UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

Manejo del picudo del agave mediante trampeo con feromona y sinergistas en magueyes mezcaleros en Guerrero

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local

Presenta:

Daniel Cuevas López

Dirigida por:

Director: Dr. Elías Hernández Castro

Co-Director: Dr. Pedro Figueroa Castro

Iguala de la Independencia, Guerrero. enero de 2022

La presente tesis titulada "**Manejo del picudo del agave mediante trampeo con feromona y sinergistas en magueyes mezcaleros en Guerrero**", realizada por el alumno **Daniel Cuevas López**, forma parte del proyecto sectorial 263188 SEMARNAT-CONACYT: "**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL MAGUEY SACATORO (*Agave angustifolia* Haw.) PARA SU APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN LA REGIÓN COMPRENDIDA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CHILAPA Y HUITZUCO, GRO. BALSAS**", bajo la dirección del Comité Tutoral indicado y ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

COMITÉ PARTICULAR

Director	Dr. Elías Hernández Castro
Codirector	Dr. Pedro Figueroa Castro
Tutor	Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco
Tutor	Dr. Héctor González Hernández
Tutor	Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS…… vi
ÍNDICE DE CUADROS……..... viii
DEDICATORIA……..... ix
AGRADECIMIENTOS…….. x
RESUMEN GENERAL…….. xi
GENERAL ABSTRACT…… xii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL……... 1
1.1. OBJETIVOS…… 3
1.1.1 Objetivo general……... 3
1.1.2 Objetivos particulares...…….. 3
1.2. REFERENCIAS CITADAS…..…….. 4
CAPÍTULO II. DINÁMICA POBLACIONAL DE *Scyphophorus acupunctatus* GYLLENHAL EN *Agave angustifolia* Y *Agave cupreata* EN DOS REGIONES DEL ESTADO DEGUERRERO……... 8
2.1 RESUMEN…… 8
2.2 ABSTRACT…….. 9
2.3 INTRODUCCIÓN…… 10
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS…… 12
2.4.1 Localización del sitio experimental…….. 12
2.4.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas……... 12
2.4.2.1 Descripción de trampas…….. 12
2.4.2.2 Cebo alimenticio…….. 12
2.4.2.3 Feromona…… 13
2.4.2.4 Agente de retención……... 13
2.4.3 Distribución de las trampas…….. 13
2.4.4 Revisión de trampas……... 13
2.4.5 Colecta, conteo y determinación sexual de picudos capturados en trampas. 13
2.4.6 Evaluación de picudo en plantas…….. 13
2.4.7 Diseño y unidad experimental……... 14
2.4.8 Variables de respuesta……..... 14

2.4.9 Análisis estadístico…… 15
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 15
2.5.1 Dinámica poblacional de picudos en el predio “El Llano”……... 15
2.5.2 Dinámica poblacional de picudos en el predio “Santa Cruz”…….. 16
2.5.3 Relación de capturas del picudo del agave en trampas con elementos climáticos…….. 19
2.5.4 Grados brix, temperatura y porcentaje de daños del picudo en plantas de *Agave angustifolia*……... 24
2.5.5 Grados brix, temperatura y porcentaje de daños del picudo en plantas de *Agave cupreata*…… 27
2.6 CONCLUSIONES……... 30
2.7 REFERENCIAS CITADAS…… 31
CAPÍTULO III. SINERGISTAS PARA CAPTURAR AL PICUDO DEL AGAVE EN TRAMPAS CON FEROMONA EN *Agave angustifolia* Haw…… 35
3.1 RESUMEN…… 35
3.2 ABSTRACT…….. 36
3.3 INTRODUCCIÓN…… 37
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS…… 38
3.4.1 Localización del sitio experimental…….. 38
3.4.2 Descripción de la trampa…….. 38
3.4.3 Experimento 1…… 38
3.4.3.1 Descripción del experimento…… 39
3.4.4 Experimento 2…… 39
3.4.4.1 Descripción del experimento…… 39
3.4.5 Colecta, conteo y determinación sexual de picudos capturados en trampas. 40
3.4.6 Colecta, conteo e identificación de insectos no blanco capturados en trampas…….. 40
3.4.7 Diseño y unidad experimental…….. 40
3.4.8 Variables de respuesta…… 40
3.4.9 Análisis estadístico…… 40
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 41
3.6 CONCLUSIONES……... 46
3.7 REFERENCIAS CITADAS…… 47

CAPITULO IV. CONOCIMIENTO TRADICIONAL CAMPESINO SOBRE LOS ORGANISMOS ASOCIADOS CON EL MAGUEY Y MEZCAL EN CUATRO LOCALIDADES DEL ESTADO DE GUERRERO…… 50
4.1 RESUMEN…… 50
4.2 ABSTRACT…….. 51
4.3 INTRODUCCIÓN…… 52
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS…… 53
4.4.1 Área de estudio…… 53
4.4.2 Entrevista semiestructurada……... 54
4.4.3 Análisis estadístico de la información…… 54
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 55
4.5.1 Importancia local del maguey y mezcal……... 55
4.5.2 Insectos y otros organismos perjudiciales directos asociados a la producción de maguey mezcalero…… 56
4.5.3 Insectos y otros organismos benéficos directos asociados a la producción de maguey mezcalero…… 62
4.5.4 Plantas competidoras (arvenses)…….. 63
4.5.5 Plantas aprovechables…… 68
4.6 CONCLUSIONES……... 71
4.7. LITERATURA CITADA…… 73
V. ANEXOS…… 80
A1. Formato de guion de entrevista semiestructurada…… 80
A2. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de dinámica poblacional del picudo del agave…… 82
A3. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de la evaluación de sinergistas en maguey espadín…… 83
A4. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de conocimiento tradicional campesino de productores en cuatro localidades en Guerrero…… 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Promedio de picudos capturados en trampas (±EE) y porcentaje de hembras y machos en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020……... 16

Figura 2.2. Promedio de picudos capturados en trampas(±EE) y porcentaje de hembras y machos en Santa Cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020…… 17

Figura 2.3. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y humedad relativa, durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020…… 20

Figura 2.4. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y temperatura durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020…… 20

Figura 2.5. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y precipitación pluvial durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020…… 22

Figura 2.6. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y temperatura durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020… 23

Figura 2.7. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y humedad relativa, durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020……. 23

Figura 2.8. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y precipitación pluvial durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020……... 24

Figura 2.9. Promedio ± EE de grados brix en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020……... 25

Figura 2.10. Promedio ± EE de temperatura en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020……... 25

Figura 2.11. Porcentajes de daños superficiales de picudos adultos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020…….. 26

Figura 2.12. Porcentajes de presencia de picudos adultos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020……. 26

Figura 2.13. Promedio ± EE de grados brix en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave cupreata* en el predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020……... 27

Figura 2.14. Promedio ± EE de temperatura en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave cupreata* en el predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020……... 28

Figura 2.15. Porcentaje de daños superficiales de picudos adultos en plantas de *Agave cupreata* en el predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020……. 28

Figura 2.16. Porcentaje de presencia de picudos adultos en plantas de *Agave cupreata* en el predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020…… 29

Figura 3.1. Media ± EE de picudos capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas vegetales en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw., en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero…… 41

Figura 3.2. Media ± EE de insectos no blanco capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas vegetales en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero…….. 42

Figura 3.3. Media ± EE de picudos capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero…… 43

Figura 3.4. Media ± EE de insectos no blanco capturados en trampas cebadas con feromonas y con diferentes sinergistas en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero…… 45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Tratamientos del experimento 1…….. 39
Cuadro 3.2. Tratamientos del experimento 2…….. 39
Cuadro 3.3. Porcentaje de hembras y machos capturados en trampas con feromona con diferentes sinergistas……..... 46
Cuadro 4.1 Localización geográfica de las localidades en estudio en Guerrero….. 53
Cuadro 4.2. Insectos y otros organismos mencionados como perjudiciales para el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas.……... 58
Cuadro 4.3. Factores asociados con la presencia de insectos y otros organismos perjudiciales para el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas.……..... 60
Cuadro 4.4. Métodos de control de insectos y enfermedades del maguey mezcalero, mencionados por los productores de las cuatro localidades estudiadas……. 62
Cuadro 4.5. Insectos y otros organismos mencionados como benéficos (polinizadores) en el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas…….. 63
Cuadro 4.6. Especies de plantas competidoras (arvenses) con el maguey mezcalero…….. 66
Cuadro 4.7. Métodos de control de plantas arvenses del maguey mezcalero, mencionados por los productores de las cuatro localidades estudiadas…… 68
Cuadro 4.8. Especies de plantas con aprovechamiento asociadas con el maguey mezcalero…….. 70

DEDICATORIA

A mis padres Anacleto y María Teresa, por su comprensión y ayuda incondicional. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

A mis hermanas Lucina y Laura que siempre han estado a mi lado a pesar de las distancias, y que todos los problemas que hemos vivido, hemos salido adelante por estar siempre juntos. Sin duda las admiro.

A mi hijo, posiblemente en estos momentos no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres la razón de que me levante cada día, esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación.

Y por último a ti Yaqui, por demostrarme que la vida es linda, pero no viene con un manual de instrucciones, se debe luchar y dar el máximo cada día, sin duda eres una gran compañera de vida y gracias porque me has estado apoyando hasta el último minuto en este trabajo, como siempre lo has hecho en todo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante el proceso de realización de mis estudios de Maestría.

Así mismo, agradezco a la institución que me permitió realizar mis estudios de posgrado: La Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local (MCAYGL) UAGro.

A los maestros que fueron parte de mi formación y que compartieron sus experiencias, conocimientos y dedicaron su tiempo durante el proceso de esta investigación.

Mi sincero reconocimiento al Dr. Elías Hernández Castro, por su amistad, consejos, y el apoyo académico durante estos dos años de estudio.

Al Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco, por compartir sus experiencias y conocimientos durante mi estancia en este posgrado.

A la Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales, gracias por su apoyo en este proceso y por su amistad.

Al Dr. Héctor González Hernández, por su disponibilidad y apoyo para realizar y revisar el presente trabajo.

Y al Dr. Pedro Figueroa Castro, por el apoyo en campo, por asesorarme durante la realización de este trabajo de investigación, y por su más cordial amistad.

A mis amigos: Francisco De los Santos Álvarez, Emilia Fernanda Flores Bernal, Guadalupe García Solano y Brenda Johana Ocampo Valente, gracias por su amistad y por compartir momentos agradables durante nuestra formación.

A mis compañer@s, de la sexta generación de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local.

Gracias a Dios por permitirme realizar esta meta y seguir adelante.

RESUMEN GENERAL

MANEJO DEL PICUDO DEL AGAVE MEDIANTE TRAMPEO CON FEROMONA Y SINERGISTAS EN MAGUEYES MEZCALEROS EN GUERRERO

En el estado de Guerrero, el cultivo de agave es una actividad económica esencial para la producción de mezcal. Sin embargo, su producción es afectada por una gama de problemas bióticos y abióticos, entre los bióticos se encuentran las plagas insectiles. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo conocer la dinámica poblacional del picudo del agave en dos especies de maguey mezcalero y la evaluación de sinergistas para potencializar a la feromona de agregación sintética. En las plantaciones evaluadas de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en Guerrero, se detectó la presencia de adultos de *S. acupunctatus*, durante todo el año, con picos de capturas en trampas en septiembre y octubre 2019 en Santa Cruz y Quetzalapa, Guerrero, respectivamente. En Quetzalapa, Guerrero, se observó una relación en el aumento de la precipitación pluvial y humedad relativa con incrementos en el número de insectos capturados por trampa. En las plantaciones evaluadas se encontró un efecto positivo del uso del trampeo con feromona de agregación sintética ya que durante el experimento se redujo el porcentaje de daño por picudo en plantas. Los sinergistas evaluados no tuvieron efecto significativo en las capturas del picudo del agave en trampas, aunque si se detectaron diferencias numéricas, sin embargo, se sugiere que, en plantaciones con infestaciones iniciales o bajas del picudo del agave, no se requiere adicionar sinergistas, mientras que, a densidades altas de picudos, es recomendable utilizar algún sinergista vegetal o sintético para aumentar la actividad de la feromona sintética. Adicionalmente, se determinó que hubo mayores capturas de hembras que de machos, lo cual puede impactar en las densidades poblacionales subsecuentes de la plaga. De acuerdo al análisis cualitativo al explorar el conocimiento tradicional de los productores magueyeros se encontró que, en las cuatro localidades en estudio, la importancia de los magueyes evaluados principalmente se enfoca en la producción de mezcal. Los productores de las comunidades de estudio identifican claramente a los insectos perjudiciales, enfermedades, insectos benéficos, plantas competidoras y plantas aprovechables que se encuentran asociados en la producción del maguey mezcalero.

Palabras claves: Dinámica poblacional, sinergistas, conocimiento tradicional.

GENERAL ABSTRACT

MANAGEMENT OF AGAVE WEEVIL BY TRAPPING WITH PHEROMONE AND SYNERGISTS IN MAGUEYES MEZCALEROS IN GUERRERO

In the state of Guerrero, agave cultivation is an essential economic activity for the production of mezcal. However, its production is affected by a range of biotic and abiotic problems, including insect pests. Therefore, this research aims to know the population dynamics of the agave weevil in two species of mezcal maguey and the evaluation of synergists to potentiate the synthetic aggregation pheromone. In the evaluated plantations of *Agave angustifolia* and *Agave cupreata* in Guerrero, the presence of adults of *S. acupunctatus* was detected throughout the year, with capture peaks in traps in September and October 2019 in Santa Cruz and Quetzalapa, Guerrero, respectively. In Quetzalapa, Guerrero, a relationship was observed between the increase in rainfall and relative humidity with increases in the number of insects captured per trap. In the evaluated plantations, a positive effect of the use of trapping with synthetic aggregation pheromone was found, since during the experiment the percentage of weevil damage in plants was reduced. The evaluated synergists had no significant effect on the captures of the agave weevil in traps, although numerical differences were detected, however, it is suggested that, in plantations with initial or low infestations of the agave weevil, it is not necessary to add synergists, while that, at high densities of weevils, it is advisable to use some plant or synthetic synergist to increase the activity of the synthetic pheromone. Additionally, it was determined that there were higher captures of females than males, which may impact subsequent population densities of the pest. According to the qualitative analysis when exploring the traditional knowledge of the agave producers, it was found that, in the four locations under study, the importance of the magueyes evaluated mainly focuses on the production of mezcal. The producers of the study communities clearly identify the insects pest, diseases, beneficial insects, competing plants and usable plants that are associated with the production of mezcal maguey.

Keywords: Population dynamics, synergists, traditional knowledge.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, existe una gran diversidad de especies silvestres y cultivadas del género *Agave*, las cuales son aprovechadas para diversos usos (García-Mendoza, 2007). Actualmente, a nivel nacional se tiene una producción de agave de 1,913,026 ton, en una superficie de 129,982 ha. Los principales estados productores son Jalisco, Guanajuato y Oaxaca, con 1,146,833; 273,586 y 183,514 ton, respectivamente, mientras que, en el estado de Guerrero se obtuvieron 40,849 ton (SIAP, 2020).

A esta superficie cultivada de agaves se le dan diversos usos de acuerdo a las especies de agave, a las denominaciones de origen y normas oficiales. Considerando su valor económico, los principales usos de los agaves son la elaboración de las bebidas Tequila, Mezcal y otros destilados (CRM, 2019; CRT, 2019).

Los magueyes mezcaleros espadín (*Agave angustifolia* Haw.) y papalote (*Agave cupreata* Trel. & Berger) destacan, por ser generadores 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 (Figueroa *et al*., 2017a; Espinosa *et al*., 2005).

Los agaves *A. angustifolia* y *A. cupreata*, al igual que otras especies de agaves, durante su etapa de crecimiento y desarrollo, son atacados por un gran número de plagas y enfermedades, las cuales se deben de controlar a tiempo para que los daños no sean severos en la planta y evitar pérdidas económicas. El picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), es la plaga insectil de mayor importancia económica, ya que es altamente destructiva barrenando la bola o piña del agave, materia prima para la elaboración de bebidas como el tequila, mezcal o pulque, tanto en su fase larvaria como adulto además, puede ser transmisor de fitopatógenos que atacan a estas plantas (Waring & Smith 1986; Aquino *et al*., 2007; González *et al*. 2007 y Aquino-Bolaños *et al*., 2011).

En la actualidad, los insecticidas constituyen el principal método de control de esta plaga, a pesar del impacto ambiental negativo, así como los efectos adversos para la salud humana, táctica que es poco eficiente, ya que el picudo (huevo, larva, pupa y adulto) es de hábitos crípticos, ya que se encuentran en el interior de la planta, por lo que se complica saber el momento apropiado para aplicar los insecticidas, debido a que los

muestreos visuales, son ineficientes para conocer el nivel de infestación en la plantación y los muestreos destructivos de las plantas resultan costosos e imprácticos (Pérez, 1980; Ramírez-Choza, 1993; Solís, 2001; Valdés-Rodríguez *et al*., 2004) .

Una de las herramientas útiles dentro del manejo integrado de plagas es el uso de las feromonas sintéticas de los insectos (Alpizar *et al*., 2002). Ante esto, se ha desarrollado un sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave *S. acupunctatus* mediante el uso de infoquimícos. Ruiz-Montiel *et al*. (2003) encontraron que los machos de *S. acupunctatus* producen y liberan una feromona de agregación que atrae a ambos sexos de esta especie. Ruiz-Montiel *et al*. (2008) identificaron los principales compuestos de la feromona, de los cuales, la cetona 2-metil-4-octanona, es el compuesto mayoritario. En pruebas de campo, Rodríguez-Rebollar *et al*. (2012), encontraron que para el trampeo de este picudo es posible con este uso de este compuesto mayoritario de la feromona de agregación. Por otro lado, Rangel (2007), realizó un estudio de compuestos volátiles del agave tequilero que son atractivos al picudo del agave, reporta que el material vegetal más atractivo para este insecto fue la base de penca con síntomas de daño por fitopatógenos; además, cita que los compuestos limoneno, linalol, 3-careno, β –pineno, α -pineno y α –terpineol, fueron los que atrajeron más al picudo y que estas kairomonas se consideran como buenos candidatos para integrarlos en un sistema de trampeo del picudo del agave. Figueroa *et al*. (2013), encontraron que las trampas con feromona de agregación sintética, más tejido de agave tequilero, impregnado con insecticida malatión, permiten monitorear y estimar la densidad poblacional de *S. acupunctatus* en plantaciones de agave tequilero en Jalisco. Cuevas *et al*. (2017), en plantaciones de agave espadín al evaluar agentes de retención, con insecticidas como el malation, cipermetrina y clorpirifos etil, además de agua jabonosa al 5%, agua con propilenglicol, agua con anticongelante y agua con aceite vegetal, para la captura del picudo del agave en trampas con feromona de agregación sintética más tejido de agave, encontró que el agua jabonosa al 5% obtuvo las mayores capturas. Figueroa-Castro *et al*. (2017a) y Cruz-Faustino *et al*. (2019), encontraron que el cebo alimenticio como trozos de plátano, piña o tejido de agave, sinergizan con la feromona sintética sobre la respuesta del picudo del agave y por ende, se logran mayores capturas. Figueroa *et al*. (2017b), realizaron un estudio preliminar de trampeo masivo con feromonas de agregación

sintética para esta plaga en maguey espadín en Morelos, donde observaron que esta estrategia redujo significativamente la densidad poblacional de este picudo. La investigación en *Agave cupreata* sobre fitosanidad es muy escasa. Macedonio Guevara (2015) realizó un estudio preliminar de monitoreo con trampas en una plantación en Mazatlán, Guerrero; mientras que, González-Hernández *et al*. (2015) reportan al picudo *Peltophorus polymitus* Boheman como plaga en *Agave cupreata* en Quetzalapa y Xochipala, Guerrero.

Debido a la importancia del picudo del agave *S. acupunctatus* en el estado de Guerrero y con la finalidad de seguir aportando información útil que proporcione mejoras al sistema de trampeo de esta plaga, en la presente investigación se plantearon los objetivos siguientes.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Conocer la dinámica poblacional del picudo del agave en dos especies de maguey mezcalero y evaluación de sinergistas para potencializar a la feromona de agregación sintética**.**

1.1.2 Objetivos particulares

- Determinar la dinámica poblacional de *S. acupunctatus* mediante trampeo con feromona en *A. angustifolia* y *A. cupreata,* en dos regiones del estado de Guerrero.

- Evaluar sinergistas para trampeo del picudo de agave en maguey mezcalero.

- Analizar el conocimiento tradicional de los productores de maguey, sobre los organismos asociados con la producción de maguey y mezcal.

1.2. REFERENCIAS CITADAS

Alpizar, D., M. Fallas, A.C. Oehlschlager, L.M. González, C.M. Chinchilla-López, and J. M. Bulgarelli-Mora. 2002. Pheromone mass trapping of the West Indian sugarcane weevil and the American palm weevil Coleoptera: Curculionidae in palmito palm. *Florida Entomologist*. 85: 426-430.

Aquino-Bolaños, T., Ruiz-Vega, J., Girón-Pablo, S., Pérez-Pacheco, R., Martínez-Tomas S.H., and Silva-Rivera, M.E. 2011. Interrelationships of the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal), *Erwinia carotovora* (Dye), entomopathogenic agents and agrochemicals. *African Journal of Biotechnology*. 68: 15402-15406.

Aquino, B.T., Iparraguirre, C.M.A., y Ruiz, V.J. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (=*interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola*. 7(1): 175-180.

Consejo Regulador del Mezcal (CRM). (2019). Denominación de Origen Mezcal. Recuperado de http://www.crm.org.mx/.

Consejo Regulador del Tequila (CRT). (2019). Denominación de Origen de Tequila. Recuperado de https://www.crt.org.mx/.7.

Cruz-Faustino, J.J., Figueroa-Castro, P., Alcántara-Jiménez, J.A., López-Martínez, V., Silva-García, F. 2019. Vegetal synergists for trapping the adult of *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, in pheromone baited traps, in *Agave angustifolia* Haw., in Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 35: 1-9.

Cuevas, L.D., Figueroa, C.P., López, M.V., Pérez, F.M., Díaz, V.G.E., Silva, G.F. y Luna, A.G. 2017. Sistemas de retención para el picudo del agave en trampas con feromona, en maguey espadín. 1er Congreso Nacional del Agave-Mezcal, 28 y 29 de septiembre de 2017. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Oaxaca. Oaxaca, México. 62 p.

Espinosa, P.H., Bravo, M.E., López, L.P. y Arredondo, V.C. 2005. El Agave mezcalero de Oaxaca: Avances de investigación. INIFAP. Libro Técnico No.3. México.180 p.

Figueroa-Castro, P., López-Martínez, V., Silva-García, F., González-Hernández, H.

2017a. Food attractants to increase pheromone-baited trap performance for *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) in mezcal maguey. *Florida Entomologist*. 100(1): 203-205.

Figueroa-Castro, P., Rojas, J.C., López-Martínez, V., González-Hernández, H., y Pérez-Figueroa, M. 2017b. ¿Funciona el trampeo masivo para la reducción de poblaciones de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal en maguey espadín? *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 4(2): 68-76.

Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar, J.F., González-Hernandez, H., Rubio-Cortés, R., Herrera Navarro, E.G., Castillo-Márquez, L.E. y Rojas, J.C. 2013. Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue *agave*. *Florida Entomologist*. 96: 1454-1462.

González-Hernández, H., Figueroa-Castro, P., Rubio-Cortes, R., Jones, R.W. y Valdez-Carrasco, J.M. 2015. Primer reporte de *Peltophorus polymitus* boheman (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies de agave (Asparagaceae) en México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 31(3): 473-476.

González Hernández H., Solís Aguilar J.F., Pacheco Sánchez C, Flores Mendoza F.J, Rubio Cortes R, Rojas J.C. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67 En: González Hernández H., del Real Laborde J.I., Solís Aguilar J.F. [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.

Macedonio Guevara, A. 2015. Abundancia estacional del picudo del agave en plantaciones de agave mezcalero en Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 51 p.

Pérez, S.P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw.) en la Mesa Central de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 61 p.

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. 127 p.

Rangel, R.D.N. 2007. Compuestos Volátiles del *Agave tequilana* Weber var. Azul, que son atractivos para el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 97 p.

Rodríguez-Rebollar, H., Rojas, J.C., González, H.H., Ortega, A.L.D., Equihua, M.A., Del Real, L.J.I., y Lopez, C.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.

Ruiz-Montiel, C., García-Coapio, G., Rojas, J.C., Malo, E.A., Cruz-López, L., Del Real, I., y González-Hernández, H. 2008. Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 127: 207-217.

Ruiz-Montiel, C., González-Hernández, H., Leyva, J., Llanderal-Cazarez, C., Cruz-López, L., and Rojas, J.C. 2003. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*. 96(4): 1126-1131.

SIAP. 2020. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Solís, A.J.F. 2001. El picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Jalisco, México. Tesis Doctoral. Instituto de Fitosanidad, Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 93 p.

Valdés-Rodríguez, S., Ramírez-Choza, J.L., Reyes-López, J., y Blanco-Labra A. 2004. Respuestas del insecto Max (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal [Coleoptera: Curculionidae]) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana*. 20: 157-166.

