planta, los especímenes fueron colocados en frascos etiquetados, con alcohol al 70 % para su conservación y transporte.

5.2.3. Segunda revisión sobre hormigas. La segunda revisión de plantas se hizo en los meses de febrero a marzo de 2019, se procedió con la misma metodología anteriormente mencionada.

5.2.4. Datos de etiqueta. Los datos que se registraron fueron: la hora de la recolecta en campo, especie de agave del cual fueron recolectada las hormigas, algún tipo de daño hacia el follaje y asociación con otros insectos plagas del agave.

Los especímenes se montaron en triángulos en alfileres, para después usar claves especializadas de Mackay y Mackay (1989), Mackay (2003), Fernández (2003a), Fernández (2003b), Ward (2003) y AntWeb (2019) y con la ayuda de especialistas en este tema, se identificaron las especies. Este material se depositó en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, México.

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este estudio se determinó un total de 11 especies de hormigas, distribuidas en cuatro subfamilias y siete géneros, siendo La Minilla y El Llano, los predios en donde se encontró la mayor diversidad de formícidos (Cuadro 6). Al comparar con lo reportado por Vázquez (2015), en esta investigación se presenta un nuevo registro para el estado de Guerrero, con las especies *Brachymyrmex heeri* Forel, 1874., *Camponotus rectangularis rubroniger* Forel, 1899., *Cardiocondyla emeryi* Forel, 1881, *Paratrechina longicornis* Latreille, 1802, *Pseudomyrmex gracilis* Fabricius, 1804, *Camponotus atriceps* Smith, 1858, *Camponotus rectangularis* Emery, 1890 y *Camponotus lespesii melancholicus* Emery, 1894.

Para conocer y tener una mayor comprensión sobre el comportamiento y caracteres taxonómicos, se describen los rasgos más importantes de las subfamilias y géneros a los que pertenecen las especies plasmadas en el cuadro 6.

Cuadro 6. Especies de hormigas asociadas a los agaves mezcaleros y sitio de recolecta en Huitzuc de los Figueroa, Guerrero.

Especies de hormigas				Tipo de agave				Predios			
				<i>A.cupreata</i>	<i>A.angustifolia</i>	El Amatito	La Minilla	El Llano	El Horno	Tlalzahuate	El Rancho frio
Subfamilia Formicinae											
<i>Paratrechina longinornis</i>	Latreille, 1802	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus rectangularis</i>	Emery, 1890	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus rubrithorax</i>	Forel, 1899		X		X	X	X				X
<i>Camponotus atriceps</i>	Smith, 1858	X	X		X	X					
<i>Camponotus lespesii</i>	Emery, 1894		X			X					
<i>Brachymyrmex heeri</i>	Forel, 1874	X			X						
Subfamilia Dolichoderinae											
<i>Dorymyrmex bicolor</i>	Wheeler 1906		X		X	X					
Subfamilia Pseudomyrmecinae											
<i>Pseudomyrmex major</i>	Forel, 1899	X	X	X	X					X	
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	Fabricius, 1804	X	X		X	X					
Subfamilia Myrmicinae											
<i>Solenopsis geminata</i>	Fabricius, 1804	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	Forel, 1881	X			X						

Subfamilia Formicinae

Los miembros de esta subfamilia presentan mandíbulas de triangulares a semitriangulares, normalmente con cuatro a seis dientes; clípeo amplio; alveolos antenales inclinados; antenas de 8 a 12 segmentos, raramente con maza antenal, carenas frontales simples, ojos situados en la mitad de la cabeza. Pecíolo normalmente visible en vistas lateral y dorsal de un segmento y con fusión tergosternal. Gáster sin fusión tergosternal. Pigidio simple. Acidoporo presente. Aguijón no funcional. Las obreras de Formicinae pueden reconocerse por su pecíolo de un segmento y presencia de acidoporo. En campo se les puede encontrar en árboles, también como habitantes del suelo, hojarasca o subterráneas, algunos presentan asociaciones con plantas o bien con hemípteros de la superfamilia cocoidea (Fernández, 2003a). Es la segunda subfamilia más diversa con 192 especies que representan el 20% de las especies de Formicidae en México (Vásquez, 2015).