Waring, G.L., and Smith, R.L. 1986. Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in

cultivated and native agaves. *Annals of Entomological Society of America*. 79(2): 334-340.

CAPÍTULO II. DINÁMICA POBLACIONAL DE *Scyphophorus acupunctatus* GYLLENHAL EN *Agave angustifolia* Y *Agave cupreata* EN DOS REGIONES DEL ESTADO DE GUERRERO

2.1 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. Debido a la importancia del picudo del agave en magueyes mezcaleros en la región centro y norte del estado de Guerrero, la presente investigación buscó establecer un manejo integrado para esta plaga del agave. Por lo anterior, se estableció el objetivo de determinar la dinámica poblacional de *S. acupunctatus* mediante trampeo con feromona de agregación en *Agave angustifolia* y *Agave cupreata,* en dos regiones del estado de Guerrero. En esta investigación se usó un sistema de trampeo para el monitoreo de la población de este insecto, consistió en la combinación de trampas tipo cubeta, feromona de agregación sintética, cebo alimenticio y un agente de retención, se colocaron cinco trampas por cada plantación (Santa Cruz y El Llano) y fueron revisadas durante un año; En las plantaciones evaluadas de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en Guerrero, se detectó la presencia de adultos de *S. acupunctatus*, durante todo el año, con picos de capturas en trampas en septiembre y octubre 2019 en Santa Cruz y Quetzalapa, Guerrero, respectivamente. Solo en Quetzalapa, Guerrero, se observó una relación en el aumento de la precipitación pluvial y humedad relativa con incrementos en el número de insectos capturados por trampa. En las plantaciones evaluadas *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en Guerrero se encontró un efecto positivo del uso del trampeo con feromona de agregación sintética ya que durante el experimento se redujo el porcentaje de daño por picudo en plantas. De igual manera se encontró que el picudo del agave no tiene el potencial para inferir en el metabolismo de la planta en cuanto a grados brix y temperatura por lo que no afecta la calidad de la planta internamente, ya que los agaves evaluados, se utilizan solo para la producción de mezcal.

Palabras claves: Picudo del agave, Dinámica poblacional, Agave mezcalero.

2.2 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. Due to the importance of the agave weevil in mezcal magueyes in the central and northern region of the state of Guerrero, this research sought to establish an integrated management for this agave pest. Therefore, the objective was established to determine the population dynamics of *S. acupunctatus* by trapping with aggregation pheromone in *Agave angustifolia* and *Agave cupreata*, in two regions of the state of Guerrero. In this research, a trapping system was used to monitor the population of this insect, it consisted of a combination of bucket traps, synthetic aggregation pheromone, food bait and a retention agent, five traps were placed for each plantation (Santa Cruz and El Llano) and were reviewed for one year; In the evaluated plantations of *Agave angustifolia* and *Agave cupreata* in Guerrero, the presence of adults of *S. acupunctatus* was detected throughout the year, with capture peaks in traps in September and October 2019 in Santa Cruz and Quetzalapa, Guerrero, respectively. Only in Quetzalapa, Guerrero, a relationship was observed in the increase in rainfall and relative humidity with increases in the number of insects captured per trap. In the evaluated plantations *Agave angustifolia* and *Agave cupreata* in Guerrero, a positive effect of the use of trapping with synthetic aggregation pheromone was found, since during the experiment the percentage of damage caused by weevils in plants was reduced. Similarly, it was found that the agave weevil does not have the potential to infer the metabolism of the plant in terms of °Brix and temperature, so it does not affect the quality of the plant internally, since the agaves evaluated are used only for the production of mezcal.

Keywords: Agave weevil, Population dynamics, Agave mezcalero.

2.3 INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es uno de los grupos de plantas más importante para México y unos de los cultivos que identifican a México en el mundo. El agave es una planta de la familia Asparagaceae, de la cual, el género *Agave* contiene aproximadamente 310 especies en el continente americano, de éstas, 272 se encuentran en México, distribuidas en diversas regiones con diferentes climas, por lo que México se considera como su centro de origen de las especies de *Agave* (García-Mendoza, 2007; Colunga-García Marín *et al*., 2007). La plaga insectil de mayor importancia económica para el cultivo de los agaves, es el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) y que limita la producción de este cultivo (González *et al*. 2007, Aquino *et al.* 2010). En México, *S. acupunctatus* se ha reportado en todos los estados donde se cultiva *Agave* (Ramírez-Choza, 1993; Solís-Aguilar *et al*., 2001; Camino-Lavín *et al*., 2002; Barrios Ayala *et al*., 2006; Aquino *et al*., 2007), afectando a la cadena agave-mezcal (Cuervo-Parra *et al*., 2019). Los daños de esta plaga pueden ser devastadores para el cultivo. Aquino *et al*. (2007) reportan daños de un 13.35 % en piñas o bolas de *Agave tequilana* y un 10.26 % en *A. angustifolia*. Por otra parte, Solís-Aguilar *et al*. (2001) mencionan que este insecto llega a causar daños de un 24.5 % en bolas de agave tequilero que llegan a las fábricas de Jalisco 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. Para este sistema de monitoreo, la trampa se compone de una feromona de agregación sintética, cebo alimenticio (tejido de agave) y un agente de aniquilación directo (insecticida o agua jabonosa), colocando de 1 a 4 trampas/ ha (Rodríguez-Rebollar *et al*., 2012; Figueroa-Castro *et al*., 2013; Figueroa-Castro *et al*., 2016; Figueroa-Castro *et al*., 2017a; Cuevas *et al*., 2017).

La dinámica de la población de este insecto ha sido estudiada en los estados de Jalisco, Oaxaca y muy escasamente en Guerrero por algunos autores en diversas especies de agaves. Solís-Aguilar *et al*. (2001), determinaron que, para el municipio de Tequila, Jalisco, la mayor población del picudo del agave en plantaciones de agave tequilero se

observó en el mes de abril para ambos años 1999 y 2000, mientras que, en el municipio de Tepatitlán, Jalisco, la mayor población se presentó en el mes de julio de 1999 y abril de 2000 y en Zapotlanejo, Jalisco, la densidad poblacional más alta se presentó de noviembre a diciembre de 1999. Bravo *et al*. (2005), reportan en agave espadín en San Juan la Jarcia, Yautepec, Oaxaca, la mayor captura del picudo del agave se obtuvo en octubre de 2001 y julio de 2002; mientras que, para Santiago Matatlán, Oaxaca fue en noviembre de 2001 y 2002. Aquino *et al*. (2010), reportan en agave espadín en el municipio de Tlacolula de Matamoros, Oaxaca, la mayor cantidad de picudos en el mes de octubre de 2005 y junio 2006. Por otra parte, Figueroa-Castro *et al*. (2013), muestran para agave tequilero en el municipio de Ahualulco, Jalisco, la mayor cantidad de picudos capturados en trampas fue en mayo de 2009 y para el municipio de Amatitán, Jalisco, la mayor captura de picudos en trampas se registró en mayo y septiembre de 2009. Macedonio Guevara (2015), menciona que en tres plantaciones de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero y Mazatlán, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, obtuvo las mayores capturas de picudos en trampas en los meses de enero a marzo de 2014. Recientemente, Luna Alejandro (2020) reportó en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, en tres plantaciones de *A. angustifolia* capturas del picudo en trampas, con una mayor incidencia en abril y mayo de 2018. Bailón-Ortiz *et al*. (2020) realizaron un monitoreo durante tres años con trampas con feromona y atrayente alimenticio para esta misma plaga en *Agave angustifolia* Haw., en San Francisco Sola, Oaxaca y encontraron la mayor población del insecto en el mes de julio de 2016 a 2018.

Debido a la importancia del picudo del agave en magueyes mezcaleros en la región centro y norte del estado de Guerrero, la presente investigación buscó establecer un manejo integrado para esta plaga del agave. Por lo anterior, se estableció el objetivo de determinar la dinámica poblacional de *S. acupunctatus* mediante trampeo con feromona de agregación en *Agave angustifolia* y *Agave cupreata,* en dos regiones del estado de Guerrero.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Localización del sitio experimental

La investigación se realizó en plantaciones de agaves mezcaleros, una de ellas correspondió a la plantación “El Llano” con las coordenadas 18°37´99” latitud norte, 99°15´46” Longitud Oeste, a 1,110 msnm, la cual tiene plantas de maguey espadín (*Agave angustifolia*) de 2 a 4 años de edad, con una superficie de 4 ha, ubicada en la localidad de Quetzalapa, municipio de Huitzuco de los Figueroa, región norte de Guerrero. Quetzalapa, tiene una precipitación anual de 1,100 mm y temperatura media anual de 26.7 °C (GEG, 2020a).

La otra plantación “Santa Cruz” se encuentra en las coordenadas 17°45´08.33” latitud norte, 99°13´52.78” longitud oeste, a 1877 msnm, la cual tiene plantas de maguey papalote (*Agave cupreata*) de 10 años de edad, con una superficie de 4 ha, ubicada en el ejido Santa Cruz, municipio de Chilapa de Álvarez, región centro de Guerrero. Chilapa de Álvarez tiene una precipitación anual de 1,400 mm, su temperatura media anual es de 21 °C (GEG, 2020b).

2.4.2 Descripción, preparación y mantenimiento de trampas

2.4.2.1 Descripción de trampas.

Para el experimento se utilizaron trampas tipo cubeta con orificios circulares (modelo TOCCIA o agroecológica) que consistió en una cubeta de plástico de 4 L de capacidad, color blanco, con ocho orificios circulares (4 cm de diámetro) equidistante entre ellos, los orificios se hicieron en la parte superior de la cubeta (Figueroa-Castro *et al*., 2016).

2.4.2.2 Cebo alimenticio

El cebo consistió en 300 g de tejido fresco de agave que se obtuvo de la plantación en estudio (base de pencas de agave espadín), el cual que se cortó en trozos y se colocó en la base de la trampa. En todos los casos, el cebo alimenticio se cambió quincenalmente.

2.4.2.3 Feromona

La feromona de agregación sintética usada fue Tequilur®, de acuerdo a la ficha técnica de este producto, cada liberador contiene 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. Los liberadores de la feromona se cambiaron mensualmente.

2.4.2.4 Agente de retención

En cada trampa se usó como agente de retención de picudos adultos agua jabonosa (jabón líquido biodegradable) a una concentración del 5%, agregando 50 mL de jabón a 950 mL de agua (Cuevas *et al*., 2017).

2.4.3 Distribución de las trampas

En cada predio se colocaron cinco trampas en forma de cinco de oros, con una distancia entre trampas de al menos 50 m. Estas trampas se enterraron en el suelo junto a una planta de agave, con los orificios a una pulgada del suelo.

2.4.4 Revisión de trampas

En las dos plantaciones de estudio, las revisiones de las trampas se realizaron quincenalmente, haciendo la recolecta de picudos capturados en cada trampa, además de cambiar el cebo alimenticio y la colocación del agente de retención (agua jabonosa).

2.4.5 Colecta, conteo y determinación sexual de picudos capturados en trampas

Esta actividad se realizó quincenalmente, consistió en recoger los picudos capturados en trampas y se colocaron en bolsas de plástico, las cuales se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio Fitosanitario de Agriminilla, S.A.S. de C.V., ubicado en Quetzalapa Gro., para contarlos y hacer la separación de sexo con base en la morfología del último segmento abdominal del insecto (Ramírez-Choza, 1993).

2.4.6 Evaluación de picudo en plantas

Al inicio y final del experimento también se muestrearon visualmente 100 plantas en cada predio de agave, con nueve puntos de muestreos equidistantes y en cada uno se muestrearon 11 plantas, simulando un muestreo en “nueve de oros”. En cada punto se

registró la presencia/ausencia de picudo y síntomas de daño en plantas por picudo. Con esta información se calculó el porcentaje de presencia del picudo en plantas y el porcentaje de plantas con daños por picudo.

2.4.7 Diseño y unidad experimental

En las dos plantaciones se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental fue una trampa tipo cubeta (TOCCIA).

2.4.8 Variables de respuesta

Durante el estudio que tuvo una duración de 12 meses, los muestreos que se hicieron (en plantas y trampas) y la obtención de datos climáticos, se registraron las variables de respuesta siguientes:

En trampas:

- Promedio de picudos capturados/trampa/quincena
- Porcentaje de picudos machos/hembras
- Proporción sexual (valor medio durante todo el estudio)

En plantas:

- Porcentaje de plantas dañadas por picudo
- Porcentaje de plantas con presencia de picudos
- Grados brix
- Temperatura de planta (°C)

Elementos climáticos:

- Temperatura (°C)
- Humedad relativa (%)
- Precipitación pluvial (mm)

El promedio de picudos se calculó del total de los insectos que se capturaban en las trampas en campo en cada evaluación. El porcentaje de hembras y machos se calculó con los datos de capturas de picudos en trampas registrados en una hoja de cálculo Excel (Microsoft Office). El porcentaje de plantas dañadas y presencia de picudos se hizo como se indica en el punto 2.4.6. Los grados brix se tomaron con un refractómetro marca Grandindex, modelo RHW 25 Brix ATC, se seleccionaron y muestrearon 10 plantas al

azar en cada plantación agave bajo el siguiente criterio: 5 plantas sanas (sin daño por picudo) y 5 plantas con daños visibles del picudo (con valor comercial), el muestreo se realizó a los 4, 8 y 12 meses. La temperatura de la planta se midió con un termómetro medidor de temperatura tipo pistola Mustool® MT6320 digital LCD infrarrojo IR, en las plantas donde se realizó el muestreo de grados brix también se tomó al mismo tiempo esta variable. La temperatura y humedad relativa ambiental en las dos plantaciones de agave se tomaron con un data logger HOBO® modelo U12-012 (Ciudad de México, México) que registró cada hora las variables.

2.4.9 Análisis estadístico

Por cada plantación se realizó un análisis de correlación con el programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2002 versión 9.0) de los datos de las variables de estudio como promedio de picudos capturados/trampa/quincena, temperatura, humedad relativa, y precipitación pluvial. Cuando se encontró correlación entre los datos de las variables, se ajustó con SAS (SAS Institute, 2002 versión 9.0) a un modelo de regresión lineal simple, cuadrática, cúbica y exponencial, en donde la selección del modelo de ajuste fue de acuerdo a la tendencia de los datos que se graficaron y aceptaron como el mejor modelo que mostraba el más bajo cuadrado medio del error. A los datos de porcentaje de plantas dañadas por picudo, porcentaje de plantas con presencia de picudos, grados brix, y temperatura de la planta se le aplicó la prueba de X^2 con SAS (SAS Institute, 2002 versión 9.0) para determinar si existen diferencias significativas entre las fechas de muestreos en plantas sanas y plantas con daños por picudo. A los datos de los picudos por sexo, se le aplicó la prueba de X^2 con SAS (SAS Institute, 2002 versión 9.0) para determinar si existen diferencias significativas entre el número de picudos hembras y machos capturados en las trampas.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Dinámica poblacional de picudos en el predio “El Llano”

En el predio “El Llano” en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, se capturaron adultos del picudo del agave todos los meses del año de monitoreo, con registro de tres picos de densidad poblacional, la mayor captura fue en la primera quincena de octubre

2019, con un promedio quincenal de 24.4 picudos/trampa; los otros dos picos observados ocurrieron en la segunda quincena de septiembre 2019 y octubre 2019, con promedios quincenales de 21.2 y 16.4 insectos/trampa, respectivamente (Figura 2.1).

Adicionalmente, se encontró que las trampas con feromona capturaron un porcentaje similar de picudos machos y hembras, por lo tanto, no se encontraron diferencias significativas en las capturas (X^2 = 1 y P = 0.3173), con un porcentaje promedio de 55% hembras y una proporción 1:1.2 de machos: hembras (Figura 2.1).

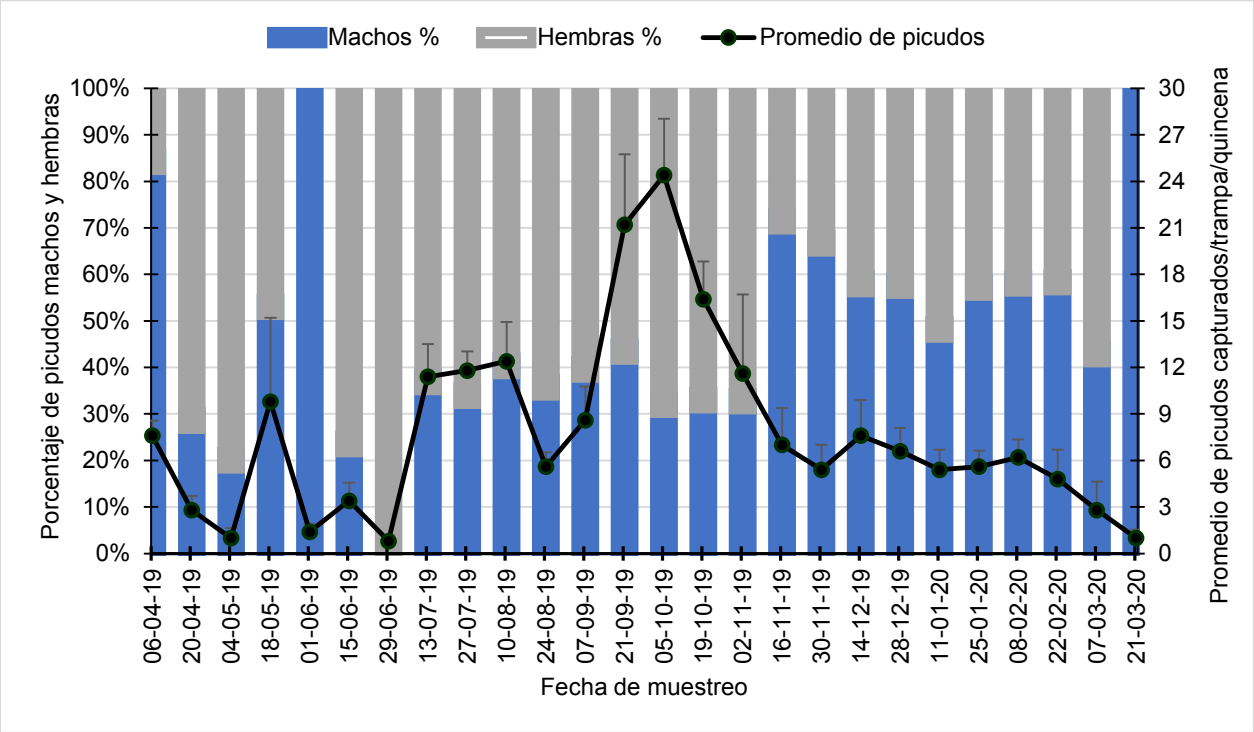


Figura 2.1. Promedio de picudos capturados en trampas (±EE) y porcentaje de hembras y machos en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020

2.5.2 Dinámica poblacional de picudos en el predio “Santa Cruz”

En el predio “Santa Cruz” en Santa Cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero, se encontró la mayor captura de picudos en la primera quincena de septiembre 2019, con un promedio de 12.4 picudos adultos/trampa, además, se presentaron otros dos picos poblacionales, uno en la primera quincena de julio 2019 y otro en la segunda quincena de septiembre 2019, con un promedio de 7.4 y 7.6 picudos adultos/trampa, respectivamente (Figura 2.2).

Respecto al porcentaje de machos y hembras del picudo del agave de este predio, se encontró que las trampas con feromona de agregación en esta plantación, no hubo diferencias respecto a la proporción sexual del picudo del agave (X^2 = 0.04 y P = 0.8415) que fue de 1:1.04 de machos: hembras (Figura 2.2).

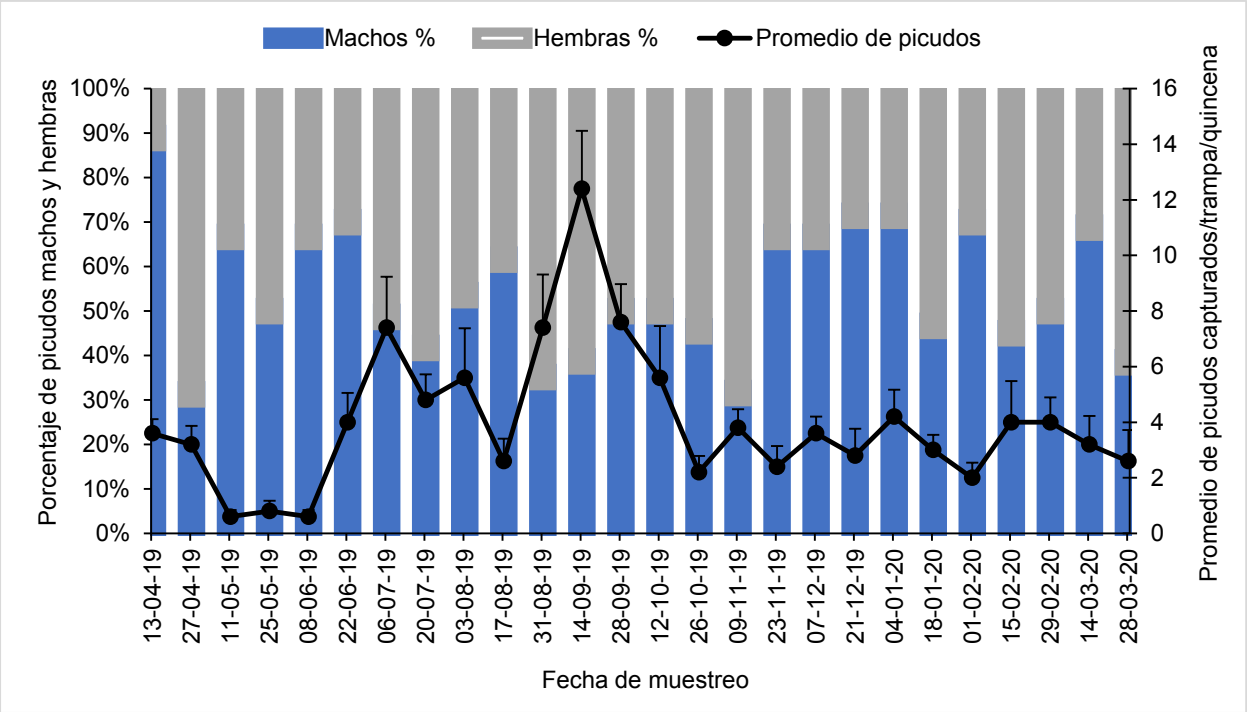


Figura 2.2. Promedio de picudos capturados en trampas (±EE) y porcentaje de hembras y machos en Santa Cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020.

En el cultivo de maguey mezcalero en el estado de Guerrero, son pocos los trabajos sobre la dinámica poblacional del picudo. En las dos plantaciones de agave mezcalero evaluadas, se detectó la presencia de adultos de *S. acupunctatus* durante todo el periodo de estudio (abril 2019 a marzo 2020), con picos de mayor densidad poblacional en los meses de julio, septiembre y octubre. Estos resultados difieren con lo reportado por Luna Alejandro (2020), quien estudió en tres plantaciones de *A. angustifolia* de la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero y usando trampas para monitorear al picudo del agave, encontró mayores picos de densidad poblacional en abril y junio, 2018. Macedonio (2015) reportó en plantaciones de agave mezcalero en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, en Mazatlán, Chilpancingo, Guerrero, las mayores capturas del picudo

del agave se detectaron de enero a marzo de 2014, lo que también difiere con los resultados del presente estudio. En cambio, si hay una ligera semejanza con lo reportado por Bailón-Ortiz *et al*. (2020), quienes detectaron en *A. angustifolia*, en San Francisco Sola, Oaxaca, una mayor densidad poblacional del picudo del agave en julio de los tres años de 2016 a 2018.

Los datos del presente estudio, también coinciden con otros reportes como el de Bravo *et al*. (2005), para el municipio de San Juan la Jarcia, Oaxaca y quienes identifican la mayor densidad poblacional del picudo del agave en octubre 2001 y julio 2002. Así mismo, los resultados concuerdan con lo reportado por el mismo autor para Santiago Matatlán, Oaxaca, en donde la mayor densidad poblacional se detectó en julio 2001. Aquino *et al*. (2010), mencionan que, en Tlacolula, Oaxaca, la mayor densidad poblacional del picudo del agave se observó de junio a noviembre 2005, con un pico en octubre; en 2006, la mayor densidad poblacional se observó en junio. Figueroa-Castro *et al*. (2013) detectaron, en plantaciones de agave tequilero en Ahualulco, Jalisco, usando trampas con feromona de agregación sintética, mayores capturas del picudo del agave de marzo a mayo de 2009 y en otra plantación de Amatitlán, Jalisco, detectaron dos picos poblacionales, uno en mayo y el otro en septiembre 2009, lo que tiene cierta similitud con los resultados de la presente investigación. Sin embargo, Solís-Aguilar *et al*. (2001), reportan para el municipio de Tequila, Jalisco, picos de densidad poblacional de adultos del picudo en plantas de agave tequilero en el mes de abril en ambos años 1999 y 2000; mientras que, para Zapotlanejo, Jalisco, la mayor densidad poblacional de adultos en diciembre de 1999; lo cual difiere con los resultados obtenidos en esta investigación. Los mismos autores muestra para Tepatitlán, Jalisco, la mayor densidad poblacional de adultos en el mes de julio de 1999, lo que es similar con los resultados de la presente investigación.

Respecto al porcentaje y proporción sexual de machos y hembras (M:H) del picudo del agave, Luna Alejandro (2020) detectó en trampas de tres plantaciones de *Agave angustifolia* en Quetzalapa, Guerrero, significativamente más hembras que machos con proporciones (machos: hembras), en La Minilla con 1:1.88; El Llano con 1:2.16 y El Horno con 1:1.83, lo cual difiere a lo encontrado en el presente estudio. Macedonio Guevara

(2015) encontró en tres plantaciones de maguey mezcalero de Guerrero, mediante trampas con feromona agregación sintética, una mayor proporción de capturas de hembras (promedio de 74%) que machos, esto también difiere con los resultados del presente estudio.

En general, los resultados obtenidos de la presente investigación, difieren en todos los estudios realizados para esta plaga utilizando un sistema de trampeo y feromona de agregación sintética. Por ejemplo, Figuera-Castro *et al*. (2013), 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 una mayor cantidad de hembras del picudo del agave atraídas en cada una de sus trampas evaluadas. Por otro lado, Figueroa (2009), en plantaciones comerciales de agave tequilero en Amatitlán y Ahualulco, Jalisco, encontró mediante muestreos directos de plantas de agave infestadas de picudos, que la proporción sexual de picudo del agave es de alrededor de 1:1 durante todo el año. Figueroa (2014) menciona que la colonización por *S. acupunctatus* en *A. tequilana, A. angustifolia* y *A. cupreata*, la pueden iniciar tanto los machos, como las hembras.

2.5.3 Relación de capturas del picudo del agave en trampas con elementos climáticos

Al realizar los análisis de correlación de los datos de las variables promedio de picudos adultos capturados en trampas con la temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial, se observó que en el predio el “El Llano” en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, en el análisis de correlación se encontró un grado de asociación significativo, pero una correlación baja entre las capturas del picudo del agave con la humedad relativa (P = 0.0046 y r = 0.53822) (Figura 2.3) y precipitación pluvial (P = 0.0155 y r = 0.46955) (Figura 2.4). En la variable temperatura media con las capturas del picudo del agave, no se encontró asociación (P = 0.1626 y r = -0.28212) (Figura 2.5). Considerando que los coeficientes de correlación son muy bajos para los tres análisis, no se ajustaron los datos a un modelo.

En el predio “Santa Cruz”, en Santa cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero, en el análisis de correlación no se detectó asociación entre las capturas del picudo del agave y la variable temperatura (P = 0.2585, r = -0.22995) (Figura 2.6); mientras que, si hubo significancias, aunque con coeficientes de correlación muy bajos con la humedad relativa (P = 0.0465, r = -0.39379) (Figura 2.7) y la precipitación pluvial (P = 0.0686, r = 0.36267) (Figura 2.8), por lo que, de igual manera, debido a los bajos coeficientes de correlación, los datos no se ajustaron a ningún modelo.

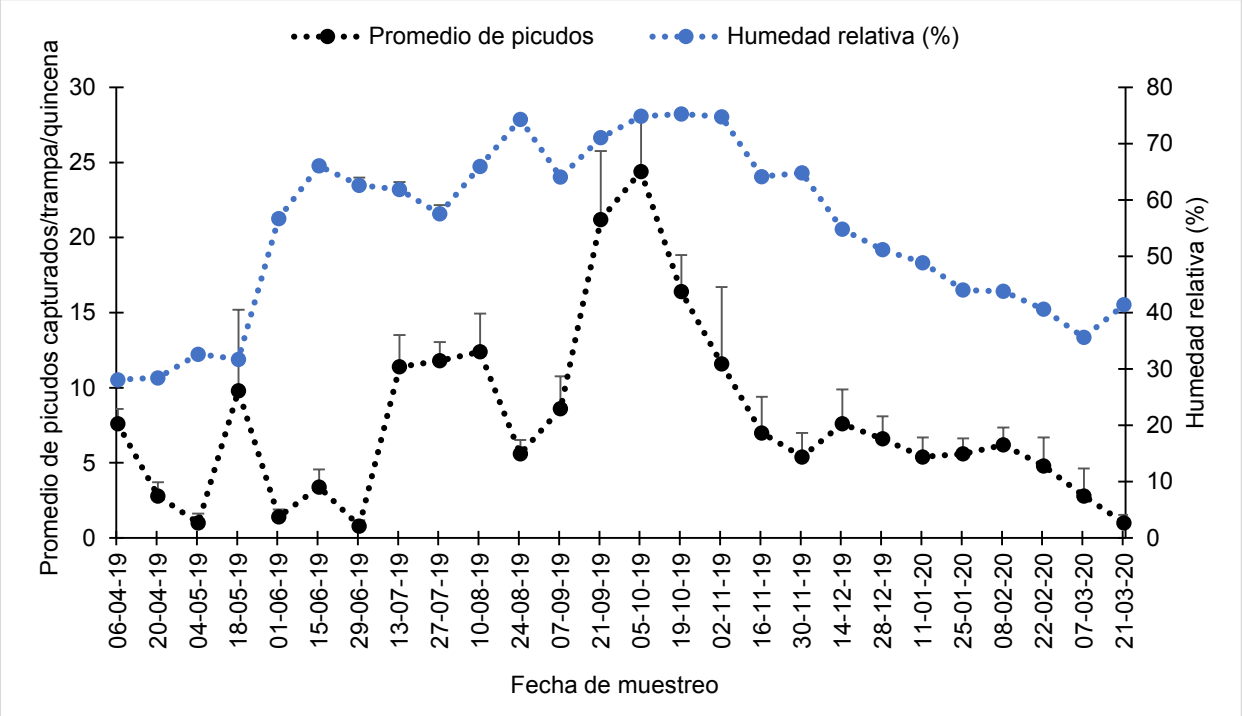


Figura 2.3. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y humedad relativa, durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020.

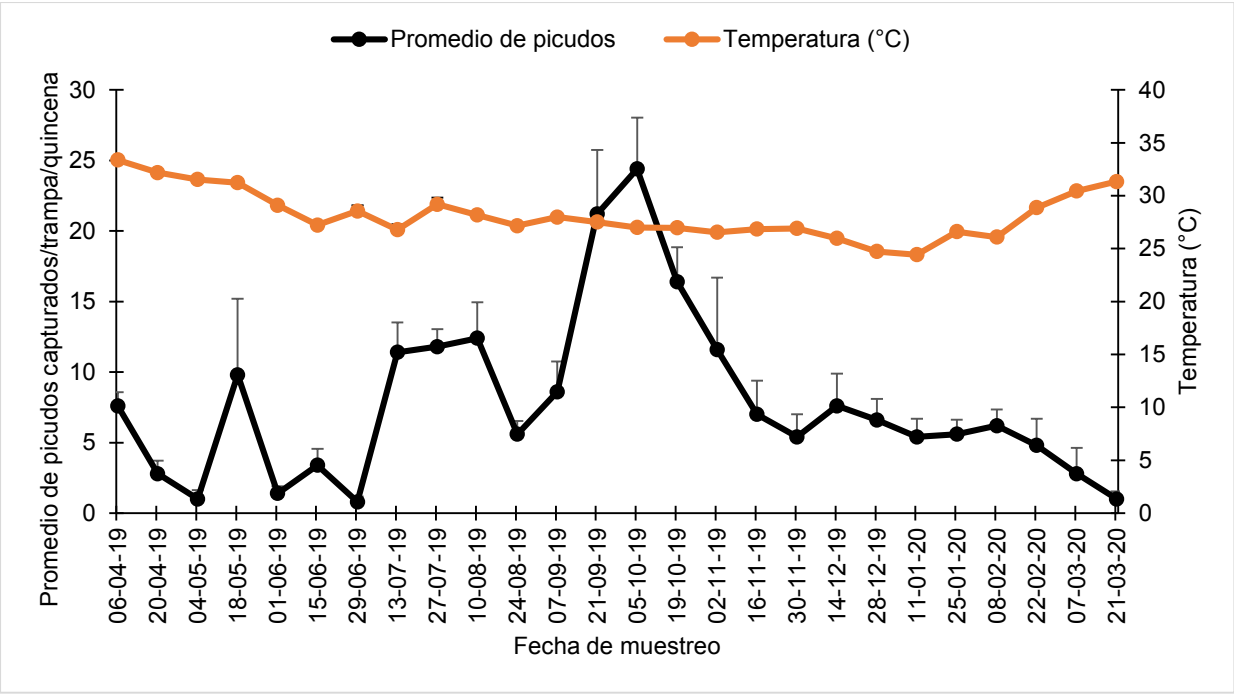


Figura 2.4. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y temperatura durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020.

Al respecto Luna Alejandro (2020) en plantaciones de *A. angustifolia* en Quetzalapa, Guerrero, también encontró una relación significativa, pero con un grado de asociación débil entre la captura total de picudos del agave con el factor ambiental de precipitación pluvial. Macedonio Guevara (2015) menciona que en plantaciones de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en el estado de Guerrero, no detectó ninguna correlación entre la cantidad de picudos capturados en trampas y los factores climáticos (temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial), aunque observó una mayor densidad de picudos en los meses más secos y con altas temperaturas.

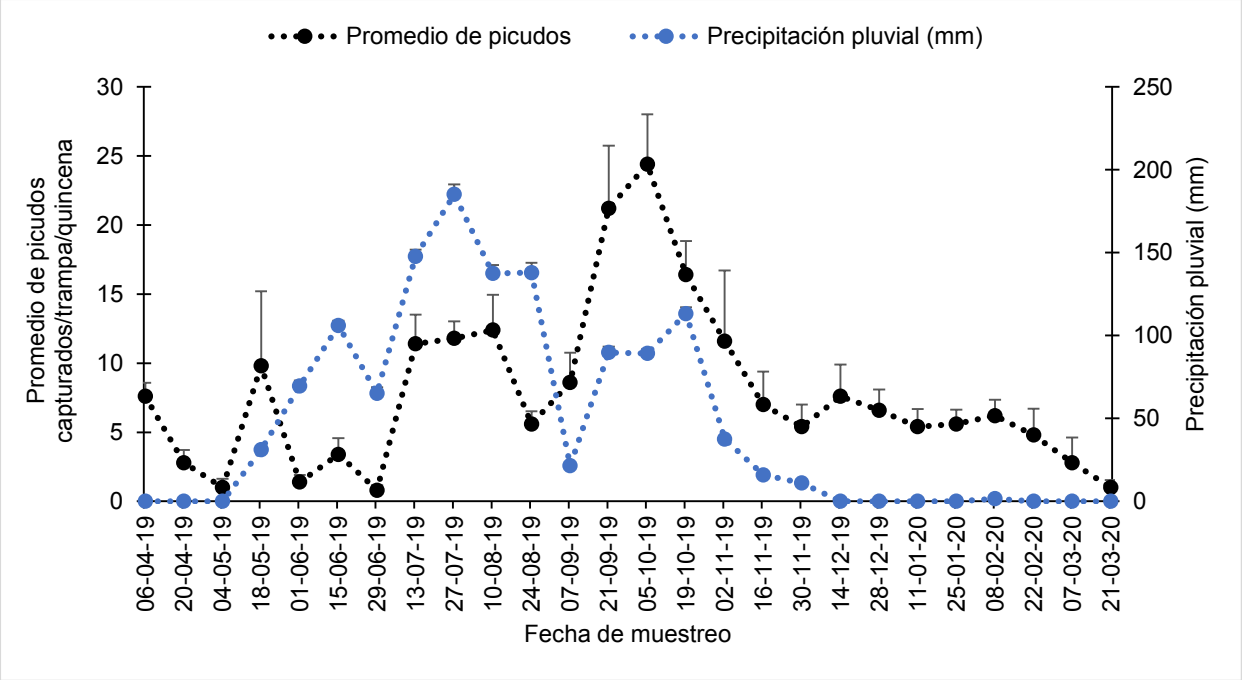


Figura 2.5. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y precipitación pluvial durante un año en predio “El Llano”, Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, 2019-2020.

En contraste, Figueroa-Castro *et al*. (2013), reportaron que en plantaciones comerciales de *A. tequilana* var. Azul en Jalisco, encontraron que las capturas del picudo del agave en trampas con feromonas, se incrementaron cuando también aumentaba la temperatura o disminuía la humedad relativa. Espinosa *et al*. (2005) concluyeron que el 72% de la actividad de picudos adultos del agave en *A. angustifolia* en Oaxaca, está en función de la precipitación y el 28% restante, se puede explicar por factores, como la temperatura. Además, encontraron que por cada mm de lluvia que aumenta o disminuye, aumenta o se reduce el número de picudos capturados en trampas, en 0.65 individuos. Bravo *et al*. (2005 y 2007), también encontraron en plantaciones de *A. angustifolia* en el estado de Oaxaca, 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 %). Por otro lado, respecto a la relación del picudo con la temperatura, Aquino *et al*. (2007), encontraron la menor cantidad de adultos por planta 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.

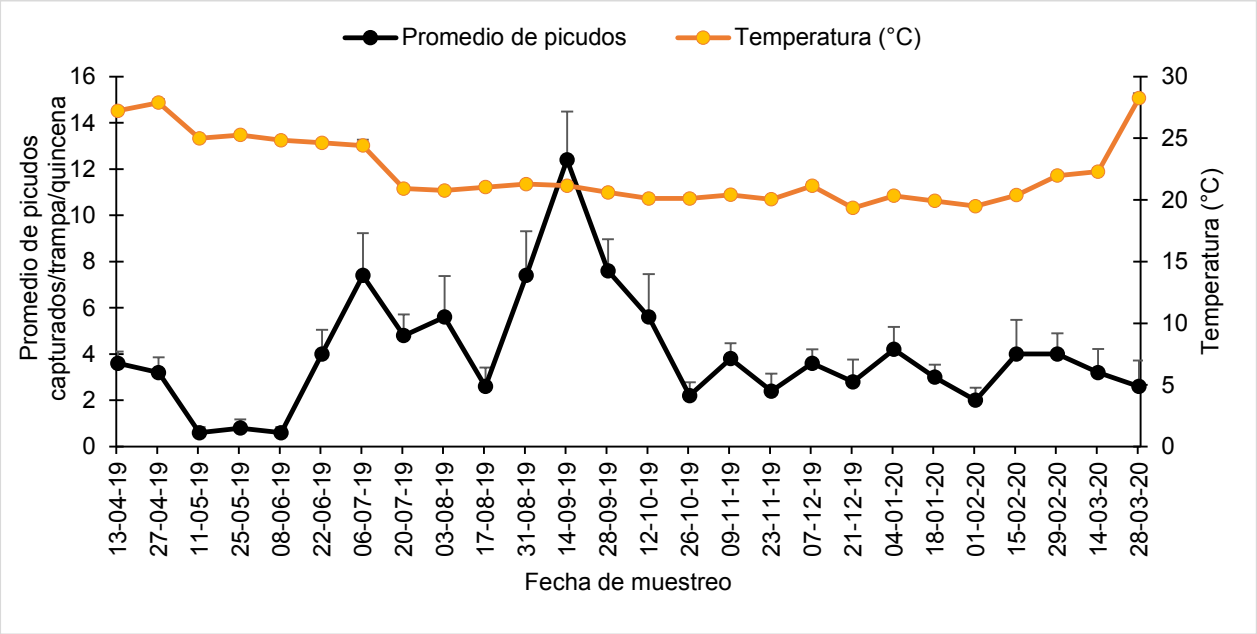


Figura 2.6. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y temperatura durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020.

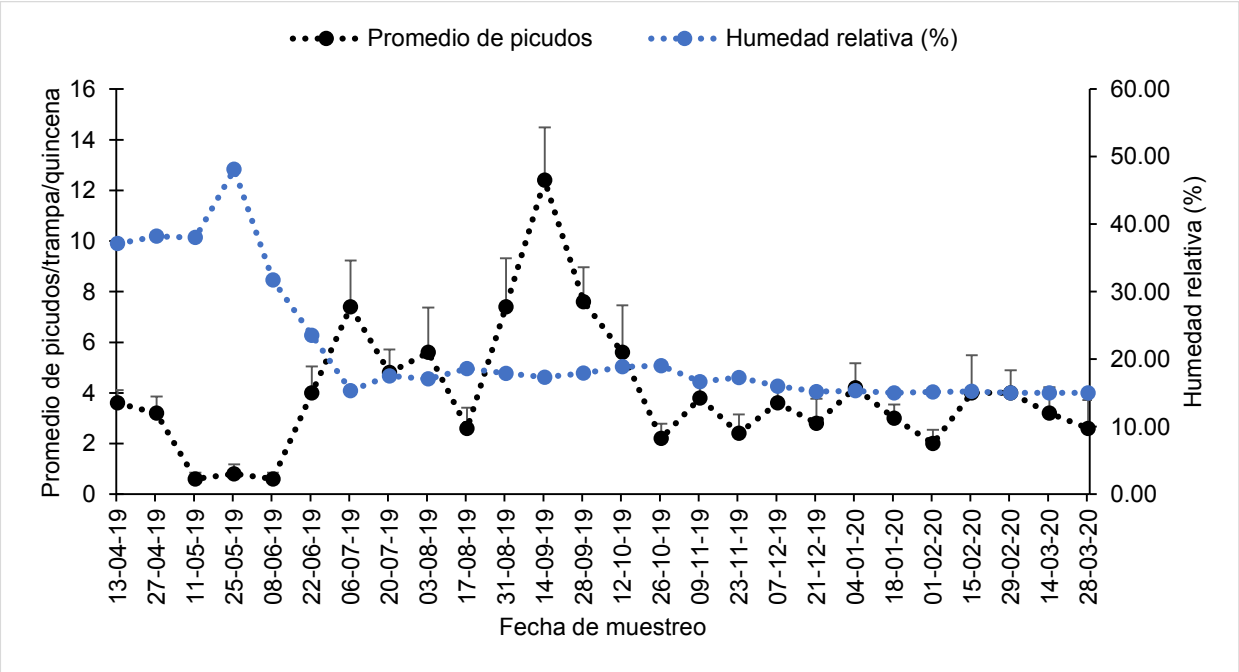


Figura 2.7. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y humedad relativa, durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020.

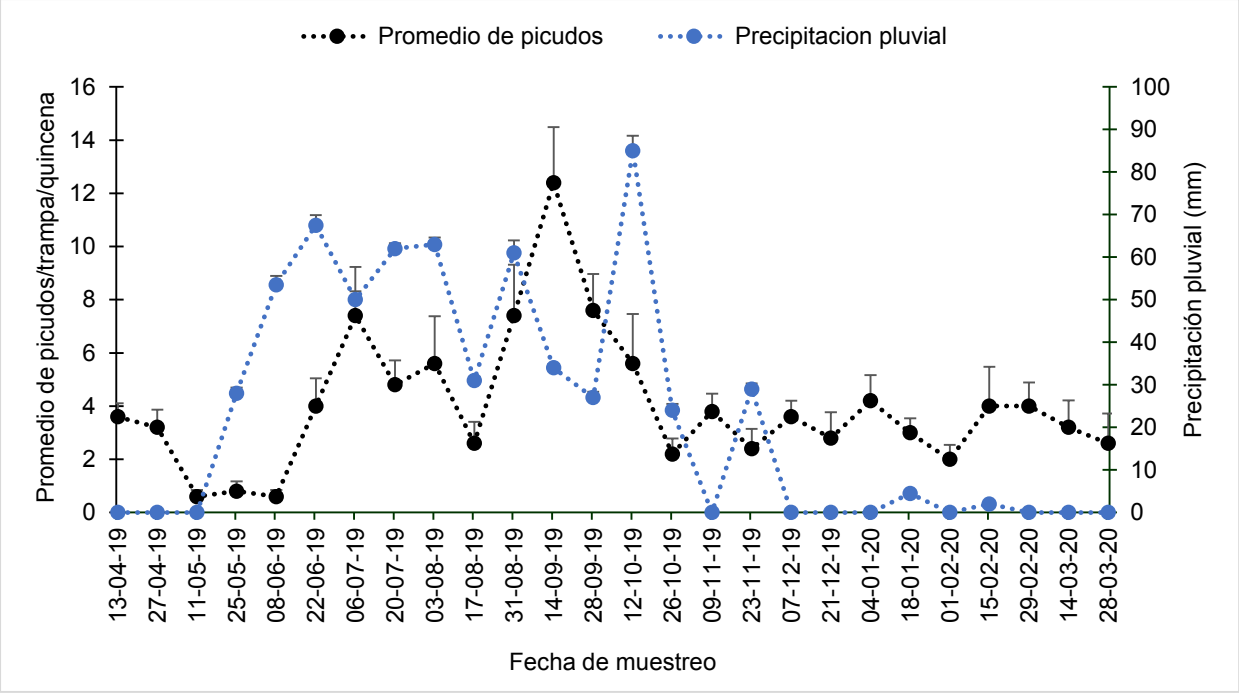


Figura 2.8. Dinámica poblacional de adultos del picudo de agave y precipitación pluvial durante un año en predio “Santa Cruz”, Chilapa de Álvarez, Guerrero, 2019-2020.

2.5.4 Grados brix, temperatura y porcentaje de daños del picudo en plantas de *Agave angustifolia*

Al realizar los análisis de X^2 de los datos de las variables; grados brix, temperatura de planta, porcentaje de presencia de picudo y daño por picudo en plantas de *Agave angustifolia* en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, se encontró lo siguiente: En los análisis correspondientes a los grados brix entre plantas sanas y plantas con daño superficial por picudo en *Agave angustifolia*, no se encontraron diferencias en las tres fechas de muestreo a los cuatro meses (X^2 = 1.0569 y P = 0.3039), 8 meses (X^2 = 0.9056 y P = 0.3413) y 12 meses (X^2 = 0.1176 y P = 0.7316) (Figura 2.9). En los análisis de las temperaturas de plantas sanas (sin daño por picudo) y plantas con daño superficial por picudo, no hubo diferencias en las tres fechas de muestreo a los cuatro meses (X^2 = 0.2284 y P = 0.6327), 8 meses (X^2 = 0.0912 y P = 0.7626) y 12 meses (X^2 = 0.0028 y P = 0.9575) (Figura 2.10).

Por otra parte, en los análisis de porcentaje de daño por picudo y presencia de picudo en plantas, al inicio y final del experimento, no se encontraron diferencias significativas entre

las dos fechas de muestreo en daños por picudo (X^2 = 0.8182 y P = 0.3657) (Figura 2.11) y presencia de picudo (X^2 = 0.3333 y P = 0.5637) (Figura 2.12).

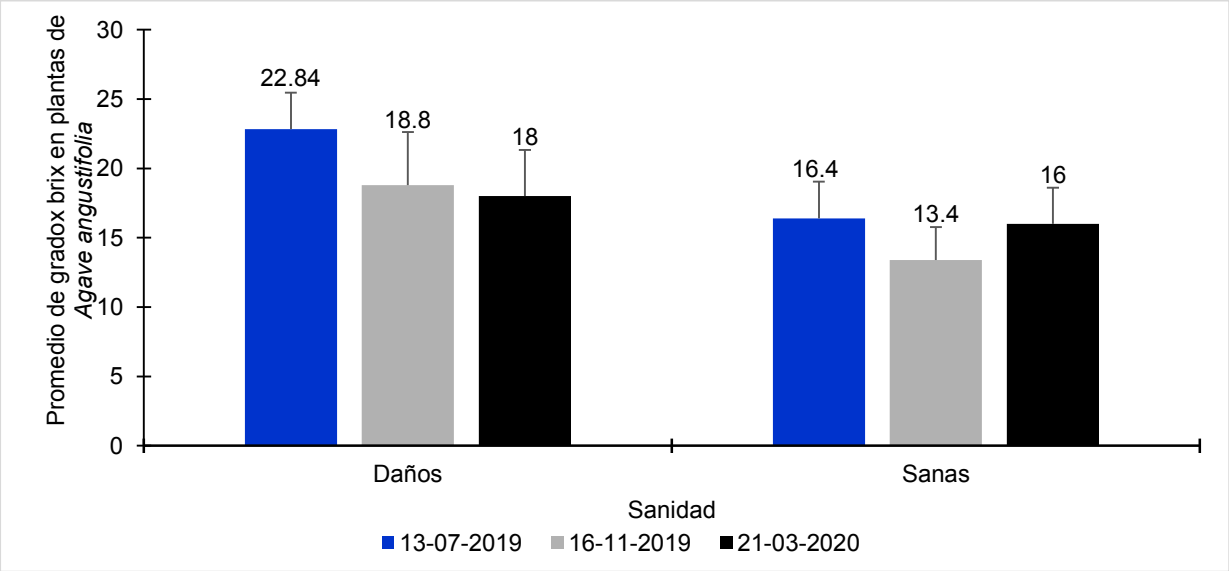


Figura 2.9. Promedio ± EE de grados brix en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio "El Llano", Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020.