Género *Paratrechina* Motschoulsky 1863

Paratrechina es un género monotípico definido por la especie *Paratrechina longicornis*, está compuesto por hormigas pequeñas con distribución cosmopolita, generalmente asociadas al suelo de sitios naturales y con disturbios. De los demás formícidos se les puede separar por los pelos gruesos y erectos en la cabeza y promesonoto, así como por la típica dentición. Sin embargo, taxonómicamente se considera problemático, con al menos 15 especies descritas para el nuevo mundo y sólo se han revisado las especies asociadas a la región Neártica (Fernández, 2003a, Del Toro, et al., 2009, Rodríguez et al., 2010, Branstetter y Sáenz, 2012, AntWeb, 2019). *Paratrechina longicornis*, goza de una amplia distribución en el país, reportada para Baja California, Baja California Sur, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Quintana Roo, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, y Yucatán (Vásquez, 2015), en la zona de estudio se recolectó sobre *A. cupreata* y *A. angustifolia*.

Género *Camponotus* Mayr 1861

Muchas especies que integran este género están en todo el mundo y presentan un tamaño y color variable. El margen posterior del clípeo está alejado de los alveólos antenales por una distancia igual o mayor al diámetro de estos alveólos. No hay abertura de la glándula metapleurale. Estos dos rasgos separan este género de los demás formicinos. Son polimórficas, durante el forrajeo no reclutan grandes cantidades de individuos y son de manera general omnívoras, con cierta preferencia por los carbohidratos, existen especies de hábitos diurnos y nocturnos. En su mayoría son arbóreas, hacen sus nidos en el suelo, cavidades de plantas vivas o muertas ya sea en la base o las copas de estas, con colonias de tamaño variable. En algunas regiones son consideradas plagas domésticas, se les encuentra desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m. Este género cuenta con alrededor de 1,494 especies, subespecies y variedades descritas, dificultando la taxonomía a nivel de especies, en parte a la amplia diversidad y alta variabilidad de sus individuos (Fernández, 2003a, Del Toro, et al., 2009, Rodríguez et al., 2010, Branstetter y Sáenz, 2012, AntWeb, 2019).

En las plantaciones de agave se recolectaron cuatro especies, que de acuerdo a Vásquez (2015) tres están registradas en México en diversos estados: *C. rectangularis rubroniger*, para Hidalgo; *C. rubrithorax*, Guerrero, San Luis Potosí, Morelos, Puebla, Querétaro y Veracruz; *C. atriceps*, para Campeche, Distrito Federal, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán y *C. lespei* subsp. *melancholicus*, se ha reportado en Veracruz. En la zona de estudio *C. rectangularis rubroniger* y *C. atriceps* se encontraron asociadas a las dos especies de agaves mezcaleros y en la mayor parte de los predios, por su parte *C. rubrithorax* solo sobre *A. angustifolia* establecido en El Llano, La Minilla, El Horno y El Rancho Frio y *C. lespei* subsp. *Melancholicus*, solamente en el predio del Llano y en *A. angustifolia*, todas las especies de este género se pudieron recolectar durante todo el periodo.

Género *Brachymyrmex* Mayr, 1868

Las especies de este género son de cuerpo blando y de tamaño pequeño de 1.20 a 3.45 mm, comprende hormigas forrajeras generalistas y se caracterizan porque las antenas están formadas por nueve artejos sin una maza antenal bien definida. Se conocen unas 35 especies (sin contar subespecies y variedades) distribuidas en América Central, América del Sur, el Caribe, unos pocos lugares de Europa y en las Islas Galápagos (Fernández, 2003a; Quirán 2007, Branstetter y Sáenz, 2012, y AntWeb, 2019). Este género está restringido al Nuevo Mundo y alcanza su mayor abundancia en el Neotrópico, se conoce muy poco acerca de su biología y la clave taxonómica que existe para identificar a especie es la de Santschi (1923) y Mackay (2003). En la zona de estudio se recolectó a la especie *B. heeri*, que de acuerdo a Vásquez (2015), está registrada en México para los estados de Chiapas, Puebla, Querétaro, Tabasco Veracruz y cuyos ejemplares se encontraron solamente sobre *A. cupreata* en el predio de La Minilla durante todo el periodo (Cuadro 6).