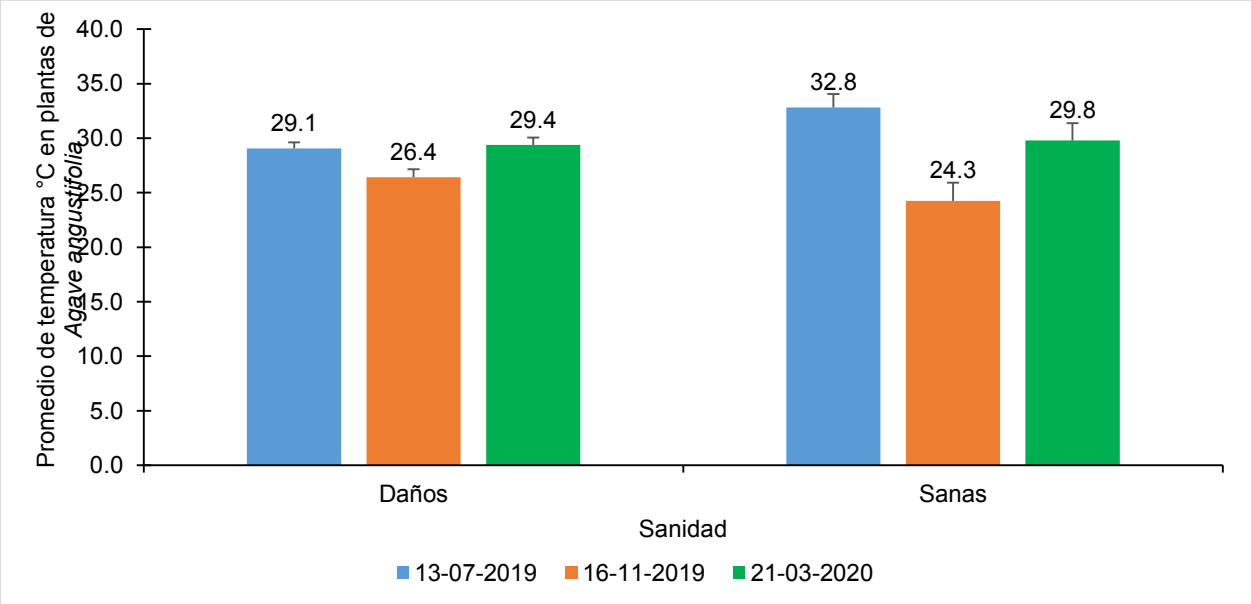


Figura 2.10. Promedio ± EE de temperatura en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave angustifolia* Haw. en el predio "El Llano", Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020.

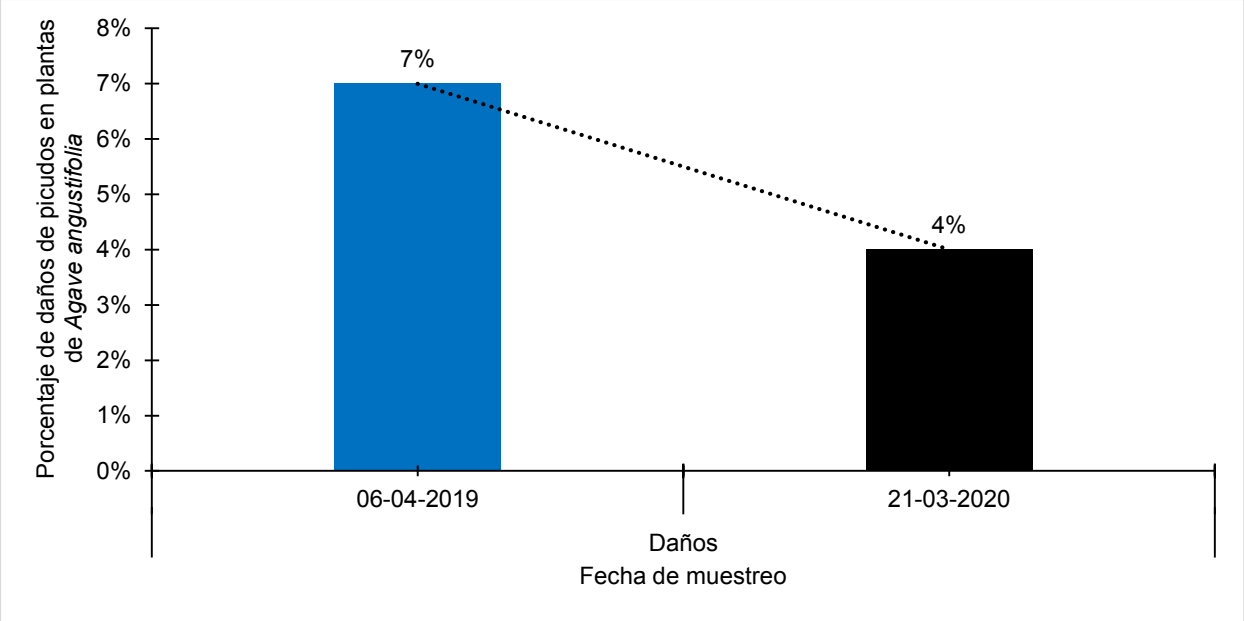


Figura 2.11. Porcentajes de daños superficiales de picudos adultos en plantas de *Agave angustifolia*. en el predio "El Llano", Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020.

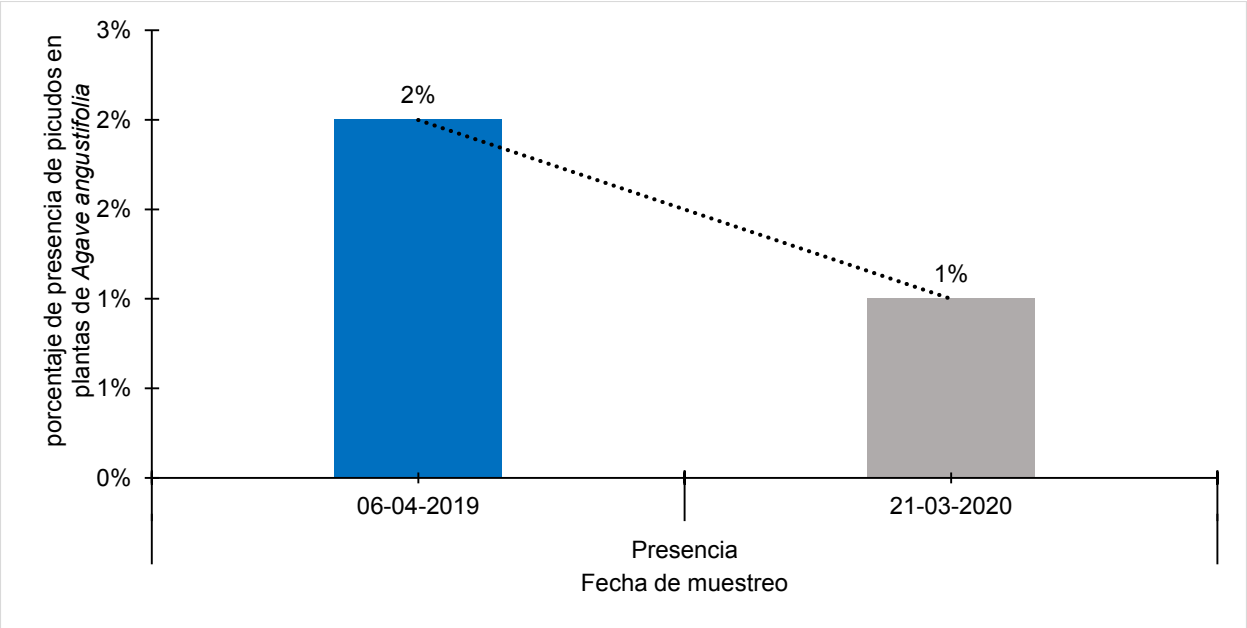


Figura 2.12. Porcentajes de presencia de picudos adultos en plantas de *Agave angustifolia*. en el predio "El Llano", Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero, México. 2019-2020.

2.5.5 Grados brix, temperatura y porcentaje de daños del picudo en plantas de *Agave cupreata*

Al realizar los análisis de X^2 de los datos de las variables; grados brix, temperatura de planta, porcentaje de presencia de picudo y daño por picudo en plantas de *Agave cupreata* en Santa Cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero, se encontró lo siguiente:

En los análisis correspondientes a los grados brix entre plantas sanas y plantas con daño superficial por picudo en *Agave cupreata*, no se encontraron diferencias en las tres fechas de muestreo a los cuatro meses (X^2 = 0.0699 y P = 0.7914), 8 meses (X^2 = 0.1882 y P = 0.6644) y 12 meses (X^2 = 0.3461 y P = 0.5563) (Figura 2.13). En los análisis de las temperaturas de plantas sanas (sin daño por picudo) y plantas con daño superficial por picudo, no hubo diferencias en las tres fechas de muestreo a los cuatro meses (X^2 = 0.0005 y P = 0.982), 8 meses (X^2 = 0.0026 y P = 0.9596) y 12 meses (X^2 = 0.1985 y P = 0.6559) (Figura 2.14). Por otra parte, en el análisis de porcentaje de daño por picudo en plantas al inicio y final del experimento se encontraron diferencias significativas entre las 2 fechas de muestreo en daños por picudo (X^2 = 3.8571 y P = 0.0495) (Figura 2.15) y en la presencia de picudo en planta no hubo diferencias significativas entre las 2 fechas de muestreo (X^2 = 1.0 y P = 0.3173) (Figura 2.16).

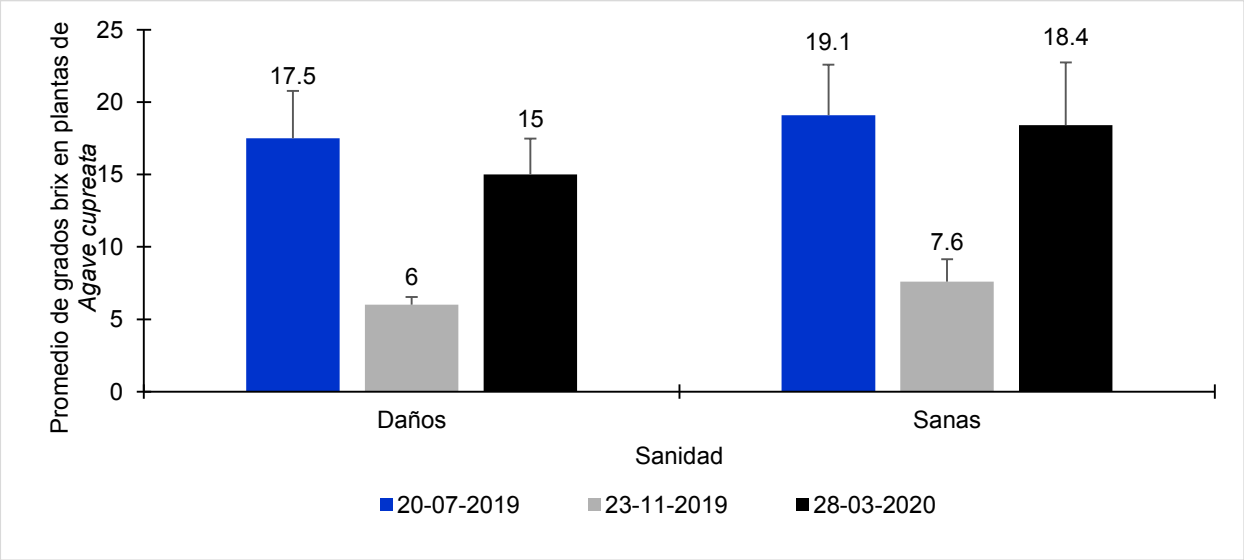


Figura 2.13. Promedio ± EE de grados brix en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave cupreata* en el predio "Santa Cruz", Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020.

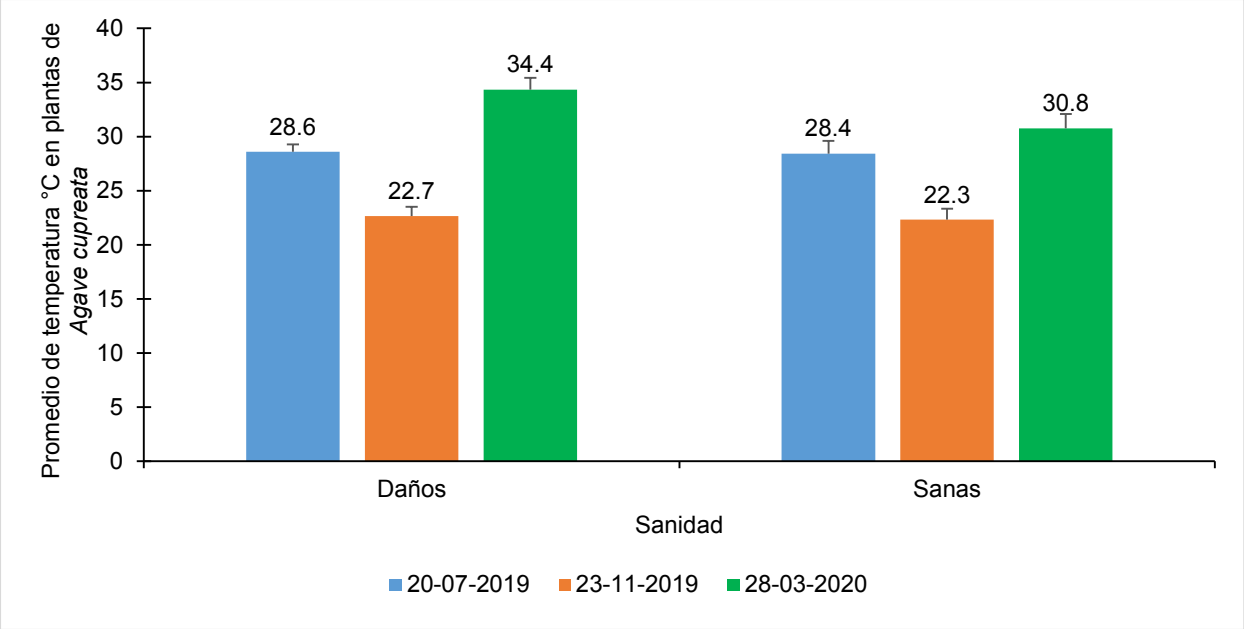


Figura 2.14. Promedio ± EE de temperatura en tres fechas de muestreo en plantas de *Agave cupreata* en el predio "Santa Cruz", Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020.

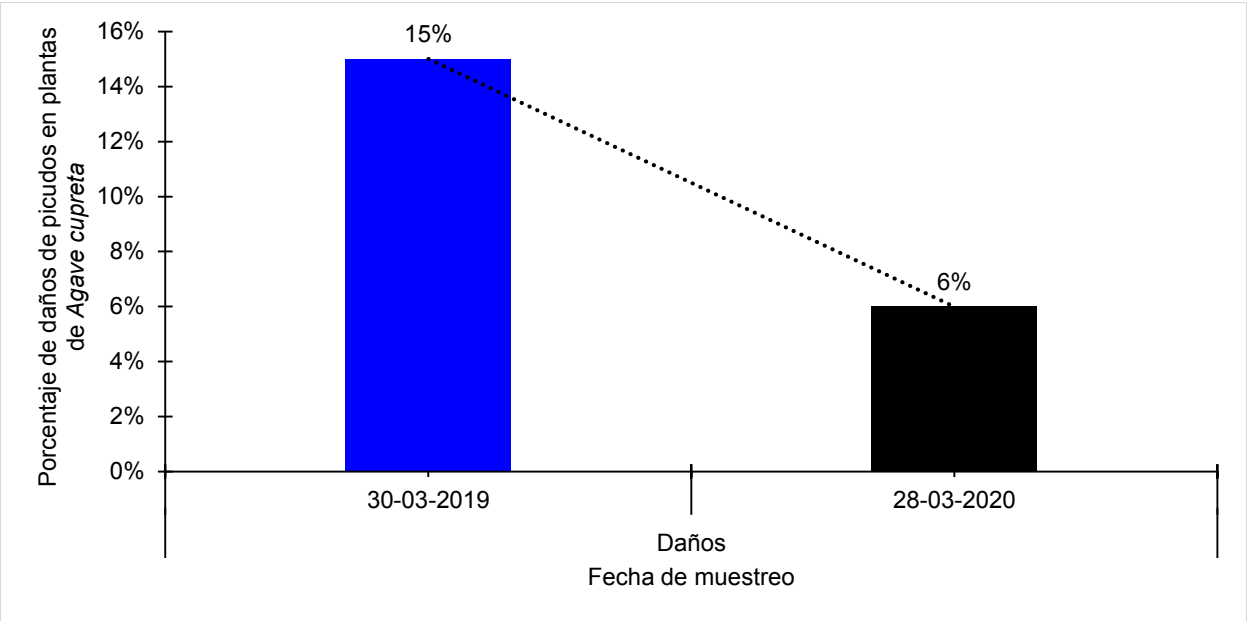


Figura 2.15. Porcentaje de daños superficiales de picudos adultos en plantas de *Agave cupreata* en el predio "Santa Cruz", Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020.

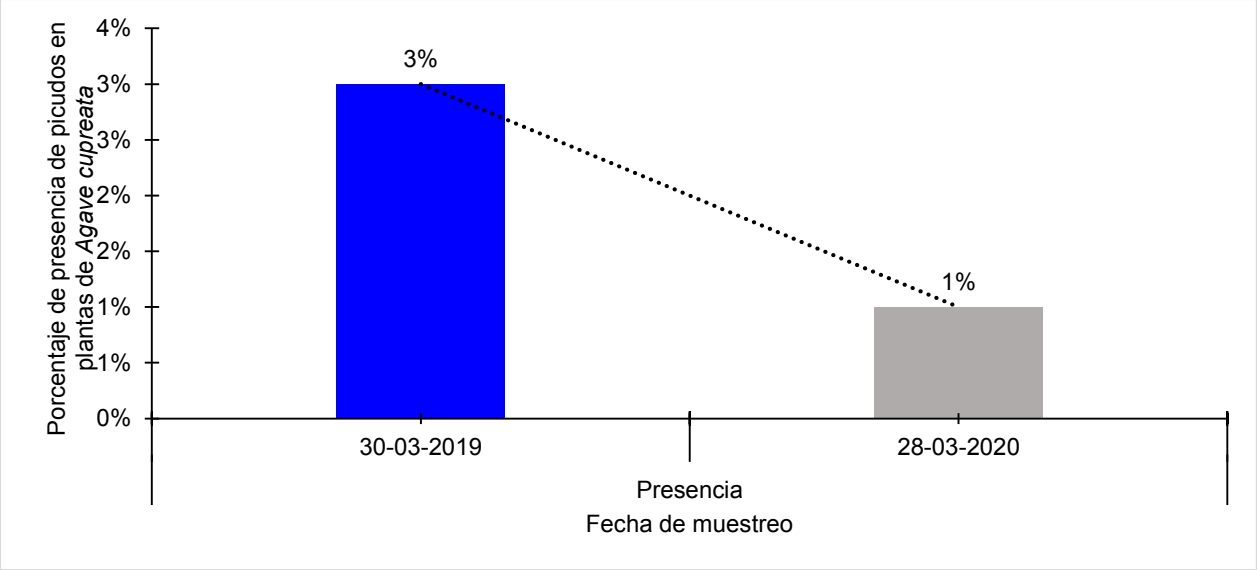


Figura 2.16. Porcentaje de presencia de picudos adultos en plantas de *Agave cupreata* en el predio "Santa Cruz", Chilapa de Álvarez, Guerrero, México. 2019-2020.

Actualmente el método de muestreo que sirve para la detección del picudo del agave son las trampas, los muestreos visuales no sirven de nada debido a que son ineficientes para conocer el nivel de infestación en la plantación y los muestreos destructivos de las plantas resultan costosos e imprácticos (Solís, 2001; Valdés-Rodríguez *et al*., 2004). Por lo que en este trabajo se decidió indagar y realizar muestreos de grados brix y temperatura en plantas de *A. angustifolia* y *A. cupreata* con la posibilidad de encontrar un indicador, como indicio de síntoma de que la planta se encuentra infestada por picudo, para eso se tomó la temperatura en planta, haciendo una comparación entre plantas con daños por picudo y plantas sanas.

Los resultados del presente trabajo muestran que en las dos plantaciones estudiadas correspondiente al porcentaje de grados brix entre plantas sanas y plantas con daño superficial del picudo no se encontraron diferencias, esto puede indicar que el picudo no afecta la calidad de la piña en cuanto a los grados brix ya que estos agaves son utilizados para elaboración de mezcal. Bautista-Justo *et al*. (2001) mencionan que la cantidad y el tipo de azúcares que contienen las piñas de agave son muy importantes debido a que estos son utilizados por las levaduras para la obtención del etanol y de los compuestos que proveen las características sensoriales del producto.

En el presente estudio se determinó que al no encontrarse diferencias de temperatura entre plantas sanas y plantas con daño por picudo esto podría explicarse que esta plaga no puede interferir en la temperatura o en el metabolismo de la planta, no tiene tanto potencial, aclarando que son plantas con grado tres de daños y no están cercanas a la muerte (senescencia), por lo tanto, las temperaturas son similares en plantas sanas y plantas con daño por picudo.

Respecto al porcentaje de daño por picudo en plantas al inicio y final del experimento solo se encontraron diferencias significativas en la plantación de *Agave cupreata* esto muestra que a lo largo de un año el sistema de trampeo reduce los daños del picudo en plantas de *A. cupreata*, ya que la plantación en estudio se mantuvo sin aplicaciones de insecticidas esto indica que es el puro efecto del trampeo. Cruz-Esteban *et al*. (2020) probaron un nuevo sistema de trampeo para capturar al picudo en plantaciones de *Agave salmiana* L. y *Agave inaequidens* K. Koch mencionan que observaron que con el sistema de trampeo utilizado en su estudio no hubo un incremento de plantas dañadas por picudo esto tiene similitud con nuestros resultados a diferencia que su trampeo solo duro tres meses.

2.6 CONCLUSIONES

En las plantaciones evaluadas de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en Guerrero, se detectó la presencia de adultos de *S. acupunctatus*, durante todo el año, con picos de capturas en trampas en septiembre y octubre 2019 en Santa Cruz y Quetzalapa, Guerrero, respectivamente.

Solo en Quetzalapa, Guerrero, se observó una relación en el aumento de la precipitación pluvial y humedad relativa con incrementos en el número de insectos capturados por trampa.

En las plantaciones evaluadas *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* en Guerrero se encontró un efecto positivo del uso del trampeo con feromona de agregación sintética ya que durante el experimento se redujo el porcentaje de daño por picudo en plantas.

El picudo del agave no tiene el potencial para inferir en el metabolismo de la planta en cuanto a grados brix y temperatura por lo que no afecta la calidad de la planta internamente, ya que los agaves evaluados, se utilizan solo para la producción de mezcal.

2.7 REFERENCIAS CITADAS

Aquino, B.T., Iparraguirre, C.M.A., y Ruiz, V.J. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (=*interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola*. 7(1): 175-180.

Aquino, B.T., Ruiz, V.J. y 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.

Azuara, D.A., Terán, V.A.P., Soto, S.A., Aguilar, P.N., y 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): 1-8.

Bailón-Ortiz, A.Z., Segura-Ledezma, S. y Figueroa-Castro, P. 2020. Dinámica poblacional de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en *Agave angustifolia* Haw en el sur de Oaxaca. *Entomología mexicana*. 7: 246-251.

Barrios Ayala, A., Ariza Flores, R., Molina Muñoz, J.M., Espinoza Paz, H., y Bravo Mosqueda, E. 2006. Manejo de la fertilización en magueyes cultivados (*Agave* spp.) de Guerrero, INIFAP. Campo Experimental iguala. Folleto técnico 13. Iguala, Guerrero, México.

Bravo, M.E., Arredondo, V.C. y 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.

Bravo, M.E., Rojas, L.J., Espinosa, P.H y López L.P. 2007. Evaluación de atrayentes para captura de *Scyphophorus interstitialis* Gylh. *Revista Agroproduce. Fundación Produce Oaxaca A.C*. 10-14.

Camino-Lavín, M., Castrejón-Gómez, V.R., Figueroa-Brito, R., Aldana-Llanos, L., and Valdés-Estrada, M.E. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, México. *Florida Entomologist*. 85: 392-393.

Colunga-García, Marín P., Zizumbo-Villareal, D. y 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.

Cuervo-Parra, J.A., Pérez-España, V.H., López-Pérez, P.A., Morales-Ovando, M.A., Arce-Cervantes, O., Aparicio-Burgos, J.E., and Romero-Cortes. T. 2019. *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae): a weevil threatening the production of agave in México. *Florida Entomologist*. 102(1): 1-9.

Cuevas, L.D., Figueroa, C.P., López, M.V., Pérez, F.M., Díaz, V.G.E., Silva, G.F. y Luna, A.G. 2017. Sistemas de retención para el picudo del agave en trampas con feromona, en maguey espadín. 1er Congreso Nacional del Agave-Mezcal, 28 y 29 de septiembre de 2017. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Oaxaca. Oaxaca, México. 62 p.

Espinosa, P.H., Bravo, M.E., López, L.P. y Arredondo, V.C. 2005. El Agave mezcalero de Oaxaca: Avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No.3. México.180 p.

Figueroa, C.P. 2014. Factores asociados a la trampa y al atrayente, que influyen en la eficiencia del sistema de trampeo para el monitoreo del picudo del agave. Tesis Doctoral. Postgrado de Fitosanidad, Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 106 p.

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 en Ciencias. Postgrado en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 63 p.

Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar, J.F., González-Hernandez, H., Rubio-Cortés, R., Herrera Navarro, E.G., Castillo-Márquez, L.E. y Rojas, J.C. 2013. Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue *agave*. *Florida Entomologist*. 96: 1454-1462.

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(4): 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* (Coleoptera: Dryophthoridae) in mezcal maguey. *Florida Entomologist*. 100 (1): 203-205.

García-Mendoza, A.J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias*. 87: 14-23.

Gobierno del Estado de Guerrero (GEG). 2020a. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Guerrero. Huitzuco de los Figueroa. En: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12034a.html#00. Consultado: 12/08/2020.

Gobierno del Estado de Guerrero (GEG). 2020b. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Guerrero. Chilapa de Álvarez. En: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12028a.html. Consultado: 12/08/2020.

González Hernández H., Solís Aguilar J.F., Pacheco Sánchez C, Flores Mendoza F.J, Rubio Cortes R, Rojas J.C. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67 In González Hernández H, del Real Laborde J.I, Solís Aguilar J.F [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.

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

Luna Alejandro, G. 2020. Entomofauna asociada con el cultivo de agaves en el estado de Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 111 p.

Macedonio Guevara, A. 2015. Abundancia estacional del picudo del agave en plantaciones de agave mezcalero en Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias.

Postgrado en Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 51 p.

Moya-Murillo, O.M., Aldana-De la Torre, R.C., y 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.

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. 127 p.

Rodríguez-Rebollar, H., Rojas, J.C., González, H.H., Ortega, A.L.D., Equihua, M.A., Del Real, L.J.I., y Lopez, C.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.

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

SAS Institute. 2002. The SAS System for Windows. Versión 9.0.

Solís-Aguilar, J.F., González-Hernández, H., Leyva-Vázquez, J.L., Equihua-Martínez, A., Flores-Mendoza, F.J., y Martínez-Garza, A. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*. 35: 663-670.

CAPÍTULO III. SINERGISTAS PARA CAPTURAR AL PICUDO DEL AGAVE EN TRAMPAS CON FEROMONA EN *Agave angustifolia* Haw.

3.1 RESUMEN.

Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), ataca diversas especies de agave silvestre y es la plaga más importante de agaves cultivados en México y otros países. El manejo de este insecto se dificulta debido a sus hábitos bio-ecológicos. Recientemente, se ha desarrollado un sistema de trampeo basado en feromona de agregación sintética y cebo alimenticio para monitorear a este insecto. Sin embargo, es importante determinar algunas alternativas de frutas y tejido vegetal que pueden sinergizar la respuesta de este picudo a la feromona de agregación sintética. En este estudio, se evaluaron diversos sinergistas en trampas colocadas en una plantación de maguey mezcalero espadín criollo (*Agave angustifolia* Haw.), en Quetzalapa, Guerrero, México. Los sinergistas evaluados fueron: tejido vegetal de maguey mezcalero *A. angustifolia*, frutos de piña madura, de plátano y un sinergista sintético (Sinergium®). Los sinergistas evaluados no tuvieron efecto significativo en las capturas del picudo del agave en trampas, aunque si se detectaron diferencias numéricas, sin embargo, se sugiere que en plantaciones con infestaciones iniciales o bajas del picudo del agave, no se requiere adicionar sinergistas, lo cual es un ahorro en tiempo y dinero al establecer los sistemas de trampeo, mientras que, a densidades altas de picudos, es recomendable utilizar algún sinergista vegetal o sinergista sintético (Sinergium®) para aumentar la actividad de la feromona sintética. Adicionalmente, se determinó que hubo mayores capturas de hembras que de machos, lo cual puede impactar en las densidades poblacionales subsecuentes de la plaga, la sanidad de la planta y en la economía del productor.

Palabras clave: picudo del agave; sinergistas; feromona; trampeo; maguey mezcalero.

3.2 ABSTRACT.

Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) attacks several species of native agaves and it is the most important insect pest of cultivated agaves in Mexico and other countries. The management of this insect is difficult due to their bio-ecological habits. Recently, a trapping system based on a synthetic aggregation pheromone and food bait has been developed to monitor this insect. However, it is important to know some alternatives of fruits and vegetable tissue that can synergize the response of this weevil to the synthetic pheromone on traps. In this study, diverse synergists were evaluated in traps placed in a commercial plantation of maguey mezcalero, in Quetzalapa, Guerrero, Mexico. The synergists evaluated were the following: plant tissue of maguey mezcalero espadín criollo (*Agave angustifolia* Haw.), ripe fruits of pineapple and banana, as well a synthetic synergist (Sinergium®). All synergists evaluated did not had an effect on the captures of agave weevils in traps, although numerical differences were found between the response of the agave weevil to synergists, then it is suggested the use of agave plant tissue immersed in 5% soapy water when there are low densities of agave weevils and at high densities of agave weevils it is recommended the use of the synthetic synergist (Sinergium®). Also, more female than male insects were captured in traps, which may impact future pest density populations, plant health, and agave producer economics.

Keywords: agave weevil; synergist; pheromone; trapping; mezcal maguey

3.3 INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es uno de los grupos de plantas más importante y representativo en México, de las cuales *Agave angustifolia* Haw., es la especie de agave más cultivada en los estados con Denominación de Origen del Mezcal. Este agave es conocido comúnmente como “maguey espadín”, “angosto” o “delgado”, que es esencial para la producción de mezcal en México y es una buena fuente de empleo e ingresos para las familias de las zonas rurales de Guerrero (Colunga-García *et al*., 2007). El cultivo de agave se ve afectado por diferentes problemas ambientales y biológicos (CRT, 2005), entre estos se encuentran las plagas insectiles (González Hernández *et al*., 2007), que limitan la producción de este cultivo, donde el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) es considerado la principal plaga que afecta la sanidad de la planta y económicamente al productor (González Hernández *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 Aguilar *et al*. (2001), mencionan que este insecto llega a causar daños de un 24.5 % en piñas de agave tequilero, materia prima que llegan a las fábricas de Jalisco donde se procesa el tequila. Los adultos de *S. acupunctatus* están presentes y activos durante todo el año, pero, son más abundante en la estación lluviosa y con altas temperaturas (Ramírez-Choza, 1993; González Hernández *et al*., 2007; Figueroa-Castro *et al*., 2013). Además de los daños directos causados por las larvas y adultos (Solís-Aguilar *et al*., 2001; González Hernández *et al*., 2007; Aquino *et al*., 2007), estos últimos puede ser transmisores de algunos fitopatógenos que atacan y causan la muerte del agave (Aquino *et al*., 2011).

El manejo de esta plaga se dificulta debido a sus hábitos bio-ecológicos, sin embargo, dentro del manejo integrado del picudo del agave, se ha desarrollado un sistema de trampeo para el monitoreo de esta plaga, el modelo más efectivo para la captura de adultos, es el uso de trampas tipo cubeta con atrayentes feromonales y vegetales. La trampa se compone de una feromona de agregación sintética, cebo alimenticio (tejido de agave) y un agente de aniquilación directo (insecticida o agua jabonosa); la densidad recomendada en plantaciones comerciales de agave tequilero es de 1 a 4 trampas/ha (Rodríguez-Rebollar *et al*., 2012, Figueroa-Castro *et al*., 2013;

Figueroa-Castro *et al*. 2016; Figueroa-Castro *et al*., 2017). Un factor importante para optimizar el sistema de trampas para monitorear las plagas de insectos es la adición de tejido vegetal o tejido del hospedero que funciona como sinergista y aumenta la captura de insectos (Figueroa-Castro *et al*., 2017). Para el trampeo del picudo del agave, se han probado varios sinergistas, por ejemplo, tejido de agaves, frutos de piña y plátano y en diferentes especies de agaves, (Figueroa-Castro *et al*., 2017; Cruz-Faustino *et al*., 2019; Cruz-Esteban *et al*., 2020). Sin embargo, hasta ahora, la fuente sinergista más común para el picudo del agave es tejido agave fresco (Figueroa-Castro *et al*., 2017; Figueroa-Castro *et al*., 2018), por lo que es importante saber si algunas frutas y tejidos de agave pueden trabajar como agente sinérgico para mejorar la atracción de las trampas con feromona de agregación sintética y aumentar las capturas de este picudo en trampas. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue encontrar agentes sinergistas que puedan aumentar las capturas de picudos del agave en trampa cebadas con feromonas en una plantación de *A. angustifolia* en el estado de Guerrero.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Localización del sitio experimental

La investigación se realizó en la plantación “El Horno” en las coordenadas 18°19´35.23” latitud norte y 99°08´59.95” longitud oeste, a 1130 msnm, la cual tiene plantas de maguey espadín *A. angustifolia* de 5 años de edad, con una superficie de 4 ha, ubicado en la localidad de Quetzalapa, municipio de Huitzuco de los Figueroa, región norte de Guerrero.

3.4.2 Descripción de la trampa

En los experimentos se utilizaron trampas tipo cubeta con diseño TOCCIA también conocido como agroecológico (trampas con orificios circulares arriba), tal como la describen Figueroa *et al*. (2016).

3.4.3 Experimento 1

En el primer ensayo se evaluaron cuatro tratamientos con sinergistas como frutas y tejido de agave (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Tratamientos del experimento 1.

No. Tratamiento	Tratamientos
T1	Trampa + feromona + agua jabonosa al 5% (control)
T2	Trampa + feromona + 400 g de piña madura sumergida en agua jabonosa al 5%
T3	Trampa + feromona + 400 g de plátano maduro sumergido en agua jabonosa al 5%
T4	Trampa + feromona + 400 g de tejido de *Agave angustifolia* Haw. sumergido en agua jabonosa al 5%

3.4.3.1 Descripción del experimento

El cebo alimenticio frutos o tejido de agave se cortó en trozos y coloco dentro de la trampa sumergido en agua jabonosa al 5%. Este se cambió cada 15 días. La feromona sintética de agregación usada fue Tequilur® (FeroComps, D.F. México), cada liberador contiene la cetona alifática 2-metil, 4-octanona, las cuales se cambiaron mensualmente. El ensayo tuvo una duración de un mes.

3.4.4 Experimento 2

En el segundo ensayo se evaluaron tres tratamientos para comparar entre trampas solo con agua jabonosa y sinergistas (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Tratamientos del experimento 2.

No. Tratamiento	Tratamientos
T1	Trampa + feromona + agua jabonosa al 5% (control)
T2	Trampa + feromona + 400 g de tejido de *Agave angustifolia* Haw. sumergido en agua jabonosa al 5%
T3	Trampa + feromona + Sinergium® + agua jabonosa al 5%

3.4.4.1 Descripción del experimento

El experimento tuvo una duración de dos meses. La feromona sintética de agregación usada fue el Tequilur® (FeroComps, D.F., México), la cual se cambió mensualmente. El cebo alimenticio 400 g de tejido fresco de agave que se obtuvo de la plantación en estudio (base de pencas de maguey espadín), que se cortó en trozos y se colocó en la base de la trampa diseño TOC sumergido en agua jabonosa al 5%. Este se cambió quincenalmente. También se utilizó un sinergista sintético, Sinergium® el cual se colocó

dentro de la trampa sostenido por un alambre de acero sujeto al centro de la tapa de la trampa tipo cubeta. Este se reemplazó cada mes.

3.4.5 Colecta, conteo y determinación sexual de picudos capturados en trampas

En cada experimento esta actividad se realizó quincenalmente, consistió en recoger los picudos capturados en trampas y se colocaron en bolsas de plástico, las cuales se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio Fitosanitario de Agriminilla, S.A.S. de C.V. ubicado en Quetzalapa, Gro., para contarlos y hacer la separación de sexo con base en la morfología del último segmento abdominal del insecto (Ramírez-Choza, 1993).

3.4.6 Colecta, conteo e identificación de insectos no blanco capturados en trampas

Esta actividad se realizó cada 15 días y consistió en retirar los insectos no objetivo capturados en las trampas, después se colocaron en bolsas plásticas, las cuales se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio Fitosanitario de Agriminilla S.A.S. de C.V. para contarlos y hacer la identificación esta se hizo de forma visual, y se clasificaron hasta la categoría entomológica ("orden") de cada insecto no objetivo capturado en trampas.

3.4.7 Diseño y unidad experimental

En todos los experimentos se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones de cada tratamiento, la distancia entre trampas fue de 50 m, las trampas se colocaron enterradas en el suelo una pulgada abajo de los orificios junto a una planta de agave, la unidad experimental consistió en una trampa tipo cubeta TOCCIA.

3.4.8 Variables de respuesta

Las variables respuesta que se registraron fueron el número promedio de picudos capturados por trampa/día, el porcentaje de hembras y machos y el número de insectos no blanco capturados por trampa/día.

3.4.9 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistical Analysis System (SAS, versión 9.0) (SAS Institute, 2002). A los datos de todos los experimentos se les realizó un análisis de varianza con el procedimiento ANOVA, previo a dicho análisis se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett), y cuando fue necesario, se aplicó una

prueba de comparación de medias Tukey (α=0.05). Para determinar las diferencias en el número de picudos machos y hembras capturados por el tratamiento, se aplicó una prueba de X^2 usando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer experimento, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (F = 1.93; GL = 3, 15; P = 0.1787). Sin embargo, los promedios de captura de *S. acupunctatus* más altos se obtuvieron en trampas cebadas con la feromona de agregación sintética, más cualquier cebo alimenticio sumergido en agua, como piña (0.53 ± 0.12), tejido de agave (0.46 ± 0.03), plátano (0.39 ± 0.02); mientras que las menores capturas fueron en trampas cebadas solo con la feromona (0.28 ± 0.10) (Figura 3.1).

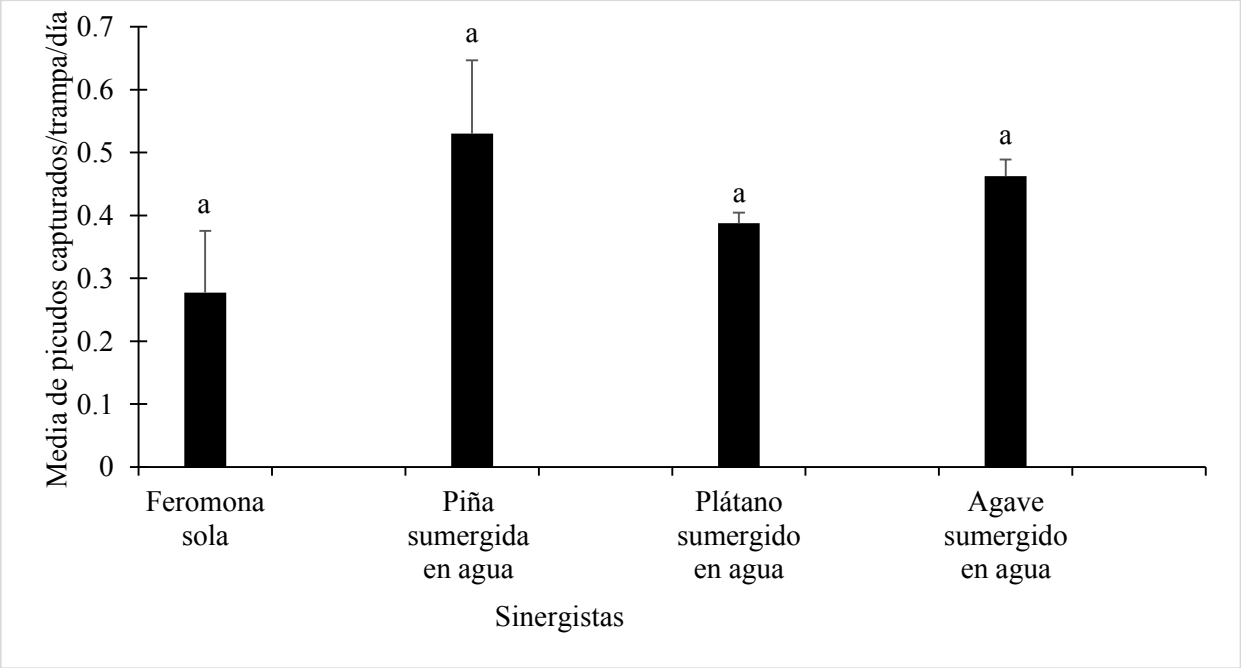


Figura 3.1. Media ± EE de picudos capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas vegetales en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw., en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. Las barras con letras similares no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, α = 0.05). Las medias presentadas en este gráfico son un promedio de las cuatro repeticiones.

En este experimento correspondiente a la captura de insectos no blanco estos pertenecieron a seis órdenes de insectos: Blattodea, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera, de igual forma, en trampas no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (F = 0.98; GL = 3, 15; P = 0.4354). Adicionalmente, las capturas promedio de los insectos no blanco más bajas se obtuvieron en el tratamiento de tejido de agave sumergido en agua (0.79± 0.2), solo feromona sintética (1.30 ± 0.74), plátano (1.59± 0.09) y la piña sumergida en agua capturó mayor número de insectos no blanco en trampas por día (2.13± 0.82) (Figura 3.2).

En el segundo experimento, las capturas de picudo en trampas no fueron significativamente afectadas por los tratamientos (F = 1.55; GL = 2, 11; P = 0.2643). En los tratamientos con los sinergistas, no se detectó efecto significativo en las capturas de picudos en trampas, aunque las trampas con la feromona más Sinergium capturaron el mayor número de picudos por trampa/día (1.01 ± 0.18) y la menor captura fue la trampa con solo la feromona sintética (0.49 ± 0.21) (Figura 3.3).

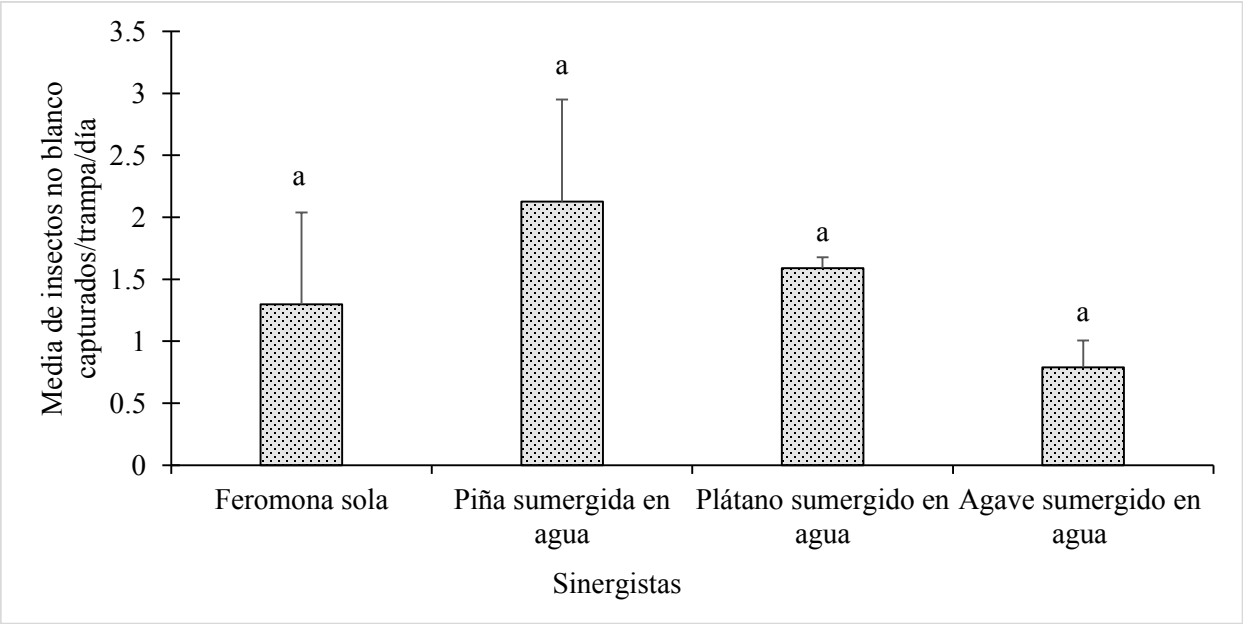


Figura 3.2. Media ± EE de insectos no blanco capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas vegetales en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. Las barras con letras similares no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, α = 0.05). Las medias presentadas en este gráfico son un promedio de las cuatro repeticiones.

En la captura en trampas de insectos no blanco del segundo experimento, no se detectó efecto significativo de los sinergistas evaluados (F = 0.58; GL = 2, 11; P = 0.578). La captura de estos insectos más baja se obtuvo en las trampas cebadas con feromona sintética (1.50 ± 0.43), seguida del agave sumergido en agua (2.55 ± 0.8) y la mayor captura de picudos fue en trampas con Sinergium® (2.65 ± 1.12) (Figura 3.4).

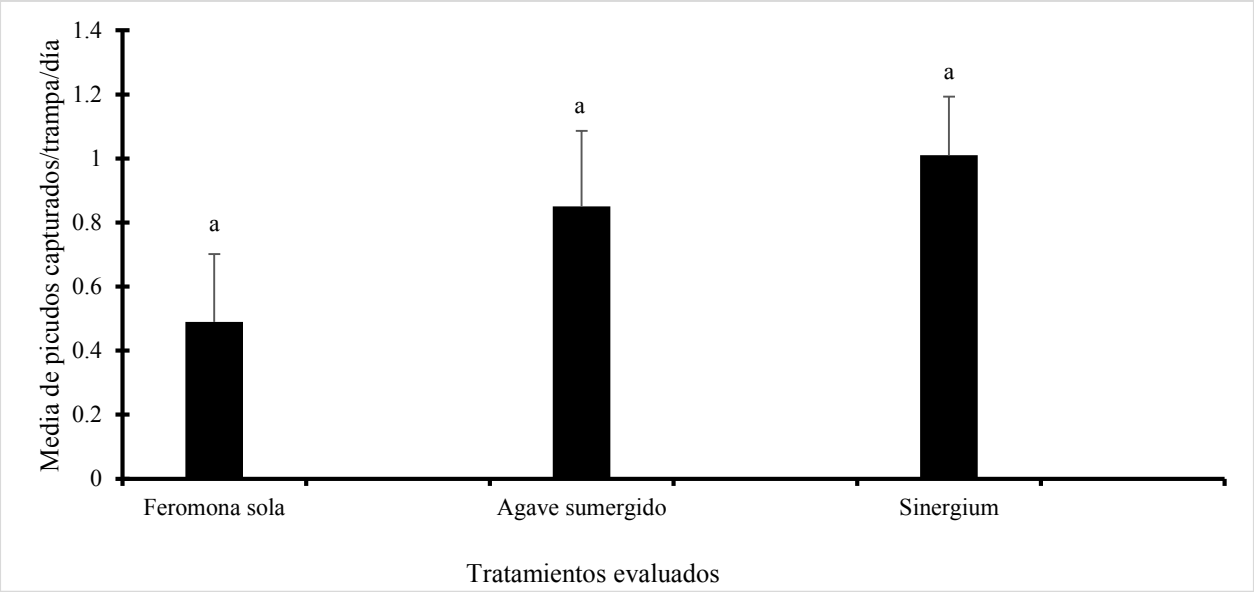


Figura 3.3. Media ± EE de picudos capturados en trampas con feromonas cebadas con diferentes sinergistas en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. Las barras con letras similares no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, α = 0.05). Las medias presentadas en este gráfico son un promedio de las cuatro repeticiones.

En el presente trabajo, se determinó que los diferentes sinergistas vegetales y el sintético probados, no afectaron significativamente las capturas de picudos en las trampas cebadas con feromona. Aunque las trampas cebadas con la feromona más Sinergium® y la feromona más tejido de agave sumergido en agua, obtuvieron numéricamente mayores capturas que el control (trampas cebadas solo con feromona), el emplear un sinergista sintético (Sinergium®) es más sencillo, fácil de comprar y de almacenar, es más práctico que usar tejido de agave y sin impactos directos para la producción de agave cuando el agave tiene un alto valor. En contraste Cruz-Faustino *et al*. (2019) encontraron que el tejido de agave y las frutas (plátano y piña) en trozos sumergidas en agua

jabonosa, funcionaron como sinergistas a la feromona sintética, aumentando el número de picudos capturados en trampas con feromonas. La piña fue evaluada por García-Ramírez *et al*. (2014) para el trampeo de esta plaga en un cultivo de nardo *Polianthes tuberosa* L. cv. Perla (Asparagaceae) encontraron mayores capturas de picudos en aquellas cebadas con feromona de agregación sintética, más 200 g de piña. El plátano fue probado por Sumano *et al*. (2012) para el trampeo de *Rhynchophorus palmarum* L. encontraron que aumentaron las capturas en trampas cuando se utilizó el atrayente alimenticio con la feromona sintética. También se han reportado respuestas similares en otros picudos con tejidos vegetales o frutas como sinergistas, por ejemplo, Tinzaara *et al*. (2007) encontraron que utilizando tejido del pseudotallo de plátano más su feromona sintética mejora las capturas en el trampeo del adulto de *Cosmopolites sordidus*. Wibe *et al*. (2014) descubrieron que la adición del principal volátil de las flores de fresa al trampeo con feromona de agregación sintética del picudo *Anthonomus rubi* Herbst, aumenta las capturas de este picudo en trampas en comparación de la feromona sola. Figueroa-Castro *et al*. (2018) evaluaron diferentes cantidades de tejido de agave en trampas y encontraron mayores capturas de picudos en aquellas cebadas con feromona de agregación sintética, más 400 g de tejido de agave. Además, Figueroa-Castro *et al*. (2017) al evaluar el tejido de “maguey papalote”, “maguey espadín”, fruta de plátano y piña, descubrieron que el maguey papalote, la piña y el plátano, incrementan el número de picudos capturados en las trampas con feromona, lo cual difiere a los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación. Cruz-Esteban *et al*. (2020) evaluaron un nuevo diseño de trampa para la captura del picudo negro del agave y compararon la sinergia de la feromona de agregación sintética con los volátiles del hospedero y el etanol y encontraron un incremento del 400 % en las capturas del picudo en trampas en el tratamiento donde utilizaron la feromona y el tejido de agave previamente fermentado con melaza.

Las feromonas sintéticas han demostrado ser una herramienta eficiente en tiempo y forma para monitorear y en algunos casos controlar insectos plaga, ya que generalmente solo atraen al insecto específico (Rodríguez-Rebollar *et al*., 2012). Las principales ventajas de estas feromonas radican en su facilidad de empleo, no contamina el medio ambiente, ya que se trata de métodos específicos utilizados a muy bajas dosis, libres de

residuos tóxicos y sin efectos secundarios negativos para la fauna benéfica (Ramírez, 1996).

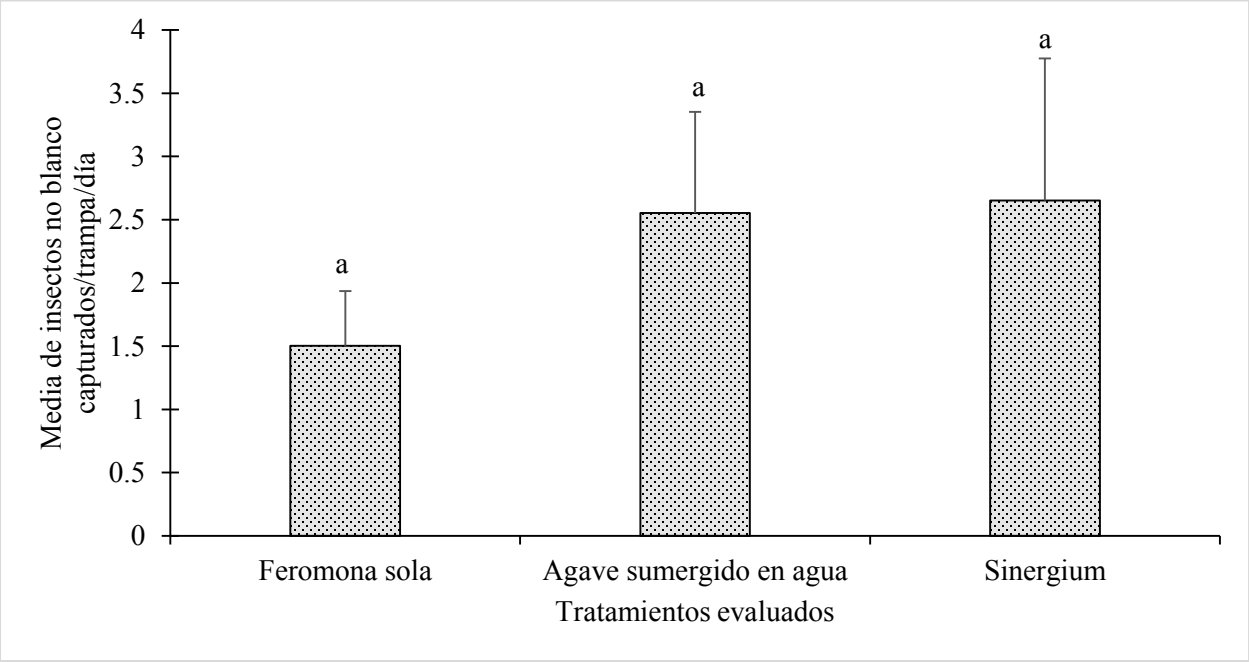


Figura 3.4. Media ± EE de insectos no blanco capturados en trampas con cebadas feromonas y con diferentes sinergistas en predio comercial de *Agave angustifolia* Haw. en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. Las barras con letras similares no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, α = 0.05). Las medias presentadas en este gráfico son un promedio de las cuatro repeticiones.

Respecto a la proporción sexual de los picudos capturados en la mayoría de las trampas, fueron capturadas significativamente más hembras que machos en los tratamientos siguientes: Feromona sola, agave espadín criollo y Sinergium (Cuadro 3.3). Estos datos son similares a reportes anteriores de Figueroa-Castro *et al*. (2013), Figueroa-Castro *et al*. (2017), Figueroa-Castro *et al*. (2018), Cruz-Faustino *et al*. (2019). En un sistema de trampeo masivo, el potencial para reducir la población de picudos sería mayor, si preferencialmente se capturaran más hembras que machos (Ruiz-Montiel *et al*., 2008).
Una desventaja detectada en el sistema de trampeo utilizado en este trabajo de investigación con trampas tipo cubeta (TOCCIA) cebadas con feromona sintética y sinergistas mas el agua jabonosa como agente de retención en agave espadín, fue que se capturaron especies correspondientes a los órdenes Blattodea, Diptera, Hymenoptera,

Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera no objetivo; una posible explicación es que el agua jabonosa utilizada en las trampas fue una fuente alternativa para la hidratación de la entomofauna asociada al agave, ya que el trabajo se realizó en temporada de sequía y no se encontraba ninguna fuente cercana de este líquido, adicionando a esto, la producción de volátiles de la fermentación de los sinergistas vegetales que se utilizaron, pudieron ser atractivos para estos insectos no blanco capturados en las trampas cebadas con feromona y sinergistas. Figueroa *et al*. (2016) evaluaron tres tipos de trampas en una plantación de agave espadín en el estado de Guerrero, encontraron que en las trampas donde se utilizó el agua como agente de retención, capturaron muchas especies de Lepidópteros, Dípteros y Coleópteros no objetivo, esto tiene similitud con lo encontrado en nuestros resultados.

Finalmente, los resultados del presente estudio pueden servir como base para otros estudios donde se busque encontrar sinergistas para el trampeo del picudo del agave con la feromona sintética y para mejorar el manejo integrado de esta plaga en el país.

Cuadro 3.3. Porcentaje de hembras y machos capturados en trampas con feromona con diferentes sinergistas.

Experimento	Sinergista	Hembras (%)	Machos (%)	X^2	$Pr>X^2$
1	Feromona sola	65	35	9	0.0027
	Piña	52	48	0.16	0.6898
	Plátano	53	47	0.36	0.5485
	Agave espadín criollo	62	38	5.76	0.0164
2	Feromona sola	58	42	2.56	0.1096
	Agave espadín criollo	54	46	0.64	0.4247
	Sinergium	61	39	4.84	0.0278

3.6 CONCLUSIONES

Desde el punto de vista técnico para el agricultor, a pesar de no haber diferencias estadísticas, pero si numéricas, se sugiere que a bajas densidades el picudo no necesita adicional algún sinergista ya que puede responder a la feromona de agregación sintética. En altas densidades del picudo existe una gran variedad de fuentes de volátiles como

feromona de la gran cantidad de picudos, volátiles verdes de plantas con daños mecánicos y volátiles fermentativos de plantas seriamente dañadas, lo que puede afectar que el picudo del agave pueda llegar a donde queremos, a la trampa y ahí si ocupa de algún sinergista vegetal o sintético para incrementar las capturas del picudo del agave.

Las trampas con feromona de agregación sintética, más sinergistas como el agave espadín o Sinergium®, capturaron significativamente más hembras que machos del picudo del agave, lo cual puede impactar en las densidades poblaciones futuras de la plaga, la sanidad de la planta y economía del productor de agave espadín.

3.7 LITERATURA CITADA

Aquino, B.T., Iparraguirre, C.M.A., 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.

Aquino, B.T., Ruiz, V.J., Giron, P., Pérez, P.S.R., Martínez, T.S.H., Silva, R.M.E. 2011. Interrelationships of the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal), *Erwinia carotovora* (Dye), entomopathogenic agents and agrochemicals. *African Journal of Biotechnology*. 68: 15402-15406.

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.

Colunga-García, M.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, M.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.

Cruz-Faustino, J.J., Figueroa-Castro, P., Alcántara-Jiménez, J.A., López-Martínez, V., Silva-García, F. 2019. Vegetal synergists for trapping the adult of *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, in pheromone baited traps, in *Agave angustifolia* Haw., in Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 35: 1-9.

CRT. 2005. Plagas y Enfermedades del *Agave tequilana* Weber, var. azul. Consejo Regulador del Tequila, A. C. (CRT). Editorial Pandora. 123 p.

Figueroa-Castro, P., González-Hernández, H., Carrillo-Sánchez, J.L., Solís-Aguilar, J.F., del Real-Laborde, J.I., Rubio-Cortés, R., Rojas, J.C. 2018. Amount and bagging of the bait food affect the captures of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) by pheromone-baited traps. *Florida Entomologist*. 101(1): 6-11.

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., López-Martínez, V., Silva-García, F., González-Hernández, H. 2017. Food attractants to increase pheromone-baited trap performance for *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) in mezcal maguey. *Florida Entomologist*. 100(1): 203-205.

Figueroa-Castro, P., Solís-Aguilar, J.F., 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.

García-Ramírez, M.J., López-Martínez, V., Alia-Tejacal, I., Andrade-Rodríguez, M., Rojas, J.C. 2014. Influence of trap color and food bait on the catches of *Scyphophorus acupunctatus* by pheromone-baited traps in tuberose crop. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 87: 96-101.

Giblin-Davis, R.M., Oehlschlager, A.C., Pérez, A., Gries, G., Gries, R., Weissling, T.J., Chinchilla, C.M., Peña, J.E, Hallett, R.H., Pierce J.H.D., González L.M. 1996. Chemical and behavioral ecology of palm weevils (Curculionidae: Rhynchophorinae). *Florida Entomologist*. 79: 153-167.

González Hernández, H., Solís Aguilar, J.F., Pacheco Sánchez, C., Flores Mendoza, F.J., Rubio Cortez, R., Rojas, J.C. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39–67. 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.

Oehlschlager, A.C., Chinchilla, C.M., González, L.M., Jiron, L.F., Mexzon, R., Morgan, B. 1993. Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*. 86: 1381-1392.

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.

Ramírez, D.L.P. 1996. Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura. *Palmas*, 7(3): 27-32.

Rodríguez-Rebollar, H., Rojas, J.C., 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: 73-85.

Ruiz-Montiel, C., Ramón-Domínguez, C.I., Domínguez-Reyes, L., Ainza-Zarate, R., Mendoza-López, M.R. 2017. Efecto de la trampa y atrayente sobre *Scyphophorus acupunctatus* en agave. *Southwestern Entomologist*. 42(1): 237-247.

Solís-Aguilar, J.F., González-Hernández, H., Leyva-Vázquez, J.R., Equihua-Martínez, J.A., Flores-Mendoza, F.J., Martínez-Garza, A. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, Plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*. 35: 663-670.

Sumano, D., Sánchez, S., Romero J., Sol, A. 2012. Eficacia de captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) con diferentes diseños de trampas en Tabasco, México. *Fitosanidad*. 16(1): 43-78.

Tinzaara, W., Gold, C.S., Dicke, M., Huis, A.V., Ragama, P.E. 2007. Host plant odors enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure®. *International Journal of Pest Management* 53: 127-137.

Wibe, A., Borg-Karlson, A.K., Cross, J., Bichao, H., Fountain, M., Liblikas, I., Sigsgaard, L. 2014. Combining 1,4-dimethoxybenzene, the major flower volatile of wild strawberry *Fragaria vesca*, with the aggregation pheromone of the strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* improves attraction. *Crop Protection*. 64: 122-128.

CAPITULO IV. CONOCIMIENTO TRADICIONAL CAMPESINO SOBRE LOS ORGANISMOS ASOCIADOS CON EL MAGUEY Y MEZCAL EN CUATRO LOCALIDADES DEL ESTADO DE GUERRERO.

4.1 RESUMEN

El Agave también denominado ‘maguey’ es considerado como un género que tiene su centro de origen en México. Esta planta tiene potencial económico, agronómico, biológico y sociocultural. Los agaves tienen una diversidad de aplicaciones; fuente de alimento, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras, abono orgánico, construcción de viviendas, elaboración de implementos agrícolas y bebidas, entre otros. El objetivo de la investigación fue documentar y analizar el conocimiento tradicional de los productores de maguey del estado de Guerrero en México, sobre los organismos asociados con la producción de maguey y mezcal. El estudio se realizó en la región Centro (tres localidades de un municipio) y Norte (una localidad de un municipio) del estado de Guerrero entre septiembre y noviembre de 2020. Se hicieron entrevistas semiestructuradas a informantes clave (productores de maguey-mezcal), así como recorridos de campo. El análisis cualitativo se llevó a cabo a través de la codificación e interpretación de los resultados obtenidos, se realizó en redes temáticas con base en el programa ATLAS ti. 8. Los resultados obtenidos del presente trabajo fortalecen las consideraciones generales para la conservación de los agaves estudiados; añadiendo que, en las cuatro localidades en estudio, la importancia de los magueyes evaluados principalmente se enfoca en la producción de mezcal. Los productores de las comunidades de estudio identifican claramente a los insectos perjudiciales, enfermedades, insectos benéficos, plantas competidoras y plantas aprovechables que se encuentran asociados con la producción del maguey mezcalero. De acuerdo con los problemas mencionados y la información aportada, es pertinente combinar el conocimiento tradicional del productor y de la investigación científica para desarrollar acciones efectivas que aseguren una perspectiva sostenible de los magueyes.

Palabras clave: Maguey mezcalero, conocimiento tradicional, organismos asociados.

4.2 ABSTRACT

The *Agave* plant, also known as “maguey”, is considered a genus that has its center of origin in Mexico. This plant has economic, agronomic, biological and sociocultural potential. Agaves have a diversity of applications, source of food, medicine, fuel, shelter, ornament, fibers, organic fertilizer, house construction, production of agricultural implements and beverages, among others. The objective of the research was to document and analyze the traditional knowledge of the maguey producers of the state of Guerrero in Mexico, about the organisms associated with the production of maguey and mezcal. The study was carried out in the Central region (three localities of a municipality) and North (a locality of a municipality) of the state of Guerrero between September 2020 and November 2020. Semi-structured interviews were conducted with key informants (producers of maguey-mezcal), as well as field trips. The qualitative analysis was carried out through the coding and interpretation of the results obtained, it was carried out in thematic networks based on the ATLAS ti program. 8. The results of this research strengthen the general considerations for the conservation of the agaves studied; adding that, in the four locations under study, the importance of the magueys evaluated mainly focuses on the production of mezcal. The producers of the participant communities clearly identify the harmful insects, diseases, beneficial insects, competing plants and usable plants that are associated in the production of the maguey mezcalero. According to the problems mentioned and the information provided, it is pertinent to combine the traditional knowledge of the producer and scientific research to develop effective actions that ensure a sustainable perspective of the maguey.

Keywords: Maguey mezcalero, traditional knowledge, associated organisms.

4.3 INTRODUCCIÓN

La especie humana ha logrado permanecer en sociedades sedentarias debido a su habilidad para apropiarse de los recursos que le rodean, aprovechando los elementos y procesos naturales. Pero esta habilidad solo ha perdurado, debido a la permanencia de una memoria que se ha trasmitido de generación en generación, que se caracteriza por un amplio y diverso conocimiento tangible e intangible del medio natural (Toledo y Barrera-Bassols, 2008). El conocimiento tradicional ha permitido la acumulación de diferentes concepciones de la naturaleza Ruan-Soto *et al*. (2009), así como el conocimiento sobre la biología de las especies y los procesos ecológicos y puede ser una herramienta en el desarrollo y en la conservación de la diversidad biológica y cultural, además de ser de utilidad para la elaboración de programas de conservación y restauración ecológica, así como en la gestión sustentable de los recursos. También representa la historia de la práctica en el uso de sus recursos. Por lo tanto, la memoria de este conocimiento que es trasmitido intergeneracionalmente, en su lengua y principalmente en forma oral, no escrita, es el recurso intelectual más importante de las culturas indígenas y no indígenas (Toledo y Barrera-Bassols, 2008). El género *Agave* es originario de Mesoamérica y cuenta con 211 especies, todas distribuidas en el continente americano. México se considera como su centro de origen y diversificación; de todas las especies existentes, 159 (75%) se encuentran en el país y de éstas, 129 son endémicas, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los agaves (Aguirre y Ruiz, 2005; Colunga-GarcíaMarín *et al*., 2007). Los Agaves o magueyes, son plantas siempre verdes, cuyas características fisiológicas y morfológicas les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes adversos, 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 34º Latitud Norte hasta los 60º Latitud Sur (García *et al*., 2010). La importancia de los magueyes en México, se hace notar desde el punto de vista agroecológico y socioeconómico, esto debido a los múltiples usos de que son objeto en las diferentes regiones y de qué especie de agaves se trate, que van desde la elaboración de bebidas alcoholígenas, como el mezcal y tequila, conservación de suelos, forraje, obtención de fibras, para construcciones de viviendas, usos medicinales, ornamentales y obtención de

insectos comestibles (García, 2007 y García *et al*., 2010). En México, existen alrededor de 20 especies mezcaleras distribuidas en 12 estados, entre los que figura Guerrero, con una superficie sembrada de agaves mezcaleros de 1,733.8 ha, donde en las regiones centro y norte del estado, se concentra el 92 % de esta superficie sembrada (SIAP, 2020). El objetivo de la presente investigación es aportar información sobre el conocimiento tradicional de los productores de maguey sobre los organismos asociados con la producción de maguey y mezcal, en la región norte y centro del estado de Guerrero.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en dos regiones del estado de Guerrero: Norte y Centro; el estudio incluyó dos municipios: Huitzuco de los Figueroa y Chilapa de Álvarez; en los cuales se estudiaron cuatro localidades: 1) Quetzalapa, 2) La Providencia, 3) Ahuacuotzintla, 4) Ayahualco. Se georreferenciaron respecto a su latitud, longitud y altitud de localidad, con un sistema de posicionamiento global (GPS), marca Garmin, modelo eTrex 10. Los diferentes factores ambientales que prevalecen en cada región permiten el establecimiento del cultivo de maguey mezcalero a diferentes altitudes, estos oscilan de los 920 a los 1846 msnm (Cuadro 4.1). En Chilapa de Álvarez, Guerrero, se trabajó en localidades donde radican productores de maguey mezcalero pertenecientes a la asociación llamada Sansekan Tinemi.

Cuadro 4.1 Localización geográfica de las localidades en estudio en Guerrero.

Región	Municipio	Localidad	Coordenadas	Altitud (msnm)	Nombre científico	Nombre común del maguey
Norte	Huitzuco de los Figueroa	Quetzalapa	18°33´52.78” 99°18´66.67”	920	*A. angustifolia*	Espadín
Centro	Chilapa de Álvarez	La Providencia	17°36´05.04” 99°12´20.16”	1550	*A. cupreata*	Papalote
		Ahuacuotzintla	17°39´16.90” 99°07´35.67”	1846	*A. cupreata*	Papalote
		Ayahualco	17° 37’ 2.6’’ 99° 11’ 7.4’’	1534	*A. cupreata*	Papalote

4.4.2 Entrevista semiestructurada

Para poder realizar el levantamiento de datos de este trabajo de investigación, se solicitó el permiso a la autoridad correspondiente de cada localidad (Hernández *et al*., 2003). Durante el periodo septiembre a noviembre de 2020. Para este estudio se aplicó una entrevista semiestructurada a 20 informantes clave (productores de maguey mezcalero) en las cuatro localidades de estudio. Los primeros entrevistados fueron recomendados por las autoridades de las comunidades, considerando los siguientes criterios: 1) experiencia en el manejo del cultivo de maguey; 2) que contaran con plantaciones de maguey sembradas en el año del estudio; 3) tener disposición para apoyar en la investigación (Hernández *et al*., 2014). La adición de entrevistados se suspendió en el momento que se detectó el punto de saturación de la información (Glaser y Strauss, 1967). Las visitas a plantaciones de maguey en cada localidad se realizaron en compañía de los productores, que, de acuerdo con su percepción, pudieran proporcionar información que poseen sobre los organismos asociados a la producción de maguey. Las entrevistas fueron grabadas en audio con el previo consentimiento de los participantes, para ello se utilizó un Smartphone marca Sony Xperia XA1 ultra. Para dar la dirección de los temas generales de la conversación, se utilizó un guion y cada entrevista fue transcrita para su análisis.

4.4.3 Análisis de la información

Con la información recabada se llevó a cabo un análisis cualitativo, utilizando como apoyo para ello el software Atlas ti. 8 (Scientific Software Development GmbH), a través de la codificación o acontecimiento significativo para los entrevistados (Strauss y Corbin, 2002), citación de texto y elaboración de redes conceptuales que facilitaran la comprensión de los hallazgos obtenidos en la investigación (San Martín, 2014; Quecedo, 2002).

En total se generaron cinco redes temáticas, a las que se les asignaron los siguientes títulos: a) Importancia local del maguey y mezcal. b) Insectos y otros organismos perjudiciales directos asociados con la producción de maguey mezcalero. c) Insectos y otros organismos benéficos directos asociados con la producción de maguey mezcalero. d) Plantas competidoras (arvenses). e) Plantas aprovechables. Se realizó la

interpretación de las cinco redes temáticas, de las cuales se obtuvieron los relatos, dando como resultado una teorización acerca de la temática de estudio.

Los textos que aparecen en cursivas y entre comillas en el apartado de resultados y discusión (con excepción de los nombres científicos) son transcripciones *verbatim* de afirmaciones hechas por los informantes clave, en respuesta a preguntas formuladas a ellos durante las entrevistas.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Importancia local del maguey y mezcal

Los agaves han tenido una gran importancia económica, ecológica y socio-cultural para numerosos pueblos indígenas y mestizos de Mesoamérica, pues se trata de plantas que se han utilizado durante siglos por los distintos beneficios y productos que otorgan a la sociedad y al ecosistema (García-Mendoza, 2007).

Los productores entrevistados mencionaron que el cultivo de maguey es de gran importancia para sus comunidades porque *"es la materia prima para la elaboración del mezcal, si no hay materia prima no hay mezcal"* (productora de Ayahualco). En Guerrero, el principal uso que se le da a los magueyes es para la producción de mezcal, este es un producto que genera un sustento económico para sus familias. Además, Don Francisco menciona que: "*son una fuente de trabajo que tiene la gente, es zona ganadera, pero también la gente se dedica a la producción de mezcal, ejemplo yo soy socio ganadero, pero también soy agricultor, se busca la manera de subsistir porque aquí es una fuente de trabajo, lo cosechamos en temporadas de escasez y crisis cuando la situación está difícil"* (productor de Quetzalapa).

De acuerdo con la NOM-070-SCFI-1994, el mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene por destilación y rectificación de los mostos (o jugos) preparados directamente con los azúcares extraídos de las cabezas maduras de los agaves, mismas que son previamente cocidas y sometidas a fermentación alcohólica. El mezcal es una bebida que cuenta con la denominación de origen, la cual comprende territorios protegidos, el estado de Guerrero cuenta con la Denominación de Origen Mezcal (DOM), donde se encuentran registrados *Agave angustifolia* y *Agave cupreata*, cuyo proceso de

elaboración ha adquirido la identidad y calidad de dicho producto frente al mercado nacional e internacional.

Por otro lado, son especies capaces de hacer frente a los efectos de cambio climático, por su apoyo en la reducción de la erosión, captura de carbono, así como la provisión de refugio y alimento para una gama muy amplia de especies animales, desde insectos hasta mamíferos. Sus usos incluyen la producción de alimento, fibras, forraje, medicamento, construcción, leña y elaboración de bebidas alcohólicas (tequila, mezcal, sotol entre otros) (García-Mendoza, 2007; Pérez *et al*., 2016; Colunga-GarcíaMarín *et al*., 2007). En todas las comunidades estudiadas los productores tienen el conocimiento de los beneficios que aportan los magueyes a su agroecosistema argumentan que "*sirven para retener suelo en laderas"* y también *"es una forma de reforestar"* agregando que Don Daniel menciona que: *"El maguey conserva el suelo, retiene el suelo, capta más oxígeno, se le dan varios usos actualmente ya que es un cultivo resistente a sequías y no es como el maíz que si en un año no llueve se pierde totalmente y el maguey no"* (Productor de Quetzalapa). Este conocimiento de los productores es un factor importante que determina la productividad y sostenibilidad agrícola de las áreas de ladera (Pérez *et al*., 2016). *"Los magueyes son súper importantes para la comunidad, mire primero es que es de primera necesidad, en segunda por tanta tradición que se vive o vivimos"* (Productor de Ahuacuotzintla).