Subfamilia Dolichoderinae

Los miembros de esta subfamilia presentan receptáculos antenales adyacentes al margen posterior del clípeo y el ápice del abdomen tiene un orificio en forma de hendidura en sustitución de un acidopore, el clípeo es ancho, presentan ojos bien desarrollados, las inserciones antenales no están totalmente ocultas por las carinas frontales y la sutura promonotal está presente y es flexible. Se conocen 28 géneros válidos y 711 especies distribuidas en toda América, unos lugares de Asia, África, Europa y Oceanía. Las hormigas dolícoderinas a menudo se encuentran entre las especies dominantes en una comunidad de hormigas. Alrededor de una docena de especies se encuentran en California (Fernández, 2003c; Bolton, 2003; Antweb, 2019).

Género *Dorymyrmex* Wheeler 1906

Las especies de este género presentan escama peciolar bien definida, algunas veces están fuertemente inclinadas hacia adelante, el peciolo es visible

dorsalmente, no está oculto bajo el abdomen. El tercer segmento del palpo maxilar es alargado similar en longitud a los segmentos cuatro a seis combinados. Propodeo con protuberancias coniformes están más o menos verticalmente o menos frecuentemente con aurículas y el psamóforo está siempre presente con distinto grado de desarrollo. Existen 60 especies y 26 subespecies, varias aún no son descritas y se encuentran distribuidas estrictamente en Estados Unidos, habita en las regiones Neárticas y Neotropicales (Fernández 2003c; Cuezco & Guerrero 2011; Antweb, 2019). En la zona de estudio se encontró la especie *Dorymyrmex bicolor* en plantaciones de *A. angustifolia* en los predios La Minilla y El Llano, según Vásquez (2015) se encuentra registrado en México en los siguientes estados: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Querétaro, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz.

Subfamilia Pseudomyrmecinae

Las obreras de esta subfamilia comparten los siguientes caracteres morfológicos que permiten diferenciarlas de los demás formícidos. El margen posteromedial del clípeo es recto, ojos grandes y conspicuos, antenas de 12 segmentos (11 en dos especies). Lóbulos medios de los escleritos antenales visibles en vista frontal, pronoto y mesonoto no fusionados, cavidades metacoxales cerradas, pospecíolo y guijón bien desarrollado (Ward, 2003). Para el país se registran 46 especies (Ríos, 2014).

Genero *Pseudomyrmex* Lund, 1831

Las especies de este género se reconocen porque tienen ojos muy grandes, con escapos pequeños y con un postpecíolo, aguijón bien desarrollados, con antenas de 12 segmentos y no presentan surco en el metabasitarso. Son en su mayoría arbóreas y hacen sus nidos frecuentemente en las espinas de los arbustos, en cavidades de plantas vivas o muerta y son muy defensivas de su nido. Se conocen relaciones simbióticas con plantas del género *Acacia* (Fabaceae: Mimosoideae). Por lo general se encuentran en bosques tropicales, están restringidas al Nuevo Mundo, en donde se distribuyen desde el sur de Estados

Unidos hasta Argentina y Chile, se han descrito alrededor de 180 especies confinadas a la región Neotropical (Ward, 2003; Branstetter y Sáenz, 2012). En la zona de estudio, se registró a *P. gracilis* y *P. major*, que de acuerdo a Vásquez (2015) se encuentran en los estados de Chihuahua, Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Zacatecas, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. *Pseudomyrmex gracilis* se colectó en la Minilla y el Llano y *P. major* en El Amatito, La Minilla y El Tlalzahuate en los agaves mezcaleros, durante todo el periodo, teniendo cierta preferencia por *A. cupreata*.

Subfamilia Myrmicinae

El clípeo de las hormigas que conforman esta subfamilia se extiende medialmente entre las carenas frontales, presentan receptáculos antenales inclinados o casi verticales. Antenas de 4 a 12 segmentos, sin maza antenal o con maza de 1 a 4 segmentos, lóbulos frontales presentes en la mayoría de géneros, algunas veces muy desarrollados, raramente inconspicuos dejando expuestos los receptáculos antenales. Ojos normalmente presentes, reducidos o ausentes en algunos grupos, abertura de la glándula metapleurale no visible o ausente, si presente sin cubierta lamelada. Pecíolo y pospecíolo presentes; el pecíolo con fusión tergosternal. Primer segmento del gáster con pre-escleritos diferenciados que encajan dentro del extremo posterior del pospecíolo. Gáster sin fusión tergosternal. Pigídio simple. Aguijón presente y funcional ha reducido y no funcional (Fernández, 2003b). En México, es la subfamilia más diversa con 476 especies, lo que representa el 51.5% de las especies de Formicidae (Vásquez, 2015).