4.5.2 Insectos y otros organismos perjudiciales directos asociados a la producción de maguey mezcalero

En las cuatro localidades en estudio se mencionaron 11 especies de diferentes taxa de los cuales son: (cinco artrópodos, tres hongos, dos mamíferos y una bacteria) (cuadro 4.2). Fueron cinco especies las que se mencionaron con mayor frecuencia como nocivos para los cultivos de maguey espadín y maguey papalote, destacando el artrópodo (insecto) nombrado como picudo negro del maguey *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal con un 100% de menciones, seguido de la enfermedad de la secazón de la punta del maguey ocasionada por un hongo (*Fusarium oxisporum* S.) con un 50% de menciones por los productores magueyeros. Los artrópodos (insectos) escarabajo rinoceronte (*Strategus aloeus* L.) y chinche del agave (*Caulatops distanti* Reuter) son dos especies que ocupan un 25% de menciones por los productores. El mamífero conocido

como rata de campo (*Peromyscus mexicanus*) ocupa el cuarto lugar con un 20% de menciones. Con base en este reconocimiento, las especies con mayor porcentaje de mención son las que más perjudican a los cultivos de maguey mezcalero, porque observan directamente que se alimentan de buena parte de la planta y llegan a ocasionar la muerte de esta. De acuerdo con Bentley y Rodríguez-Casilla (2001), la gente rural posee un conocimiento tradicional ya que, por ejemplo; conoce a los insectos más íntimamente que nadie, excepto los entomólogos, pero pocos entomólogos saben cómo cosechar miel de avispa. A nivel transcultural, los peces, los mamíferos, las aves, los árboles, las malas hierbas y los cultivos también se asocian con conocimientos y taxonomías profundas y reciben nombres de una combinación de propiedades naturales y culturales porque estos taxones son culturalmente importantes, por lo general y fácil de observar. Los organismos causantes de enfermedades y la mayoría de las plagas de los cultivos se asocian con taxonomías y conocimientos ásperos que están algo estratificados y, a menudo, se nombrarán por su valor de utilidad (daño) porque son culturalmente importantes pero difíciles de observar. Los insectos y hongos más grandes, pero no comestibles y las plantas herbáceas inútiles pero inofensivas se asocian con conocimiento escaso y taxonomías planas en categorías formadas en niveles linneanos altos, y sus nombres describen su apariencia porque son culturalmente diferentes, sin importancia, pero fácil de observar. Los seres muy pequeños, raros y crípticos, como la mayoría de los nematodos, las bacterias y los hongos microscópicos, no están asociados con ningún conocimiento local, taxonomías ni nombres, porque son difíciles de observar y culturalmente sin importancia.

El cultivo de agave se ve afectado por diferentes problemas fitosanitarios; entre estos se encuentran las plagas y enfermedades, provocando pérdidas económicas, e incrementando los costos de producción (González *et al*., 2007). Las principales plagas que atacan del cultivo de agave mezcalero en su mayoría son insectos, estos han sido clasificados en tres grandes grupos de acuerdo con el tipo de daño que ocasionan en la planta. Dentro de estos están los insectos barrenadores: picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal); cerambícido del agave (*Acanthoderes funeraria* Bates); y el picudo pinto (*Peltophorus polymitus* Boheman). Insectos chupadores y del follaje: chinche del agave (*Caulatops distanti* Reuter); piojos harinosos (*Pseudococcus variabilis von*

Ellenrieder & Watson y *Chorisococcus triunfoensis* Williams & Granara de Willink); y las escamas armadas del agave (*Acutaspis agavis* Towsend & Cockerell). Plagas rizófagas: escarabajo rinoceronte (*Strategus aloeus* L.). Adicionándoles a estas plagas, en los roedores destacan los ratones de campo (*Peromyscus* sp.), las ratas (*Rattus norvegicus*); las tuzas (*Pappogeomys* sp.) (Solís *et al*., 2001; González, 2004; González *et al*., 2007; CESAVEG, 2011).

Las principales enfermedades que demeritan al cultivo de agave mezcalero son causadas por agentes bióticos (hongo, bacteria, etc.) entre estas destacan: *Cercospora agavicola* (Ayala *et al*., 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 y *Erwinia* sp. (Aquino-Bolaños *et al*., 2009; EPPO, 2017); *Alternaria* sp. (Espinosa *et al*., 2005); *Capnodium* sp. (Espinosa *et al*., 2005).

Cuadro 4.2. Insectos y otros organismos mencionados como perjudiciales para el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas.

Nombre común	Nombre científico	Entrevistados (N=20)	
		n°	%
	Insectos		
Picudo negro	*Scyphophorus acupunctatus* G.	20	100
Escarabajo rinoceronte	*Strategus aloeus* L.	5	25
Chinche del agave	*Caulatops distanti* Reuter	5	25
Escama	*Acutaspis agavis Towsend & Cockerell*	1	5
Cerambícido	*Acanthoderes funeraria* Bates	1	5
	Roedores		
Rata de campo	*Peromyscus mexicanus*	4	20
Conejo	*Oryctolagus cuniculus*	1	5
	Enfermedades		
Cenicilla	*Sphaerotheca pannosa*	1	5
Marchitez del maguey	*Fusarium* spp.	3	15
Secazón de la punta del maguey	*Fusarium oxisporum* S.	10	50
Pudrición blanda del maguey	*Erwinia spp*	2	10

*Un productor pudo mencionar más de un insecto u otro organismo perjudicial para el maguey, por lo que la suma no corresponde al 100%.

El conocimiento de los entrevistados muestra que son varios factores bióticos los que intervienen en la presencia de insectos y/o otros organismos perjudiciales para el cultivo

de maguey mezcalero que pueden ser variables espacial y temporalmente. Los productores dieron más importancia a la lluvia (40%) porque "*aparecen más los hongos*". Virgen-Calleros *et al*. (2011) menciona que, la pudrición seca del cogollo en el agave tequilero tiende a incrementarse durante el periodo de lluvias, así mismo la cercanía entre predios sanos e infestados con dicha enfermedad contribuye de manera importante en el desarrollo de las posibles epidemias. Por otra parte, se menciona a la sequía (35%), Don Wenceslao hace mención que *"solamente con la sequía come más la plaga, hay más picudo, el alimento falta"* (productor de Ayahualco) (Cuadro 4.3). Esto tiene similitud con lo reportado por Aquino *et al*. (2007), donde encontraron los valores máximos de poblaciones de picudos cuando hay mayor humedad por lluvias y mayor calor en los valles de Oaxaca. Y el Sr. Pedro señala que estos factores *"No tienen nada que ver, las plagas se deben al monocultivo y al fuerte crecimiento de la superficie agavera y la introducción de agaves sin verificar su fitosanidad sea buena de muchos estados de la república como Jalisco, Oaxaca y Puebla"* (productor de Quetzalapa). En el estado de Jalisco, el desmedido crecimiento de la superficie de *Agave tequilana* y la movilización de material vegetativo a otras regiones agaveras trajo consigo el incremento de los problemas fitosanitarios del cultivo, entre ellos se menciona a la enfermedad conocida como "Marchitez del Agave" causada presuntamente por *Fusarium oxysporum* y/o *Erwinia carotovora* (Ireta-Moreno y Flores-López, 2011). La producción de agaves en monocultivo también ha ocasionado erosión del suelo (Zizumbo-Villareal *et al*., 2013).

El método de control más utilizado por los productores de maguey mezcalero en las localidades estudiadas fue el control químico para los insectos con un (50%) de menciones, son interesantes algunas respuestas donde el productor menciona que hace uso del control etológico (25%) y a la vez el control químico en este insecto perjudicial que ataca al maguey espadín y al maguey papalote, *"para el picudo he utilizado trampas con feromona y químicos como el lorsban, que me recomienda el ingeniero"* (productor de Quetzalapa) pero esto fue más común en la región norte del estado de Guerrero. Los insecticidas sintéticos mencionados que utilizan los productores son: Lorsban (Clorpirifos etil), Malathion (Malathion), Folidol (Paratión metílico), Foley rey (Clorpirifos etil + Permetrina) para combatir a los insectos perjudiciales en magueyes mezcaleros.

Cuadro 4.3 Factores asociados con la presencia de insectos y otros organismos perjudiciales para el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas.

Factor	Entrevistados (N=20)	
	n°	%
Lluvia	8	40
Sequia	7	35
Vientos fuertes	1	5
Monocultivo	1	5
No asocia ningún factor	4	20

*Un productor pudo mencionar más de un factor asociado a la presencia de insectos u otros organismos perjudiciales para el maguey, por lo que la suma no corresponde al 100%.

En contraste, en la región Centro no hacen control de insectos, ya que, por ejemplo, Don Florentino hace referencia que a los insectos perjudiciales *"en el campo no le hacemos nada, el picudo es una plaga que no se le ha hallado el modo de combatirlo, solamente que lo destroce uno personalmente, pero que se diga que uno le va a aplicar un líquido no se puede porque ese animal se encuentra dentro del maguey y se libra no le hace uno nada"* (productor de Ayahualco). Otro ejemplo es lo que menciono Don Lorenzo: *"No le hemos aplicado nada, eso es lo que queremos que nos traigan medicina o que es lo que podemos hacer. Así dejamos la planta sola sin aplicarle nada"* (productor de Ahuacuotzintla). Por otra parte, en cuestión de enfermedades los productores mencionan que no hacen control (90%) y solo un (10%) hacen uso del control químico mediante fungicidas.

El estudio de las prácticas agrícolas sustentables que realizaron Bautista y Smit (2012), de los valles centrales de Oaxaca, demostró que el 100% de los productores entrevistados recurren al uso de insecticidas para el control de plagas debido a que no se realiza ningún control agroecológico por las características físico geográficas del suelo (laderas con pendientes pronunciadas y un alto grado de pedregosidad) que no permite el crecimiento de otras plantas a excepción del maguey (Cuadro 4.4). Las practicas agroecológicas como la rotación de cultivos es una alternativa para controlar las plagas

y reducir el uso de fungicidas en las parcelas de las localidades estudiadas, de acuerdo con Herrera-Pérez *et al*., (2017), la evaluación de dos tipos de manejo (policultivo y monocultivo) en el *Agave tequilana*, demostraron que los motivos para realizar las rotaciones son tales como descansar la tierra, evitar el desgaste de nutrientes, ablandar y "vitaminar" los suelos, así mismo mencionan que la adición de nitrógeno se logra con la rotación de cultivos con legumbres, suprimiendo los insectos, las plagas y las enfermedades al romper efectivamente el ciclo de vida de las plagas. Para el manejo de insectos barrenadores del agave, como el picudo, es importante la detección oportuna de la etapa adulta de la plaga para su control, evitando así que cause un daño económico importante, ya que una vez entrando a la penca y a la piña es muy difícil su control. Este se puede llevar a cabo a través de la instalación de trampas con feromonas sintéticas distribuidas en la parcela para determinar los niveles de infestación de la plaga para tomar alguna medida de control oportuna (Ruiz-Vega *et al*., 2017).

El uso de plaguicidas se ha convertido en el método de control más común debido a su rapidez y efectividad en el control de plagas y enfermedades, sin embargo, estos traen complicaciones ambientales, agroecológicas y sobre la salud de quien los maneja, entre estos tenemos: aumento de los problemas de resistencia, contaminación del ambiente, intoxicaciones agudas y crónicas (Jiménez *et al*., 2011). Es recomendable hacer un manejo integrado de plagas para reducir el número de aplicaciones de insecticidas y para propiciar la acción benéfica de los enemigos naturales sobre las plagas (Ruiz-Vega *et al*., 2017).

Es fundamental y conveniente que el conocimiento científico aportado por los investigadores y el conocimiento tradicional que poseen los productores de agave puedan sumarse en forma sinérgica para encontrar respuesta a los distintos problemas fitosanitarios, buscando en conjunto la mejor alternativa que asegure beneficio del desarrollo sustentable de los agricultores y la conservación de la biodiversidad (Williamson, 2002; Barrientos-Rivera *et al*., 2020).

Cuadro 4.4 Métodos de control de insectos y enfermedades del maguey mezcalero, mencionados por los productores de las cuatro localidades en estudio.

Entrevistados (N=20)				
Método de control	**Insectos**		**Enfermedades**	
	n°	**%**	**n°**	**%**
Químico	10	50	2	10
Etológico	5	25	---	---
No hace control	10	50	18	90

*Un productor pudo mencionar más de un método de control de insectos y enfermedades del maguey mezcalero, por lo que la suma no corresponde al 100%.

4.5.3 Insectos y otros organismos benéficos directos asociados a la producción de maguey mezcalero

Los productores reconocen de manera óptima a las especies polinizadoras en el maguey destacando las abejas (85%), murciélagos (50%), colibríes (25%) entre otros, además identifican la importancia de estas especies y el papel que tienen no solo en la reproducción del maguey sino en el ecosistema (cuadro 4.5). Las especies polinizadoras en los magueyes son fundamentales para llevar a cabo su reproducción sexual; requieren la visita de murciélagos, colibríes e insectos (Arizmendi, 2009). Los polinizadores primarios o secundarios además de alimentarse del polen o néctar de las plantas de maguey, utilizan estas plantas como hábitat y refugio en su etapa reproductiva, lo cual es importante porque tales especies podrían funcionar como indicadores ambientales de conservación en el ecosistema, además las interacciones entre diferentes especies son fundamentales en la dinámica y función de las redes tróficas (Del Val, 2012; Trejo-Salazar *et al*., 2015). Los principales polinizadores en el género *Agave* son los murciélagos nectarívoros (Eguiarte *et al*., 2013). Sin embargo, como mencionaron los productores, los visitantes florales asociados a los agaves son diversos y no siempre incluyen a los murciélagos.

Tal como mencionó Don Faustino: "*hasta ahorita hemos visto que son los murciélagos, abejas, colibrí, mariposas, abejorro y avispas, los que se comen la miel de las flores, en la polinización del maguey, hay muchos, en mi caso he dejado flores, calehuales, más bien se dejan ver si nosotros dejamos las flores"* (productor de Ahuacuotzintla).

Estos polinizadores desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la continuidad genética de las poblaciones de plantas y, por lo tanto, tienen un considerable valor de conservación. En las localidades estudiadas los productores mencionaron algo interesante que *"la abeja se está acabando por la aplicación de líquidos, se mueren los insectos"* (productor de Quetzalapa). Don Reynaldo hace mención que *"se están acabando, porque nosotros aplicamos los líquidos y acabamos con todo"* (productor de La Providencia). Las restricciones de la sostenibilidad acerca del uso de insecticidas incluyen los efectos en la salud humana, los ecosistemas agrícolas (ejemplo, los insectos beneficiosos), el medio ambiente, en su sentido más amplio (por ejemplo, las especies que no son el objetivo, paisajes y comunidades), la selección de los rasgos que confieren la resistencia a los insecticidas y la aparición de residuos tóxicos en los productos de consumo humano cosechados (Devine *et al*., 2008). De acuerdo con lo mencionado por los entrevistados, se observa que hace falta concientizar a los productores magueyeros sobre los daños que ocasiona el hacer un uso desmedido de los productos químicos para el control de insectos.

Cuadro 4.5. Insectos y otros organismos mencionados como benéficos (polinizadores) en el cultivo de maguey mezcalero, por parte de los productores de las cuatro localidades estudiadas.

Nombre común	Nombre científico	Entrevistados (N=20)	
		n°	%
Abeja	*Apis mellifera* L.	17	85
Guachichil	*Polistes canadensis* L.	1	5
Avispa	*Polistes versicolor* O.	3	15
Mariposa	Papilionidae	2	10
Abejorro	*Bombus terrestres*	1	5
Murciélago	*Leptonycteris nivalis* S.	10	50
Colibrí	*Eupherusa poliocerca*	5	25
Calandria	*Mimus saturninus* L.	1	5

*Un productor pudo mencionar más de un insecto u otro organismo benéfico (polinizador) en el maguey, por lo que la suma no corresponde al 100%.

4.5.4 Plantas competidoras (arvenses)

Las malezas son consideradas de gran importancia, ya que además de competir con los cultivos por agua, luz, nutrimentos y espacio; son hospederas de plagas y enfermedades que dificultan la cosecha. Cuando hay presencia de maleza entre los cultivos se da un

fenómeno de competencia o habilidad para obtener algún recurso como agua, nutrimentos o luz, que en cierto momento puede ser limitante o insuficiente.

En las cuatro localidades estudiadas pertenecientes a la región norte y centro del estado de Guerrero, los productores mencionaron 37 especies de plantas consideradas como competidoras (arvenses) con los magueyes espadín y papalote. Las especies registradas corresponden a 20 familias botánicas. Las familias botánicas mejor representadas por número de especies son la Poaceae (8), Fabaceae (6) y Asteraceae (3) especies cada una (Cuadro 4.6). Figueroa Castro (2007) realizo un estudio para identificar las principales malezas arvenses asociadas al cultivo de agaves en Apipilulco y Quetzalapa, Guerrero donde identificó 22 especies de malezas, pertenecientes a 11 familias botánicas, las familias con mayor número de especies fueron: asteraceae, fabaceae, poaceae y amaranthaceae donde las más predominantes fueron el acahual (*Tithonia tubaeformis* jacq.); zacate plumilla (*Leptochloa filiformis* Lam.); frijolillo (*Rhynchosia minima* L.); hierba blanca (*Eclipta alba* L.); aceitilla (*Bidens pilosa* L.), tamarindillo (*Chamaecrysta aeschynomene* Greene); y ojo de perico (*Sanvitalia procumbens* Lam.), esto coincide con lo mencionado por los productores entrevistados en la región norte de este estudio.

Alemán y Flores (2002) identificaron en agave tequilero en Jalisco, al quelite, rosa amarilla, verdolaga y chipil; Aguilar (2003) en el cultivo de maíz en Cocula, Gro., detectó la verdolaga, lechón y rosa amarilla como las predominantes. Esto permite establecer el amplio rango de distribución que tienen dichas malezas. En Guerrero, Almazán y Bermúdez (1993) identificaron en un estudio florístico-ecológico, realizado en Iguala, Gro. que las arvenses de mayor importancia ecológica son: *Melampodium divaricatum* y *Cyperus rotundus*, y las de mayor cobertura: *Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon* entre los cultivos que se establecen durante el ciclo de riego.

El método de control más utilizado por los productores magueyeros en las localidades estudiadas fue el control químico (50%) para plantas herbáceas, mediante herbicidas comerciales como: *Potrero (Acido 2,4-D y Picloram de i.a), Tordon (Acido 2,4-D y Picloram de i.a), sellador (Atrazina), Faena (Glifosato), Velfosato (Glifosato), Hierbamina (Acido 2,4-D)* este control es más utilizado en la región norte de Guerrero. Cuando no

exista otra alternativa, en las etapas finales del ciclo del cultivo, se recomienda el uso de herbicidas autorizados como: Glifosato, Glufosinato de amonio, Tebuthiuron y Amicarbazone. Sin embargo, la aplicación excesiva de estos productos causa amarilleamiento y fitotoxicidad acumulativa. Los herbicidas 2,4-D, Paraquat y Carfentrazone-etil causan quemaduras y retrasan el cultivo, por lo cual no se recomiendan (CESAVEG, 2007).

Los efectos del cambio climático sumados a la irracionalidad en el uso de productos químicos (insecticidas, herbicidas, promotores de crecimiento, etc.), empleados para el control de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas por parte de los productores son factores que repercuten directamente en su rentabilidad y en la contaminación irreversibles de los recursos naturales como es el agua y el suelo. Ante estos desafíos que enfrenta la agricultura convencional es importante la reconversión hacia sistemas de producción más amigables que promuevan la conservación de los recursos naturales y valoren los conocimientos ancestrales y culturales. En este contexto, la Agroecología representa una alternativa idónea que, a través del uso de fertilizantes orgánicos, compostas, insecticidas orgánicos a base de extractos de plantas, entre muchas otras prácticas tradicionales, contribuye a mantener la productividad y el equilibrio ecológico en los sistemas de producción alimentarios. No obstante, existen productos que pueden ser elaborados por los propios productores como medidas de prevención y control, acciones que pueden ser muy efectivas si se realizan adecuadamente (Meza Sosa, 2019). Por lo anterior, la agroecología surge como una alternativa a la producción convencional, en donde la agricultura, más allá de ser vista como un simple proceso productivo, es visualizada como un agroecosistema con múltiples interacciones y sinergismos que pretende dar soluciones a las problemáticas actuales de seguridad y soberanía alimentaria, con el beneficio de la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, además de combatir la pobreza. No obstante, para la transición de los sistemas convencionales basados en el modelo revolución verde hacia estos sistemas alimentarios se requiere de incentivos y políticas de largo plazo que garanticen su operatividad (Meza Sosa, 2019).

Cuadro 4.6. Especies de plantas competidoras (arvenses) con el maguey mezcalero

Familia	Nombre científico	Nombre local	Forma biológica	Región
Fagaceae	*Quercus spp.*	Encino	Árbol	Centro
Rosáceae	*Crataegus monogyna*	Espino blanco	Árbol	Centro
Fabaceae	*Acacia farnesiana*	Huizache	Arbusto	Centro y norte
Cyclanthaceae	*Carludovica palmata*	Palma	Herbácea	Centro
Pinaceae	*Pinus strobus*	Pino blanco	Árbol	Centro
Poaceae	*Andropogon gayanus*	Zacate llanero	Herbácea	Centro y norte
Fabaceae	*Acacia cochliacantha*	Cubata	Arbusto	Centro y norte
Rubiaceae	*Uncaria tomentosa*	Uña de gato	Herbácea	Centro
Fabaceae	*Enterolobium cyclocarpum*	Acautle	Árbol	Centro
Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Herbácea	Centro
Fouquieriaceae	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Arbusto	Centro
Fabaceae	*Lysiloma acapulcense*	Tepehuaje	Árbol	Centro
Rhamnaceae	*Rhamnus lycioides*	Espino prieto	Arbusto	Norte
Amaranthaceae	*Amaranthus hybridus*	Quintonil	Herbácea	Norte
Asteraceae	*Tithonia tubaeformis*	Acahual	Herbácea	Norte
Poaceae	*Alopecurus pratensis*	Cola de zorro	Herbácea	Norte
Sapindaceae	*Serjania triquetra*	Bejuco 3 costillas	Herbácea	Norte
Convolvulaceae	*Ipomoea purpurea*	Quiebra platos	Herbácea	Norte
Poaceae	*Leptochloa filiformis*	Zacate plumilla	Herbácea	Norte
Convolvulaceae	*Ipomoea tricolor*	Campanita	Herbácea	Norte
Fabaceae	*Rhynchosia minima*	Frijolillo	Herbácea	Norte
Bixaceae	*Cochlospermum vitifolium*	Rosa amarilla	Árbol	Norte
Asteraceae	*Samvitalia procumbens*	Ojo de perico	Herbácea	Norte
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus multilobus*	Mala mujer	Arbusto	Norte
Fabaceae	*Mimosa púdica*	Dormilona	Herbácea	Norte
Poaceae	*Sorghum halepense*	Zacate jhonson	Herbácea	Norte
Poaceae	*Leptochloa filiformis*	Olumilla	Herbácea	Norte
Poaceae	*Distichlis spicata*	Huizapol	Herbácea	Norte
Euphorbiaceae	*Sapium macrocarpum*	Lechon	Árbol	Norte
Bignoniaceae	*Tecoma stans*	Chical	Arbusto	Norte
Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuixtle	Herbácea	Norte
Poaceae	*Cynodon dactylon*	Bramilla	Herbácea	Norte
Asteraceae	*Parthenium hysterophorus*	Partenium	Herbácea	Norte
Cyperaceae	*Cyperus rotundus*	Coquillo	Herbácea	Norte
Cucurbitaceae	*Rytidostylis gracilis*	Chayotillo	Herbácea	Norte
Plantaginaceae	*Bacopa monnieri*	Verdolaga de puerco	Herbácea	Norte
Solanaceae	*Physalis angulata*	Tomatón	Herbácea	Norte

El segundo control más utilizado es el manual (30%) donde los entrevistados mencionan *que "se aplica raleo en la parcela, se chapona dos veces al año"* esta práctica se realiza más en la región centro de Guerrero. El control biológico (5%) donde se mencionó que "*para la maleza se mete el ganado en temporada de lluvias"* las especies de ganado que utilizan pueden ser bovinos, caprinos u ovinos. Es importante que los productores adopten una actitud preventiva en el manejo de las plagas. Por ejemplo, en las dos regiones hubo entrevistados que mencionaron que es recomendable mantener el cultivo libre de malezas para evitar o reducir el establecimiento de plagas y enfermedades. Un 15% no hace control de malezas mencionan que *"no aplico nada, todo al natural".* (Cuadro 4.7).

Barrios *et al*. (2006) mencionan que en condiciones silvestres plantaciones con fines de reforestación, por razones ecológicas (erosión) y económicas (plantas dispersas) no se recomienda controlar las malezas; en cambio, en plantaciones comerciales establecidas sugieren usar herbicidas preferentemente desecantes de contacto o sistémicos que no tengan actividad en el suelo, en aplicaciones dirigidas a la maleza, estos herbicidas pueden ser: glufosinato de amonio y el glifosato de producto comercial. Salazar-Lopez y Aldana-Madrid (2011) menciona que los herbicidas con glifosato como ingrediente activo, son potencialmente causante de daños toxicológicos y ambientales.