Género *Cardiocondyla* Emery, 1869

Está integrado por diminutas hormigas con las porciones laterales del clípeo aplanadas dorsoventralmente, notoriamente prominentes sobre las mandíbulas. Ojos grandes, situados hacia el margen anterior de la cabeza, propodeo con espina. Son de hábitos alimenticios omnívoros y monomórficos. Pueden construir

sus nidos en el suelo, debajo de piedras y en pequeñas cavidades de plantas. Algunas especies son típicas de sitios antropogenizados u otros naturalmente perturbados; en especial las especies exóticas prefieren las áreas urbanas, no son consideradas plagas, encontrarlas y colectarlas resulta difícil. Es un género ampliamente distribuido en todas partes del mundo y consta de 74 especies descritas (Fernández, 2003b, Branstetter y Sáenz, 2012, AntWeb, 2018). Mackay (1995) presenta claves para las especies del Nuevo Mundo. En la zona de estudio se registró a una especie *C. emeryi*, que de acuerdo a Vásquez (2015), se encuentra distribuida en los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. Esta especie se detectaron solamente sobre *A. cupreata* en el predio la Minilla, esta fue la especie de la cual se recolectaron muy pocos ejemplares durante el periodo de recolectas (Cuadro 6).

Género *Solenopsis* Westwood 1840

Este género comprende de manera general hormigas de pequeño tamaño monomórficas a dimórficas, son habitantes muy comunes del suelo y hojarasca en campos abiertos y perturbados. Presentan antenas de 10 artejos, con el escapo corto, sin exceder el borde occipital de la cabeza y el funículo con una maza antenal de dos artejos y propodeo sin dientes o espinas. El grupo más conspicuo de *Solenopsis* son las hormigas de fuego o bravas que en algunas regiones del mundo son consideradas importantes plagas urbanas. Para la región Neotropical se han descrito alrededor de 90 especies (Trager, 1991; Fernandez, 2003b; Branstetter & Sáenz, 2012). En la zona de estudio se recolectó a *S. geminata*, que de acuerdo a Vásquez (2015) se encuentra distribuida en los estados de Baja California, Campeche, Chiapas, Coahuila, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán. Esta especie se recolectó en todo los predios y agaves mezcaleros, se encontraron en colonias de numerosos individuos entre las hojas de las plantas y el suelo.

En general, en las especies de agave mezcalero como *A. angustifolia* y *A. cupreata* del estado de Guerrero, la microfauna presentan una alta riqueza de especies, a pesar de que las recolectas y observaciones fueron en áreas pequeñas en una suma comprendida de 11 ha y con un periodo de 12 meses. Además de que el muestreo fue dirigido al follaje y piñas que se encontraban dañadas y no al suelo, siendo este un ámbito de gran diversidad de hormigas y muy poco estudiado en México (Rojas, 2001, Velázquez-Bolaños & Quiroz-Rocha, 2013).

Existen pocos estudios en nuestro país que nos hablen sobre la formicofauna asociada con el cultivo de agave, dentro de estos se encuentra el trabajo de diversidad de especies realizado por González-Castillo et al., (2011), en la especie de *A. duranguensis* en el estado de Durango, en dicha investigación realizaron un muestreo en el follaje y suelo, dentro de su registro de artrópodos asociados con este cultivo, las hormigas obtuvieron la mayor abundancia con 12 especies (32.5%) de un total de 39. Donde la mayoría de estas especies son consideradas como forrajeras generalistas en las que se tuvo el 92 % de las especies. Estos resultados son muy similares a los aquí presentes, ya que se encontró que el 88 % de las especies pertenecen al grupo antes citado, excepto *C. rubritorax* y *C. atriceps*, que son especies que suelen alimentarse de néctar, el cual aumenta su capacidad depredadora en larvas, que es considerado como defensa biótica (Rico-Gray & Oliveira, 2007; Flores-Flores et al., 2018).

Las hormigas son el grupo de insectos más abundantes y son un componente de mucha importancia en los ecosistemas terrestres, juegan papeles importantes en el ecosistema corrigen alteraciones del medio físico y químico, al remover y oxigenar al suelo al momento de construir sus nidos; modifican la disposición de recursos para otros organismos a nivel local; contribuyen en la germinación de semillas; además algunas especies son consideradas depredadoras de varios invertebrados y pequeños vertebrados (Wilson, 1990; Velázquez-Bolaños et al., 2013). Las especies que fueron encontradas en este estudio están muy relacionada a las zonas áridas y semiáridas, en donde se han hecho estudios

faunísticos, tales como el de Bestelmeyer y Schooley (1999), en el desierto de Sonora (los Horcones); Rojas y Fragoso (2000), en el desierto de Chihuahua (Mapimi) y el de Ríos et al. (2004), en el valle de Tehuacán, Puebla.

Después de revisar el comportamiento y hábitos alimenticios de los especímenes capturados, se puede deducir que la mayoría no representan un peligro como plagas primarias para el cultivo del agave. Sin embargo, *S. germinata*, es la única que se encontró haciendo un daño directo al follaje de *A. cupreata* y *A. angustifolia*, posiblemente en el intento de conseguir agua y sustancias azucaradas y de forma indirecta se le encontró en asociación mutualista con colonias de piojos harinosos *Dysmicoccus* sp. y *Chorisococcus triunfoensis* (Hemíptera: Pseudococcidae), pero fue más notable la asociación de la especie *Paratrechina longinornis* a estos piojos harinosos. Está bien documentado que existe una relación mutualista entre estos dos grupos de insectos, en donde éstas brindan protección contra parasitoides y depredadores, a cambio de la recolección de mielecillas que son excretadas por los pseudocócidos (Delabie y Fernández, 2003; Villegas-García et al., 2009).

Aunado a esto, es común que aniden entre las hojas del agave y al ras de suelo, lo que resulta molesto para las personas por las picaduras dolorosas que puede ocasionar a la hora de realizar la jima. Por otro lado, sus colonias son benéficas en los predios, ya que colabora en la mortalidad de inmaduros y adultos del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), que es la principal plaga de este cultivo, al ocupar las piñas atacadas como zonas de forrajeo. Por su parte *C. rubrithorax* debido a sus altas poblaciones que habitan entre las hojas de la planta o bien debajo el resto de hojas y piña dejadas en campo después de la jima, se vuelve un problema de incomodidad a la hora de hacer labores culturales al cultivo.

Dentro de las especies que se reportan en este trabajo se realizó una dinámica poblacional de cuatro especies de hormigas (Figura 31). *S. geminata* que se encontraba afectado al follaje del agave en épocas secas y sus colonias aumentaron en verano (junio-septiembre), en cambio *Paratrechina longinornis*

sus poblaciones aumentaron en otoño (septiembre- diciembre), cuando se encontraba mayor presencia de los piojos harinosos. De acuerdo al ciclo de vida de estas especies, se conoce que las colonias aumentan generalmente en las temporadas de lluvia, después de la eclosión de los reproductores (machos y reinas) (Hölldobler y Wilson, 1990).

También se presenta la dinámica de *Pseudomyrmex major*, detectada en el follaje del *A. cupreata*, con mayor frecuencia en primavera (abril- junio). *Dorymyrmex bicolor* se le encontró una relación de forma indirecta con la escama del agave *Acutaspis agavis*, en las especies de *A. tequilana* y *A. angustifolia*. Cuezzco & Guerrero (2011), mencionan que algunas especies de *Dorymyrmex* pueden servir de agentes potenciales de control biológico de plagas anuales de cultivos y también que tienen una relación mutualista con varias especies de áfidos y otros insectos hemípteros.

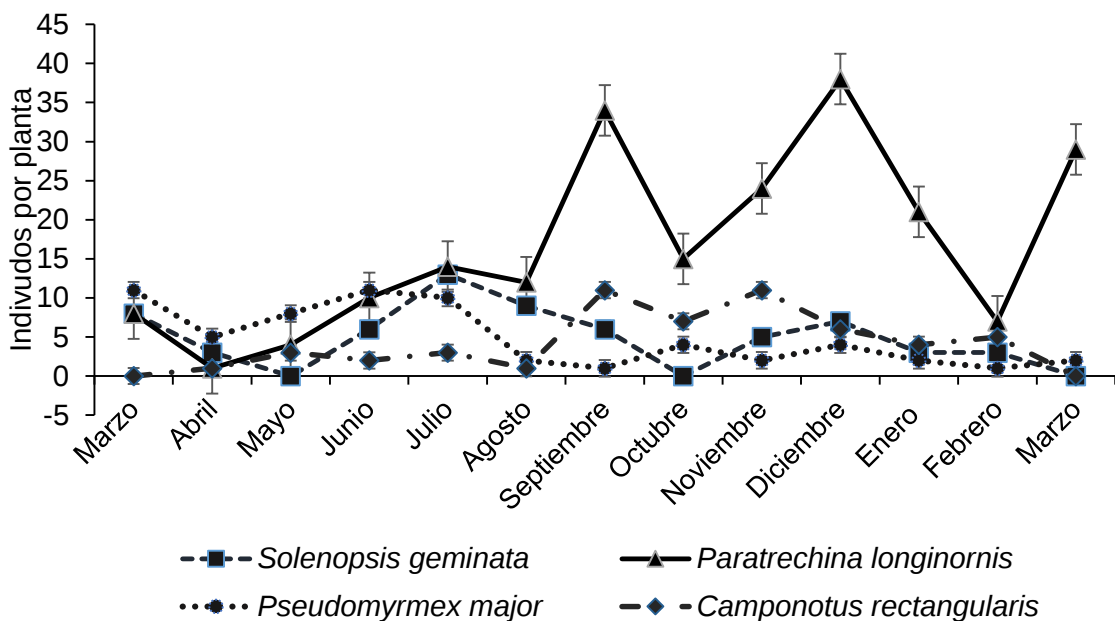


Figura 29. Fluctuación poblacional de hormigas asociados con el cultivo del agave en Quetzalapa, Huitzuc de los Figueroa, Guerrero de 2018-2019.

No todas las especies de hormigas juegan un papel como plagas en los agaves, en el centro del país, las larvas y huevos “escamoles” de la hormiga *Liometopun*

apiculatum y *Liometopum occidentale*, han sido consumidos como alimento desde la época prehispánica por grupos étnicos y consideradas como un platillo exótico (García, et al, 2010., Lara-Juárez et al., 2015).

Por lo anterior, el conocimiento de la mirmecofila y sus funciones dentro de un cultivo, es de vital importancia en el empleo de estrategias encaminadas a un manejo más amigable con el medio ambiente.

5.4 CONCLUSIONES

El conocimiento de la biodiversidad de especies de hormigas en los cultivos agrícolas nos permite conocer más sobre las interacciones con otras especies de insectos o plantas, en este caso el cultivo de agave mezcalero, este estudio nos permitió hacer nuevos registros de especie en el estado de Guerrero. También se encontró una asociación de *Paratrechina longinornis* con colonias de piojos harinosos en plantaciones de *A. angustifolia* y a *Dorymyrmex bicolor* se le encontró una relación de forma indirecta con la escama del agave *A. agavis* en plantas de *A. tequilana*.

En épocas de sequía o cuando no hay alimento cerca de las poblaciones de *S. germinata*, se ha observado que esta especie se alimenta de plantas de agave mezcalero y también se ha encontrado alimentándose de larvas del picudo del agave. Ante a esto se sugieren hacer más estudios profundos sobre el comportamiento de estas especies de hormigas en el cultivo de agave.

REFERENCIAS CITADAS

Aguirre. X & Ruiz. R. (2005). Magueyes Mezcaleros. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. Tríptico, 2 p.
En: <http://mezcalestradicionales.mx>.

AntWeb. 2019. Disponible en <http://www.antweb.org>.

Bestelmeyer, B.T & Schooley, R. L. (1999). The ants of the southern Sonoran

desert: community structure and the role of trees. *Biodiversity. Conserv.* 8: 643-657.

Bolton, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 71. The American Entomological Institute, Gainesville, Florida.

Branstetter G. M & Sáenz. L. (2012). Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Centroamérica Vol 2.* 50 p.

Branstetter G. M & Sáenz. L. (2012). Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Centroamérica Vol 2.* 50 p.

Cuezzo F. & Guerrero R. J. (2011). The Ant Genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Journal of Entomology*. 2012: 1-24.

Del Toro, Vázquez I. M., Mackay, W. P., Rojas. P & Zapata, M. R. (2009). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Tabasco: explorando la diversidad de la mirmecofauna en las selvas tropicales de baja altitud. *Dugesiana* 16 (1): 1-14

Del Val. E & Dirzo. R. (2004). Mirmecofilia: las plantas con ejército propio. *INERCIENCIA*. 29 (12): 663-669, 2004.

Delabie J. H. C y Fernández F. (2003). Relaciones entre hormigas y «Homópteros» (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha) In: Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. pp: 181-192.

Fernández, F. (2003a). Subfamilia Myrmicinae. (pp. 307-330). In: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de

Investigación de Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Fernández, F. (2003b). Subfamilia Formicinae. (pp. 299-306). In: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Fernández, F. (2003c). Subfamilia Dolichoderinae. (pp. 239-240). In: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Flores-Flores R. V., Aguirre A., Anjos V. D., Neves S. F., Campos I. R. & Dáttilo W. (2018). Food source quality and ant dominance hierarchy influence the outcomes of ant-plant interactions in an arid environment. *Acta Oecologica*. 87 (2018). 13-19.

García, H. E.J., Méndez, G. S. de J & Talavera, M. D. (2010). El género Agave spp. En México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal. Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN). No. 5. pp. 109-129. Aguirre y Ruiz (2005)

García, M. A.J. (2007). Los agaves de México. CIENCIAS, Julio-Septiembre, No. 87. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F, México. pp. 14-23. En: <http://redalyc.uaemex.mx>.

González, C. M. P., Quintos, E. M & Castaño, M. G. (2011). Arthropods in Natural Communities in Mescal Agave (*Agave durangensis* Gentry) in an Arid Zone. *American Journal of Applied Sciences* 8 (10): 933-944, 2011.

Hölldobler, B. & Wilson E. O. (1990). The Ants. Harvard University Press, Cambridge, MA. USA.

Lara Juárez, P., Aguirre Rivera, J. R., Castillo Lara, P. & Reyes Agüero, J. A.

- (2015). Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 31(2): 251-264.
- MacKay, W. P & E. E. MacKay. (1989). Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae. II Simposio Nacional de Insectos Sociales [México]. pp: 1-82.
- Mackay, W. P. & Mackay E. E. (2003). Claves para géneros de hormigas de México y América Central. University of Texas at El Paso.
- Mackay, W.P. (1995). New distributional records for the ant genus *Cardiocondyla* in the New World (Hymenoptera: Formicidae). *Pan-Pacific Entomologist*. 71:169-172. Trager, 1991
- Quirán, E. M. (2007). El género neotropical *Brachymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) en la Argentina. III: Redescrípción de las especies: *B. aphidicola* Forel, de *B. australis* Forel y *B. constrictus* Santschi. *Neotropical Entomology*. 36(5):699-706.
- Rico-Gray, V. & Oliveira, P. S. (2007). Ecology and Evolution of Ant-plant Interactions. University of Chicago Press, Chicago.
- Ríos, C. L. (2014). Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S392-S398, 2014. DOI: 10.7550/rmb.32519.
- Ríos, C. L., Valiente, B. A & Rico, G. V. (2004). Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n .s.), 20(1): 37-54.
- Rodríguez, F. N., Carrillo, R. H, Rivas, A. P., Quiroz, R. L. N & Andrés, H. A. R. (2010). Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) del Jardín Botánico Ignacio Rodríguez de Alconedo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. *Dugesiana* 17(2): 113-124.

- Rojas, F. P. (2001). Las hormigas del suelo en México: Diversidad, Distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. (n. s.), Número especial (1): 189-238.
- Rojas. P & Fragoso. C. (2000). Composition, diversity, and distribution of Chihuahua Desert ant community (Mapimí, México). *J. Arid Environ.* 44:213-227.
- Santschi, F. (1923). Revue des fourmis du genre "Brachymyrmex" Mayr. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires*, (31):650-678.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do Consultado 20/11/2019
- Vásquez, B. M. (2015). Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*. 10(1): 53.
- Vásquez-Bolaños M., Castaño-Meneses G., Cisneros-Caballero A., Quiroz-Rocha G. A., Navarrete-Heredia J. L. (2013). Formicidae de México. *Cuerpo Académico de Zoología*. México.
- Velázquez-Bolaños M. & Quiroz-Rocha G. A. (2013). Introducción. En: Vásquez-Bolaños M., Castaño-Meneses G., Cisneros-Caballero A., Quiroz-Rocha G. A., Navarrete-Heredia J.L. (2013). Formicidae de México. *Cuerpo Académico de Zoología*. México.
- Villegas-García, C., Zabala-Echavarría G. A., Ramos-Portilla A. & Benavides-Machado P. (2009). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces de café en Quindío. *Cenicafé*. 60 (4): 354-365.
- Ward, P. S. (2003). Subfamilia Pseudomyrmecinae. In: Fernández F. (ed.). 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. pp: 331-333.