El uso del herbicida glifosato, actualmente es un tema de importante discusión, considerando los altos impactos a la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS), declaró al glifosato como probable cancerígeno para el ser humano, y el Grupo de Trabajo de la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC, 2015), reportó al herbicida glifosato clasificándolo también como probable carcinógeno humano (Portier-Christopher *et al*., 2016). En México, productores y autoridades mexicanas atraviesan procedimientos legales debido al alto impacto del glifosato en los ecosistemas y en la salud pública. Este debate legal ha culminado con la prohibición total de este herbicida para el año 2024, alegando que presenta efectos nocivos para la salud de seres humanos y algunas especies de animales (Hernández-Sierra *et al*., 2021).

Cuadro 4.7. Métodos de control de plantas arvenses del maguey mezcalero, mencionados por los productores de las cuatro localidades estudiadas.

Método de control	Arvenses Productores (N=20)	
	n°	%
Químico	10	50
Manual	6	30
Biológico	1	5
No hace control	3	15

4.5.5 Plantas aprovechables

Se registró un total de 19 especies de plantas que los entrevistados de las cuatro localidades en estudio le dan diferentes usos (cuadro 4.8), lo cual representa aún la conservación y conocimiento tradicional de sus recursos vegetales.

Los usos identificados fueron: medicinal (8), alimenticio (7), maderable (3), y artesanal (1) especies cada una. En el uso medicinal las familias que presentan mayor número de especies son: Asteraceae (2), Rubiaceae (2) y Bignoniaceae (2). En el uso alimenticio fueron. Asteraceae (4) y Fabaceae (2). En el uso maderable son: Rhamnaceae (1), Fagaceae (1), y Fabaceae (1). Las comunidades rurales de México poseen un conocimiento extenso de diferentes usos que le dan a las plantas, lo cual expresa una gran diversidad cultural (Guzmán, 2013), ejemplo de ello son las plantas alimentarias y medicinales, que son un recurso natural, conocido y utilizado desde tiempos prehispánicos.

El uso de estas plantas ha sido un conocimiento adquirido por transmisión oral, que ha pasado de manera trasgeneracional en las diferentes culturas de México (Hernández-Álvarez *et al*., 2009). Sin embargo, este conocimiento tradicional se viene perdiendo y transformando con el paso del tiempo, por los cambios sociales y culturales que ha tenido el país, lo cual repercute en el desatiendo del campo y las prácticas tradicionales (Díaz y Gispert, 2000). Otra causa que inquieta, como lo mencionan Mera-Ovando *et al*. (2003), es la ausencia o desinterés de las generaciones jóvenes por aprender y valorar la importancia de estas plantas. Cuando los individuos no se relacionan con la naturaleza, el conocimiento tradicional en cuanto al consumo o uso del recurso vegetal, se perderá

en las futuras generaciones (Yates y Ramírez-Sosa, 2004). Otra causa desencadenante de esta pérdida, es la alteración o perdida de hábitats con la consecuente disminución en la biodiversidad que conlleva al deterioro de este conocimiento, para muchas especies con diversos usos tradicionales (Alves y Rosa, 2007).

Bye (1981) realizo un estudio en la región Tarahumara, en el cual hace una descripción del “quelite” y menciona que son verduras comestibles de una nutrición importante dentro de la alimentación, siendo vegetales silvestres que pueden ser un recurso importante en la producción de alimentos.

Altieri (2016) menciona, a los quelites como una planta silvestre alimenticia, que pueden incrementar la diversidad nutricional de las familias rurales, además, su presencia y manejo en los sistemas de cultivo, pueden mejorar la calidad del suelo, prevenir la erosión y reducir la incidencia de plagas, esto tiene similitud con las respuestas de los productores magueyeros de las cuatro localidades estudiadas ya que ellos hacen mención de cuatro especies de uso alimenticio y cuatro pertenecen a la familia de los *“quelites”* (Asteráceas).

En relación con estudios en plantas alimentarias en el estado de Guerrero se encuentra el realizado por Casas *et al*. (1994), en una comunidad mixteca del municipio de Alcozauca, reconocieron 162 plantas comestibles de las cuales 80 son cultivadas. De igual forma se realizó el estudio etnobotánico, por Hernández (1982), quien identificó 16 especies comestibles silvestres en la región de Tierra Caliente, en el municipio de Pungarabato. Godínez (1999), realizó un estudio etnobotánico en la Estacada, municipio de Tixtla en el estado de Guerrero, donde identificó 56 plantas alimentarias y se consumen como frutas, verduras, condimentos, bebidas, y alimentos endulzados básicos y ocasionales. Menciona que estas especies vegetales deben revalorizarse y propagarse, con el fin de evitar su continuo desuso ocasionado por los cambios ecológicos y socioculturales determinados por la constante modernización de la sociedad; por lo tanto, es necesario valorar las distintas especies de plantas útiles, así como su propagación y su conservación ante los cambios ambientales, culturales y sociales.

Cuadro 4.8. Especies de plantas con aprovechamiento asociadas con maguey mezcalero

Nombre local	Nombre científico	Familia	Aprovechamiento	Usos
Cirián	*Crescentia alata* Kunth	Bignoniaceae	Medicinal	Para tratamiento contra el asma, bronquitis, y tos.
Quina	*Cinchona officinalis*	Rubiaceae	Medicinal	Se emplea para problemas dermatológicos.
Árnica	*Arnica montana* L.	Asteraceae	Medicinal	Se unta en las heridas para acelerar la cicatrización.
Guaco	*Mikania glomerata*	Asteraceae	Medicinal	Tratamiento contra la tos y gripe.
Bejuco 3 costillas	*Serjania triquetra*	Sapindaceae	Medicinal	Remedio para el riñón.
Marrubio	*Marrubium vulgare*	Lamiaceae	Medicinal	Tratamiento para la diarrea.
Cuajiote	*Parmentiera aculeata*	Bignoniaceae	Medicinal	Tratamiento para padecimientos de riñón.
Grangel	*Randia echinocarpa* Sessé & Mociño ex DC.	Rubiaceae	Medicinal	Para heridas y golpes.
Palma	*Nolina parviflora*	Asparagáceae	Artesanal	Para tapar el horno en la cocción del maguey y elaboración de sombreros.
Espino prieto	*Rhamnus lycioides*	Rhamnaceae	Maderable	Leña
Encino	*Quercus rugosa*	Fagaceae	Maderable	Madera
Cubata	*Acacia cochliacantha*	Fabaceae	Maderable	Leña
Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	Fabaceae	Alimenticio	Comestible
Tepalcacho	*Porophyllum macrocephalum*	Asteraceae	Alimenticio	Comestible
Pápalo	*Porophyllum ruderale* subsp. *macrocephalum*	Asteraceae	Alimenticio	Comestible
Telpaquelite	*Peperomia peltilimba*	Asteraceae	Alimenticio	Comestible
Pipicha	*Porophyllum tagetoides*	Asteraceae	Alimenticio	Comestible
Chipil	*Crotalaria* spp.	Fabaceae	Alimenticio	Comestible
Verdolaga	*Portulaca oleracea*	Portulacaceae	Alimenticio	Comestible

En un estudio etnobotánico de plantas medicinales del municipio de Tixtla de Guerrero, Barrera-Catalán *et al*. (2015) documentaron e identificaron 65 especies pertenecientes a

33 familias botánicas donde las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Asteraceae (11), Fabaceae (7) y Solanaceae (4). Día-Derramona y Herrera-Castro (2016) en un estudio etnobotánico realizado en la comunidad de el Refugio, Municipio de Chilapa de Álvarez, Guerrero registraron 47 especies de plantas medicinales encontradas en la comunidad pertenecen a 24 familias botánicas donde: Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae y Verbenaceae fueron las más sobresalientes.

4.6 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del presente trabajo fortalecen las consideraciones generales para la conservación de los agaves estudiados; añadiendo que, en las cuatro localidades en estudio, la importancia de los magueyes evaluados principalmente se enfoca en la producción de mezcal.

Los productores de las comunidades de estudio identifican claramente a los insectos perjudiciales, enfermedades, insectos benéficos, plantas competidoras y plantas aprovechables que se encuentran asociados en la producción del maguey mezcalero.

Como especies perjudiciales se registraron 11 de diferentes taxa, donde sobresalen los insectos con cinco especies, donde el picudo del agave fue el más mencionado con un 100%, seguido del escarabajo rinoceronte y la chinche del agave. La enfermedad que más se menciono fue la secazón de la punta del maguey ocasionada por el hongo (*Fusarium oxisporum*) con un 50% de menciones por los productores magueyeros. La rata de campo (*Peromyscus mexicanus*) también fue registrada con 20% de menciones. Dentro de los organismos benéficos se registraron ocho especies de polinizadores de diferente taxa donde destacan insectos (5), aves (2), mamíferos (1) de cada uno. Los más mencionados fueron las abejas (85%), el murciélago nectarívoro (50%) y la colibrí (25%).

Los productores mencionaron 37 especies de plantas consideradas como competidoras (arvenses) con los magueyes espadín y papalote. Las especies registradas corresponden a 20 familias botánicas. Las familias botánicas mejor representadas por número de especies son la Poaceae (8), Fabaceae (6) y Asteraceae (3) cada una.

Se registró un total de 19 especies de plantas que los productores le dan diferentes usos: Los usos identificados fueron: medicinal (8), alimenticio (7), maderable (3), y artesanal (1) especies cada una. En el uso medicinal las familias que presentan mayor número de especies son: Asteraceae (2), Rubiaceae (2) y Bignoniaceae (2). En el uso alimenticio fueron. Asteraceae (4) y Fabaceae (2). En el uso maderable son: Rhamnaceae (1), Fagaceae (1), y Fabaceae (1).

Los productores identifican diferentes formas de control para los problemas fitosanitarios de los magueyes mezcaleros, el más preferido es el control químico y etológico en cuestión de insectos, precisando al picudo del agave, donde solo en la región norte hacen uso de trampas con feromonas. Y en contraste en la región centro, no hacen control de esta plaga. Para combatir las plantas arvenses en la región norte se hace más uso del control con herbicidas y en la región centro lo hacen de forma manual, podando o segando las malezas.

De acuerdo con los problemas mencionados y la información aportada, es pertinente combinar el conocimiento tradicional del productor y de la investigación científica para desarrollar acciones efectivas que aseguren una perspectiva sostenible de los magueyes.

4.7. LITERATURA CITADA

Alberich, T., Arnanz, L., Basagoiti, M., Belmonte, R., Bru, P., Espinar, C., y Tenze, A. 2009. Manual de metodologías participativas. Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible (CIMAS). Madrid, España.

Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC). 2015. Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. Monographs. Volume 11. En: https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf. Consultado: 23-12-2021.

Aguilar, C.C. 2003. Control químico postemergente de malezas en maíz. Tesis de Licenciatura. Colegio superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Centro de Estudios Profesionales. Cocula, Gro. 93 p.

Aguirre, X., y Ruiz, R. 2005. Magueyes Mezcaleros. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Tríptico. México. 2 p.

Alemán, R.P., y Flores, L.H.E. 2002. Periodos críticos de competencia entre agave tequilero y maleza. Publicación especial No.1. Análisis agroecológico del *Agave tequilana* Weber var. Azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco, INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jalisco, México. pp 141-155.

Almazán, J.A., y Bermúdez, de C.F. 1993. Datos ecológicos sobre las arvenses del valle de Iguala, Guerrero, (México). *Ecología*. 7: 289-298.

Altieri, M.A. 2016. Los quelites: usos, manejo y efectos ecológicos en la agricultura campesina. *Revista de Agroecología Leisa*. 32(2): 28-29.

Alves, R.R.N., y Rosa, I.M.L. 2007. Biodiversity, traditional medicine y public health: ¿where do they meet? *Journal of Ethnobotany y Ethnomedicin*. 3(14): 1-9.

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.

Arizmendi, C. 2009. La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*. 85: 1-5.

Arredondo, V.C. y 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 p.

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-Catalán, E., Herrera-Castro, N.D., Catalán-Heverástico, C., y Ávila-Sánchez, P. 2015. Plantas medicinales del municipio de Tixtla de Guerrero, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38(1): 109-111.

Barrientos-Rivera, G., Hernández-Castro, E., Sampedro-Rosas, M.L., Segura-Pacheco, H. 2019. Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México. *Sociedad y Ambiente*. 20(23): 1-28

Barrios, A.A., Ariza, F.R., Molina, M.J.M., Espinosa, P.H., y 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 p.

Bautista, J.A., y Smit, M.A. 2012. Sustentabilidad y agricultura en la" región del mezcal" de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 3(1): 5-20.

Bentley, J.W., and Rodríguez-Casilla, G. 2001. Honduran Folk Entomology. *Current anthropology*. 42(2): 285-301.

Bye, R.A.Jr. 1981. Quelites Ethnoecology of edible greens past, present, and future. *Journal of Ethnobiology*. 1: 109-123.

Canales, C.M. 2006. Metodologías de la investigación social 6ª edición. Editorial LOM. Santiago de Chile.

Casas, A., y Caballero, J., Viveros J.L. 1994. Etnobotánica mixteca. Sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero. México. En: https://searchworks.stanford.edu/view/3040325. Consultado 28/11/2021.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). 2007. Manual de plagas y enfermedades del agave. Irapuato, Guanajuato, México. 28 p.

CESAVEG .2011. Manual de Plagas y enfermedades del Agave. Comité Estatal De Sanidad Vegetal De Guanajuato (CESAVEG), AC, México. 28 p.

Colunga-GarcíaMarín, P., Zizumbo-Villareal D. y 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.

Del Val, E. 2012. Ecología y evolución de las interacciones bióticas. *Revista de Biología Tropical.* 63(1): 313-317.

Devine, J.G., Eza, D., Ogusuku, E., Furlong, J.M. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25(1): 74-100.

Díaz, A., y Gispert, M. 2000. Cultura alimentaria de plantas cultivadas: un estudio de caso en Balzapote, Veracruz México. *Etnobotánica y Botánica económica*. 35: 303-314.

Día-Derramona, M.A. y Herrera-Castro, N.D. 2016. Estudio etnobotánico de plantas medicinales en la comunidad de El Refugio, Municipio de Chilapa de Álvarez, Guerrero. *Tlamati Sabiduría*. 7(1): 695-702.

Eguiarte, L., Aguirre-Planter, E., Aguirre, X. Colín, R., González, A., Rocha, M., Sheinvar, E., Tejo, L. and Souza, V. 2013. From Isozymes to Genomics: Population genetics and conservation of *Agave* in Mexico. *The Botanical Review*. 79(4): 483-506.

Espinosa, P.H., Bravo, M.E., López, L.P., Arredondo, V.C. 2005. El agave mezcalero de Oaxaca: avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No.3. Oaxaca, Oaxaca. México. 180 p.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2017. Data base: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. En: http://www.eppo.int/DATABASES/databases.htm. (consultado:10/11/ 2021).

García-Herrera, E.J., Méndez-Gallegos, S. de J., y Talavera-Magaña, 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*. 5: 109-129.

García-Mendoza, A.J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias*. 87: 14-23.

Glaser, B., y Strauss, A. 1967. “El método de comparación constante de análisis cualitativo”, The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative

Research. New York: Aldine Publishing Company. pp: 101-115.

Godínez, M.S. 1999. Estudio Etnobotánico de plantas alimentarias en la comunidad de la Estacada, municipio de Tixtla, Guerrero, México. (Tesis de Licenciatura no publicado) Universidad Autónoma de Guerrero. Escuela de Ciencias Químico-Biológicas.

González Hernández H., Solís Aguilar J.F., Pacheco Sánchez C, Flores Mendoza F.J, Rubio Cortes R, Rojas J.C. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero, pp. 39-67 In González Hernández H, del Real Laborde J.I, Solís Aguilar J.F [eds.], Manejo de Plagas del Agave Tequilero. Colegio de Postgraduados and Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.

González, H.H. 2004. Principales plagas del agave. En: Avances de la Investigación en el Agave Tequilero. Editorial Ágata. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 181-233.

Hernández-Álvarez, N.G., Ávila-Uribe, M.M., y Patiño-Siciliano, A. 2009. Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas en Villa de Luvianos, Estado de México. En Cultura y biodiversidad, paradigmas axiales del siglo XXI. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: Memorias del VII Congreso Mexicano de Etnobiología y I Congreso Latinoamericano de Etnobiología.

Hernández-Sierra, R., García-Luzón, D., Romero-Zepeda, H. 2021. Uso del glifosato en México. Problemas ecológicos e implicaciones éticas. *Revista Iberoamericana de Bioética*.17(1): 1-14.

Hernández, S.R., Fernández C.C., y Baptista, L.P. 2003 “Selección de la muestra”, Metodología de la Investigación. Editorial McGraw-Hill. Santiago, Chile. pp: 300-341.

Hernández, S.R., Fernandez, C.C., y Baptista, L.P. 2014. Metodología de la investigación. McGraw-Hill/INTERAMERICANA. Sexta edición. México DF. 634 p.

Hernández, X.E. 1982. El concepto de etnobotánica. Cuadernos de divulgación de INIREB. 5: 13-18.

Ireta-Moreno, J., y Flores-López, H.E. 2011. Epidemiología de las enfermedades del cultivo del agave azul tequilero. 1er Foro de Discusión Fitosanitaria en el Cultivo

del Agave azul tequilero, del 31 de mayo al 1 de junio. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 21-27.

Jiménez, M.E., Sandino, D.V., Valle, G.N. 2011. Métodos de control de plagas. Managua, Nicaragua. 149 p.

Mera-Ovando, L.M., Alvarado-Flores, R., Basurto-Peña, F., Bye-Boettler, R., Castro-Lara, D., Evangelista, V., Mapes-Sánchez, C., Martínez-Alfaro, M.A., Molina, N. y Saldivar, J. 2003. De quelites me como un taco. Experiencia en educación nutricional. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 24: 45-49.

Meza Sosa, A. 2019. Generación de estrategias de mejora en el sistema de producción de agave mezcalero en la comunidad de San José Chalmita, Tenancingo, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Maestría en Agroindustria Rural, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario. Toluca, Estado de México. 70 p.

Pérez, H.E., Chávez, P.M., y González, H.J. 2016. Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 18(1): 148-164.

Pérez, R.A., Rodríguez, O.A., Nieto, A.J., Callejas, H.J. y Portillo, M.L. 2017. Comparación de dos sistemas de siembra de maguey (*Agave salmiana*). Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, 1ra. Ed. México. 71 p.

Portier-Christopher, J., Armstrong-Bruce, K., Baguley-Bruce, C. 2016. Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA). *Journal of Epidemiology and Community Health*. 70: 741-745.

Quecedo, R., y Castaño, C. 2002. “Introducción a la metodología de investigación cualitativa”. *Revista de Psicodidáctica*. 14: 5-39.

Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Mariaca, R., Limón, F., Pérez-Ramírez, L., y Sierra, S. 2009. Uso y manejo de hongos silvestres en dos comunidades de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista mexicana de micología*. 29: 61-72.

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-Vega, J., Aquino-Bolaños, T., Delgado-Gamboa, J.R., Cortés-Martínez, C.I. 2017. Manejo integrado y sostenible del agroecosistema maguey para el control de *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 4(2): 123-132.

Salazar-Lopez, N.J., y Aldana-Madrid, M.L. 2011. Herbicida glifosato: usos, toxicidad y relacion. *Biotecnia*. 13(2): 23-28.

San Martín, D. 2014. "Teoría fundamentada y Atlas. ti: recursos metodológicos para la investigación educativa". *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 16(1): 104-122.

Solís-Aguilar, J.F., González-Hernández H., Leyva-Vázquez J.R., Equihua-Martínez, J.A., Flores-Mendoza, F.J., Martínez-Garza A. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, Plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*. 35(6): 663-670.

Strauss, A., y Corbin, J. 2002. Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la Teoría Fundamentada. Medellín: Universidad de Antioquia. 354 p.

Toledo, V.M. y Barrera-Bassols, N. 2008. La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Vol. 3. Icaria editorial. Capellades, Barcelona, España. 232 p.

Trejo-Salazar, R.; Scheinvar, E. y Eguiarte, L. 2015. ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de Agave (Agavoideae: Asparagaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86(2): 358-369.

Valenzuela, Z.A.C. 2003. El agave tequilero cultivo e industria de México. (3ª ed). Editorial Mundi Prensa. México. 215 p.

Vega-Ramos, K.L, Uvalle-Bueno, J.X, And 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.

Virgen-Calleros, G., Méndez Moran, L., Espitia-Carlos, M.C. 2011. Evolución histórica y situación actual de la marchitez y pudrición seca del cogollo en el cultivo del

agave azul tequilero. 1er Foro de Discusión Fitosanitaria en el Cultivo del Agave azul tequilero, del 31 de mayo al 1 de junio. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 28-33.

Williamson, S. 2002. Challenges for farmer participation in integrated and organic production of agricultural tree crops. *Biocontrol News and Information*. 23(1): 25-36.

Yates, S., y Ramírez-Sosa, C.R. 2004. Ethnobotanical Knowledge of Brosimum alicastrum Sw. (Moraceae) among Urban and Rural El Salvadorian Adolescents. *Economic Botany*. 58: 72-77.

Zizumbo-Villarreal, D., Vargas-Ponce, O., Rosales-Adame, J. and Colunga-GarcíaMarín, P. 2013. Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 60(1): 33-47.

V. ANEXOS

A1. Formato de guion de entrevista semiestructurada

I. Información personal Fecha de la entrevista:

Nombre del entrevistador:

Nombre de la comunidad y municipio:

Nombre del productor:

1. ¿De dónde es originario (a)?
2. ¿Habla alguna lengua? ¿Cuál?
3. ¿Qué tipo de maguey crece en su comunidad?
4. ¿Cuántos años lleva produciendo maguey y/o mezcal?
5. Usted considera que los magueyes son importantes para su comunidad ¿Por qué?
6. Los magueyes que usa para sembrar en su parcela ¿son de los que trae del monte o los extrae de las plantas que hay en la misma parcela? u ¿otro?
7. ¿Ha visto usted a lo largo de los años que la cantidad de magueyes del monte es cada vez menos, es igual, o ha aumentado? ¿A qué se deberá?
8. ¿Qué es para usted una plaga?
9. ¿Usted ha apreciado alguna plaga en sus magueyes? ¿Cómo la pudiera describir?
10. ¿Qué es para usted una enfermedad en plantas de maguey?
11. ¿Conoce alguna enfermedad que afecte sus magueyes? ¿Cómo la describiría?
12. ¿Cuáles hierbas conoce usted que crecen asociadas al maguey y que le hacen competencia?
13. ¿Cómo controla las plagas, enfermedades y malezas? ¿Cada cuánto tiempo lo hace?
14. ¿Usted considera que el tipo de plaga que menciona merma o disminuye la producción de la piña del maguey?
15. ¿Asocia algún factor que esté relacionado con la presencia de plagas y enfermedades (temporada de lluvia, sequias, altas temperaturas)?
16. ¿Hay especies de plantas asociadas al maguey a las que dan algún uso en esas comunidades, tal como alimento, medicinal, etc.?
17. ¿Existieron especies de plantas y/o animales en sus agroecosistemas que ya no están presentes? ¿A qué cree que se deba? ¿Puede mencionar algunas?

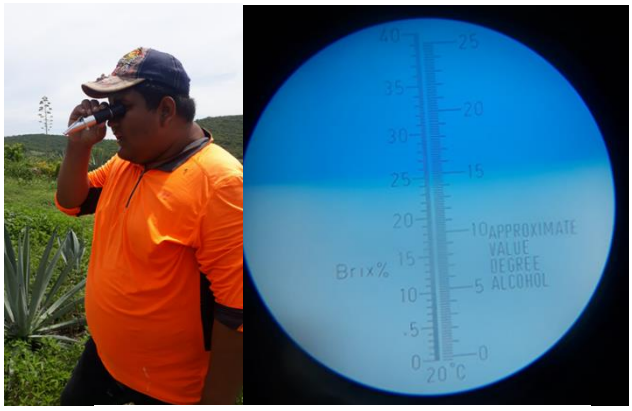
18. ¿Usted ha visto que animales o insectos (murciélagos, aves, palomillas, abejas) son los que se comen la miel de las flores, en la polinización del maguey? ¿Se están conservando o acabando, hay buena regeneración o se están acabando?
19. ¿Existen mitos sobre los murciélagos como “animales malos”?
20. ¿Qué organismos están asociados a la producción de mezcal ahí? los gusanos de maguey, la sal de gusano. ¿Se emplean estos en las localidades? ¿Algunos otros?
21. ¿Hay intervención nociva de roedores, moscas u otros, que sea perjudicial en el proceso de acopio de piñas, cocción, fermentación, envasado (destilación) en la producción de mezcal?

A2. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de dinámica poblacional del picudo del agave

Mantenimiento de trampas.

Evaluación del picudo en planta.

Conteo y determinación sexual del picudo del agave.



Muestreo de Grados brix en planta.

Muestreo de temperatura en planta.

A3. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de la evaluación de sinergistas en maguey espadín

Colocación de trampas.

Sinergistas vegetales evaluados en trampas.

Colecta, conteo e identificación de insectos no blanco capturados en trampas.

A4. Memoria fotográfica del trabajo en campo del capítulo de conocimiento tradicional campesino de productores en cuatro localidades en Guerrero.

Entrevista a productor de maguey y mezcal en la localidad de Santa Cruz, Chilapa de Álvarez, Guerrero.

Entrevista a productor de maguey y mezcal en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.

Entrevista a productor de maguey y mezcal en la localidad de Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero.