



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa de Maestría en Producción Agropecuaria

TESIS

“Determinación de la fluctuación poblacional anual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y de sus parámetros biológicos con una dieta artificial”

QUE PRESENTA:

Carlos Daniel Gómez Ibarra
Para obtener el grado de Maestro en Producción Agropecuaria

Director:

Dr. José Isaac Figueroa-De la Rosa

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Co-directora:

Dra. Selene Ramos Ortiz

SECIHTI-Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Morelia, Michoacán, octubre 2025

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales por permitirme realizar estos trabajos de investigación.

A la Secretaria de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca otorgada durante dos años.

A la Coordinación de la Investigación Científica por el financiamiento otorgado para este proyecto de investigación.

A mi director de tesis el Dr. José Isaac Figueroa-De la Rosa y a mi codirectora la Dra. Selene Ramos Ortiz, de manera muy especial por haberme recibido de la mejor forma en su equipo de trabajo, haberme brindado esta gran oportunidad. También agradecerles profundamente por la paciencia, apoyo y sobre todo por haber compartido todo su conocimiento conmigo ya que sin ellos no hubiera sido posible nada de esto.

A mis sinodales, el Dr. Alfonso Luna Cruz, el Dr. Samuel Pineda Guillermo, el MPA Luis Jesús Palma Castillo, por la paciencia que me brindaron en este tiempo y sobre todo por todo lo que me enseñaron, sin sus enseñanzas, lecciones y sus excelentes aportaciones no hubiera sido posible este trabajo.

Al laboratorio de Entomología Agrícola por haberme recibido y permitido realizar este proyecto, y a todos los compañeros y amigos de este laboratorio, ya que todos fueron parte de esto de una forma u otra.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación y este gran logro principalmente a mi mamá y a mi hermano, porque son el pilar más grande de mi vida. Son mi mayor motivación, ya que sin sus consejos y apoyo no hubiera logrado lo que hoy he logrado.

También le quiero dedicar este gran logro a mis abuelitos Isidro y Cecilia por ser una parte muy especial de mi vida y en mi formación como persona, por haberme inculcado el amor y el gusto por el campo.

De igual forma, le quiero dedicar este trabajo a toda la familia Gómez, ya que todos han sido un apoyo muy grande en estos dos últimos años.

Por supuesto, también quiero dedicar este trabajo a todos mis amigos del Instituto, ya que su compañía hizo más ameno estos dos años. Yara, Ireri, Sergio, Jesús, Adilene, Jaime, Uriel y todos mis amigos de toda la vida... ¡Gracias por estar conmigo!, acompañarme en esta travesía, apoyarme y hacer esto posible.

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
Capítulo I	
1. Introducción general.....	1
2. Antecedentes.....	3
2.1. Importancia de agave en México.....	3
2.2. Especie de interés.....	4
2.3. Clasificación taxonómica.....	4
2.4. Descripción morfológica del picudo del agave	5
2.4.1. Huevo.....	5
2.4.2. Larva.....	5
2.4.3. Pupa.....	5
2.4.4. Adulto.....	5
2.5. Ciclo biológico.....	5
2.6. Abundancia estacional.....	6
2.7. Afectación del picudo en México.....	6
2.8. Métodos de control implementados.....	7
2.8.1. Control químico.....	7
2.8.2. Control Cultural.....	7
2.8.3. Control biológico.....	8
2.8.4. Control etológico.....	8
2.9. Feromonas en Trampas y comparación de trampas.....	8
2.10. Semioquímicos.....	9
2.11. Sinergia en la captura de insectos.....	10
2.12. Dieta artificial de <i>S. acupunctatus</i>	10
3. Literatura citada.....	11
4. Objetivo general.....	16
4.1. Objetivos específicos.....	16

Capítulo II

1. Determinación de la fluctuación poblacional de <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal en una plantación de <i>A. cupreata</i> en Etúcuaro, Madero, Michoacán.....	17
2. Introducción.....	17
3. Materiales y métodos.....	18
3.1. Ubicación del área de estudio.....	18
3.2. Diseño de trampas y atrayentes.....	19
3.3. Procesamiento de los individuos de <i>S. acupunctatus</i>	21
3.4. Análisis de datos.....	22
4. Resultados.....	22
4.1. Capturas de <i>S. acupunctatus</i>	22
4.2. Fluctuación poblacional.....	22
5. Discusión.....	23
5.1. Capturas totales de <i>S. acupunctatus</i>	24
5.2. Fluctuación poblacional.....	25
6. Literatura citada.....	27

Capítulo III

1. Determinación de parámetros biológicos de <i>Scyphophorus acupunctatus</i> con una dieta merídica a base de <i>Agave cupreata</i>	32
2. Introducción.....	32
3. Materiales y métodos.....	34
3.1. Parámetros biológicos de la generación F_0	34
3.2. Desarrollo y ciclo de vida de la generación F_1	35
3.3. Análisis de datos.....	36
4. Resultados.....	36
4.1. Parámetros biológicos de la F_0	36
4.2. Desarrollo de la F_1 y ciclo de vida.....	38
5. Discusión.....	39
5.1. Parámetros biológicos de la F_0	40

5.2. Supervivencia y tiempo de desarrollo de la F_1	41
6. Literatura citada.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo III

Cuadro 1. Tasas de supervivencia y duración de las etapas de desarrollo y estadios de <i>Scyphophorus acupunctatus</i> criados con una dieta merídica.....	38
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	19
Figura 2. Diseño de trampas con bidones de 5 L.....	20
Figura 3. Vista dorsal de los últimos segmentos abdominales del macho (A) y hembra (B) de <i>S. acupunctatus</i>	21
Figura 4. Promedio de individuos capturados por fecha y tipo de atrayente, así como de variables climáticas. Flecha indica renovación de la feromona.....	23

Capítulo III

Figura 1. Tasas de supervivencia de hembras y machos de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	37
Figura 2. Fecundidad (FEC=huevos ovipositados) y fertilidad (HE=huevos eclosionados) en diferentes edades de las hembras de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	38

RESUMEN

El cultivo de agave representa una actividad económica importante en México, con 2.434.207,70 hectáreas sembradas en 23 entidades federativas, destacando su uso para la elaboración de bebidas alcohólicas como tequila y mezcal. Michoacán ocupa el tercer lugar nacional con más de 353 mil hectáreas sembradas. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), considerado la plaga más importante del agave en México. En Michoacán existe un desconocimiento amplio sobre este insecto de sus aspectos biológicos y ecológicos. Los objetivos de este estudio fueron determinar la fluctuación poblacional anual de *S. acupunctatus* y determinar parámetros biológicos con una dieta artificial basada en tejido de agave. La fluctuación poblacional se determinó mediante monitoreos quincenales durante 12 meses en una plantación de *A. cupreata* en Etúcuaro Trel. & A. Berger, Madero, Michoacán, utilizando trampas cebadas con feromona de agregación combinada con dos atrayentes alimenticios fermentados. Se capturaron 1.342 individuos, con una proporción significativamente mayor de hembras que de machos (8,9:1). Los picos poblacionales más altos ocurrieron en junio y septiembre de 2024, coincidiendo con el período de lluvias, mostrando correlación positiva moderada con la humedad relativa, pero no con la temperatura. Para los parámetros biológicos, ocho pares de adultos se mantuvieron con una dieta artificial elaborada con quiotte de *A. cupreata*. Se determinó la longevidad y supervivencia de estas parejas. Se determinó la fecundidad y fertilidad por edad de las hembras. La progenie sirvió para estimar la duración del desarrollo de huevo-adulto. Las hembras vivieron 191.6 días y los machos 178.9 días. Las hembras ovipositaron durante 20 semanas 79.25 huevos y tuvieron una fertilidad de 40.25 huevos eclosionados. El desarrollo de huevo a adulto duró 176.8 días en hembras y 183.2 días en machos. Estos resultados proporcionan información fundamental para planear estrategias de manejo de *S. acupunctatus* en Michoacán.

Palabras clave: *Scyphophorus acupunctatus*, *Agave cupreata*, fluctuación poblacional, parámetros biológicos, dieta merídica.

ABSTRACT

Agave cultivation represents a major economic activity in Mexico, encompassing 2,434,207.70 hectares planted across 23 federal entities, primarily for the production of alcoholic beverages. Michoacán, with 353,000 hectares under cultivation, ranks third nationally in the production of mezcal and tequila. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) is recognized as the main pest affecting this crop in Mexico. In Michoacán, however, information on the biological and ecological aspects of this insect remains limited. The objectives of this study were to determine the annual population fluctuation of *S. acupunctatus* and to establish its biological parameters using an artificial diet based on agave tissue. Population fluctuations were monitored biweekly over a 12-months period in an *A. cupreata* plantation located in Etúcuaro, Madero, Michoacán, using pheromone traps combined with two fermented food attractants. A total of 1,342 individuals were captured, with a significantly higher female-to-male ratio (8.9: 1). The highest population peaks occurred in June and September 2024, coinciding with the rainy season and showing a moderate positive correlation with relative humidity but not with temperature. For the biological parameters, eight adult pairs were kept on an artificial diet prepared from the floral stalk tissue of *A. cupreata*. Longevity, survival, fecundity, and the age-specific fertility of females were determined, and the offspring were used to estimate developmental duration from egg to adult. Females lived an average of 191.6 days, while males lived 178.9 days. Females oviposited for 20 weeks, laying an average of 72.25 eggs with a fertility rate of 40.25 hatched eggs. Development from egg to adult lasted 176.8 days in females and 183.2 days in males. These results provide fundamental information for the development of management strategies for *S. acupunctatus* in Michoacán.

Keywords: Traps, *Agave cupreata*, Michoacán, life cycle, development time.

Capítulo I

1. Introducción general

México es el país con mayor diversidad de especies de plantas del género *Agave* (Asparagaceae). En todo el territorio nacional existen reportes de 159 especies de un total de 206 especies descritas a nivel mundial, de las cuales 119 se consideran endémicas (García-Mendoza, 2011). El cultivo de agave en México es de suma importancia económica debido a que con las diferentes especies se puede elaborar una gran variedad de productos y subproductos industriales. Por ejemplo, se pueden producir bebidas alcohólicas (tequila, mezcal, pulque, bacanora y comiteco), alimentos (agua, miel, jugo dulce, jarabe, vinagre, atole, guisos, saborizantes para tamales y pan, levadura, condimentos) y elaborar hilos, cordeles, tejidos para costales, bolsas, mantas, tapetes, morrales, sandalias, cinturones, hamacas y petates (González-Hernández, 2004). En México, se tiene una superficie total sembrada de agave de 2,434,207.70 hectáreas (ha) en 23 entidades federativas, destacando Jalisco, Guanajuato, Oaxaca, Nayarit y Michoacán, como los estados con mayor superficie sembrada (SIAP, 2024). De acuerdo con el último informe, Michoacán cuenta con más de 353 mil hectáreas sembradas de agaves en 36 municipios, las cuales producen anualmente alrededor de 800 mil litros (L) de tequila y 300 mil litros de mezcal. Respecto a la producción de mezcal en la entidad, para el año 2021 se estimó una superficie plantada y producción de alrededor de 1,507 hectáreas y 34,669 toneladas (t), respectivamente, cuyo valor fue de 129 millones de pesos mexicanos (SIAP, 2022). Lo anterior permite que Michoacán ocupe el tercer lugar nacional en la producción de mezcal y tequila, puesto que se procesan cada año alrededor de 48,877 toneladas y se genera una derrama económica de 273 millones 344 mil pesos mexicanos (SADER, 2018). Al respecto, la comunidad de Etúcuaro representa la principal zona productora de mezcal, produciendo el 80 % de todo el destilado que se produce en el estado (Guerrero, 2024). Sin embargo, la producción se encuentra bajo la amenaza de plagas de importancia económica.

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), es considerado como la plaga más importante del agave tequilero, mezcalero, pulquero y del henequén (Siller-Jasso, 1985). De este insecto, se tiene documentado que sus daños pueden alcanzar hasta un 40 % del valor de la producción del cultivo del henequén en Yucatán, un 30 % en el agave pulquero en los estados de Hidalgo, Tlaxcala y México, y un

24,5 % en el agave tequilero en el estado de Jalisco (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2004). El principal método de control de este insecto plaga ha sido a través del uso de insecticidas de amplio espectro (Terán-Vargas *et al.*, 2012); sin embargo, es necesario generar alternativas de control que sean más selectivas, seguras y compatibles con las prácticas de manejo integrado de plagas. El trampeo masivo con atrayentes es una alternativa viable para el manejo de *S. acupunctatus*, puesto que se tiene el antecedente de que el uso de trampas con determinados diseños en combinación con feromonas y atrayentes alimenticios tiene un impacto sobre la efectividad de captura en diferentes especies de picudos (Ruiz-Montiel *et al.*, 2017). Existen diversos estudios enfocados a la ecología química de *S. acupunctatus*, algunos se han realizado con el objetivo de determinar la capacidad de atracción que tienen las feromonas (Ruiz-Montiel, 2003; Ruiz-Montiel *et al.*, 2008, 2009), otros a los atrayentes alimenticios (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2004; Azuara-Domínguez *et al.*, 2012), mientras que otros han medido la combinación de ambos aspectos (Figueroa-Castro *et al.*, 2017). En relación con los atrayentes alimenticios, las trampas cebadas con piña picada (*Ananas comosus* Merr.) y maguey fermentado (*Agave salmiana* var. *ferox* [K. Koch] Gentry)] Han sido exitosas en la captura de individuos de *S. acupunctatus* en campos de cultivo de nardos (*Polianthes tuberosa* L.) (Valdés-Estrada *et al.*, 2005). Cabe señalar que Rojas *et al.* (2006) fueron los primeros en proponer el uso de tejido de agave fermentado como atrayente alimenticio para capturar *S. acupunctatus* y Figueroa-Castro (2014), quien propuso sinergizar las trampas de feromonas con tejido de agave. Al respecto, Figueroa-Castro *et al.* (2013) mencionaron que las trampas cebadas con feromonas generalmente atrapan más hembras que machos en los campos de cultivo, lo cual podría deberse a un porcentaje más alto de hembras con respecto a los machos presentes en la población. Esta condición de capturar más hembras que machos en un sistema de trampeo es una estrategia idónea, puesto que el potencial para reducir poblaciones de picudos del agave sería mayor si preferentemente se capturaran más hembras que machos (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008). A este respecto, hay un desconocimiento total en la principal zona productora de mezcal que representa la tenencia de Etúcuaro, municipio de Madero, Michoacán, y un estudio relacionado con la fluctuación poblacional podría clarificar la mayor abundancia de hembras o machos en la región.

Por otra parte, conocida la importancia económica que representa *S. acupunctatus* para los cultivos de agave en México, la escasez de información básica sobre su biología y

la necesidad de acelerar urgentemente investigaciones que conlleven al desarrollo de nuevas estrategias de control, es fundamental implementar dietas merídicas que mantengan a los primeros estadios larvales del picudo del agave para efectuar futuras investigaciones. Cabe señalar que criar insectos con dietas naturales tiene el inconveniente de que, en determinados periodos del año, no existe disponibilidad de este recurso, por lo que una dieta merídica podría ser una alternativa para criarlos (Cerna-Mendoza *et al.*, 2021).

Dicho lo anterior, el presente proyecto tiene la finalidad de generar información adicional sobre *S. acupunctatus* relacionada con: a) la fluctuación poblacional del picudo del agave durante 12 meses en un cultivo de *Agave cupreata* Trel. & Berger en la localidad de Etúcuaro, Michoacán; y b) elaborar una nueva dieta merídica que permita mantener la cría del picudo del agave en condiciones de laboratorio, lo cual facilitará conocer su biología de manera detallada, en especial la duración de su ciclo de vida.

2. Antecedentes

2.1. Importancia del agave en México

A nivel mundial, existen 206 especies descritas de agaves. México se posiciona en el primer lugar en cuanto a diversidad de especies, con 159, de las cuales 119 son endémicas (García-Mendoza, 2011). Los agaves son de las primeras plantas que se aprovecharon en el México prehispánico por su fibra en la industria textil y para la elaboración de diversas artesanías (García-Herrera *et al.*, 2010).

Con la llegada de los españoles y la conquista de Mesoamérica, se comienza a utilizar en la elaboración de bebidas alcohólicas destiladas como tequila, mezcal, entre otras, siendo esto último el principal uso que se le da en la actualidad. En los últimos años, el número de hectáreas cultivadas de agaves en México ha crecido de manera exponencial, lo que genera una importante derrama económica en múltiples sectores (SADER, 2017). De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022), el valor del agave aumentó del 2017 al 2018 en un promedio de 19.79 %. Sumado a ello, la tasa de exportación de mezcal aumentó de igual manera a un 34.4 %, lo que ha generado que más productores se integren a la cadena de valor con más superficie plantada (Fonseca-Varela, 2021). Solo en el año 2022, la superficie sembrada fue de 143.866,69 hectáreas, representando una derrama económica muy importante para el país (SIAP, 2022). En

Michoacán ha aumentado de manera significativa la producción de agave mezcalero, lo que lo posiciona en el quinto estado a nivel nacional, con una producción de 3.522 hectáreas plantadas, solo por debajo de Jalisco, Oaxaca, Guanajuato y Nayarit (SIAP, 2022).

2.2. Especie de interés

Scyphophorus acupunctatus presenta una distribución en los cinco continentes. En México causa pérdidas económicas importantes en al menos 20 estados (Camino *et al.*, 2002; Solís-Aguilar *et al.*, 2001; Valdés-Rodríguez *et al.*, 2004).

2.3. Clasificación taxonómica (Booth y Madge, 1990)

Reino: Animal

Filo: Arthropoda

Subfilo: Hexapoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleoptera

Suborden: Polyphaga

Infraorden: Cucujiformia

Superfamilia: Curculionoidae

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Dryophthorinae

Tribu: Rhynchophorini

Subtribu: Sphenophorina

Género: *Scyphophorus*

Especie: *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal

2.4. Descripción morfológica de los estados de vida del picudo del agave

2.4.1. Huevos. Los huevos son de forma ovoide con un tamaño de 1.2 a 1.5 mm de largo y 0.8 mm de ancho, aproximadamente; son de un color blanco con ciertas tonalidades amarillas (Siller-Jasso, 1985; Solís-Aguilar, 2001).

2.4.2. Larva. La larva recién emergida es del mismo tamaño que el huevo. Presenta una coloración blanca totalmente; trascurridas unas horas, la cápsula encefálica comienza a presentar una coloración café y el cuerpo de la larva adquiere un color ligeramente más oscuro. Los espiráculos son bíforos, con una porción anular mal definida y rodeada por una marca semielíptica pigmentada. En el último segmento del cuerpo, la larva presenta dos prolongaciones ligeramente esclerosadas con tres setas largas cada una. La larva puede llegar a medir entre 20 y 23 mm de largo al finalizar su etapa de desarrollo.

2.4.3. Pupa. Es una pupa expuesta; para protegerse, la larva forma un cocón hecho a partir de la fibra de su hospedero, en este caso, de la misma planta de agave. En las primeras horas de su formación se pueden apreciar los paquetes alares, las patas y el rostro en forma de pico.

2.4.4. Adulto. Es de un tamaño variado que puede ir desde 1 cm hasta 3 cm de largo. Es de color negro brillante. Posee un par de antenas ubicadas en la base del pico. El funículo antenal es de seis artejos con la probóscide gruesa, curvada y con una longitud igual al protórax. Mide en promedio de 11 a 15 mm de longitud. Cuenta con 10 segmentos en la parte abdominal, aunque solo son visibles cinco por la parte ventral. El resto de ellos está modificado como parte de los órganos de reproducción. Para su sexado basta solo con revisar el último segmento ventral, donde en la hembra es más puntiaguda y en el macho es de forma romboide y un poco más amplio.

2.5. Ciclo biológico

Los adultos del picudo del agave están presentes durante todo el año; por lo general, se encuentran en plantas con daños severos. Es importante señalar que poseen una preferencia por plantas maduras, aunque también suelen encontrarse en plantas más jóvenes en menor incidencia (González-Hernández *et al.*, 2007). El ciclo biológico comienza con la oviposición de la hembra en el interior de la planta. De acuerdo con estudios previos, el tiempo promedio

de desarrollo del huevo es de 6 días bajo condiciones de laboratorio, mientras que en el estado de larva la duración depende de las condiciones climáticas y el alimento, variando de 47 a 124 días. De igual manera, en este insecto hay una variabilidad grande en el número de instares larvales, que puede ir desde tres hasta once, que sin duda se asocian a las condiciones mencionadas. Por ejemplo, en agave pulquero se reportan tres estadios larvales con una duración de 58 días, mientras que en henequén se reportan once estadios larvales con una duración de 108 días. Por otra parte, el nardo que es el cultivo más afectado por el picudo del agave se reporta de seis a ocho instares con una duración que va entre 21 a 58 días (Valdés-Estrada *et al.*, 2010). Finalmente, la etapa de pupa tiene una duración de 12 a 14 días (Zumbado-Arrieta y Azofeifa-Jiménez, 2018). Con relación a la longevidad de los adultos en condiciones de laboratorio, se reporta un promedio de 414 días. Por lo que un ciclo biológico completo de huevo-adulto será de duración variada dependiendo de las condiciones ambientales y del alimento (Aquino-Bolaños *et al.*, 2010). Una hembra puede ovipositar hasta un total de 50 huevos a lo largo de su vida (Solís-Aguilar, 2001).

2.6. Abundancia estacional

Si bien se reporta presencia de picudo del agave durante todo el año, su abundancia estacional depende de múltiples factores. De acuerdo con trabajos previos, en el estado de Guerrero se reporta que durante los meses de mayor sequía (enero a marzo), existe mayor densidad poblacional, esto se podría deber incluso a las altas temperaturas, en comparación con los meses con lluvias (julio a agosto) (Macedonio-Guevara, 2015).

2.7. Afectación del picudo en México

El picudo del agave *S. acupunctatus* es el principal factor de pérdida de la productividad de agaves en México. Puede provocar pérdidas económicas importantes a la industria del tequila y del mezcal, así como en la producción de nardo y henequén (Camino *et al.*, 2002).

Las pérdidas por *S. acupunctatus* en piñas de *A. tequilana* Wever var. Blue (Liliales: Agavaceae) se estima en más del 25%, en *A. salmiana* Otto Salm-Dick “Pulque” del 46%, en *A. angustifolia* Haw del 50% en *A. fourcroydes* Lem. “henequén” del 40% y en plantaciones

de nardo del 70% (Solís-Aguilar *et al.*, 2001), siendo los estados de Jalisco, Oaxaca, Michoacán y Yucatán los más afectados.

El estado de larva de esta plaga es el que más afectación genera. La afectación comienza cuando las larvas perforan el tallo de las pencas y hacen galerías en la parte meristemática de la planta (conocida coloquialmente como piña). Posteriormente, las galerías son infectadas por múltiples bacterias o algas o hongos, por lo que las pencas adquieren un color amarillento (Cuervo-Parra *et al.*, 2019). Uno de los principales agentes causantes de esta pudrición ha sido identificado como la bacteria *Pectobacterium carotovorum* (Jones 1901) Waldee 1945 (sinonimia: *Erwinia carotovora* Jones) (Aquino-Bolaños *et al.*, 2020). Es por ello que la afectación es una serie de múltiples eventos, porque si bien el adulto y la larva se alimentan del tejido vegetal de la planta, son los hongos, bacterias y algas diseminadas por el insecto las que terminan llevando a la planta a la muerte. Los síntomas más visibles de daño son el amarillamiento de las pencas y, en casos de infección más avanzada, las pencas se tornan de un color rojo y comienzan a secretar una espuma de color blanco o translúcido en la parte del tallo de la planta. Cuando se presentan estos síntomas de infección más avanzada, la muerte de la planta es inminente (Rodríguez *et al.*, 2020).

2.8. Métodos de control implementados contra *S. acupunctatus*

2.8.1. Control químico. Es el método más empleado en la agricultura para el control de plagas. Este consiste en la aplicación de plaguicidas de origen químico. Su constante uso es producto de su alta eficacia y rapidez con la que genera un efecto. Si bien su alta eficacia es un aspecto positivo, su uso desmedido termina generando afectaciones contraproducentes, como la contaminación de la planta, que a su vez genera daños a la salud de los consumidores y daños al ecosistema. Dentro del control de picudo, esta técnica resulta ser la menos eficiente para este fin, ya que la larva, la pupa y los adultos se encuentran internados dentro de la zona meristemática de la planta, lo que provee protección para no ser alcanzados por los productos químicos. Este manejo únicamente disminuirá el número de adultos por aquellos adultos que se encuentren fuera de la planta (Jiménez, 2009).

2.8.2. Control cultural. Como medida de manejo cultural, poco se puede hacer en contra de esta plaga. Una de las estrategias culturales más efectivas es la detección

temprana de plantas dañadas a través de la sintomatología visible, tales como pencas amarillas o con cavidades en la parte de las pencas. La destrucción total de esas plantas y su incineración detienen significativamente la propagación de la plaga (González-Hernández *et al.*, 2007).

2.8.3. Control biológico. Es un método que en los últimos años ha tomado fuerza como alternativa para el control de plagas. Este consiste en la utilización de enemigos naturales, como depredadores, parasitoides o entomopatógenos (hongos o bacterias), los cuales contribuyen a la disminución poblacional de la plaga de interés. Este método tiene múltiples beneficios, como el de evitar el uso de insecticidas, lo que disminuye la contaminación del ecosistema. Cabe señalar que el ataque selectivo de insectos plaga favorece la conservación de especies benéficas (Aquino-Bolaños *et al.*, 2020).

2.8.4. Control etológico. Este método consiste en la colocación de trampas equipadas con cebos feromonales, normalmente de origen sintético (2-metil-4-octanona + 2-metil-4-octanol). Busca aprovecharse del comportamiento de los insectos, atrayéndolos hacia las trampas con feromonas para su captura. Actualmente existen muchos trabajos de investigación con respecto a este tipo de control, donde no solo se ha comprobado la alta eficiencia de este método para el control de picudos, sino también el mejoramiento de la técnica, el cual incluye la colocación de los atrayentes alimenticios en sinergia con la feromona para tener una mayor captura. Los atrayentes alimenticios suelen ser frutas como plátano (*Musa paradisiaca* L.), piña (*Ananas comosus* Merr.) o fragmentos de agave (parte de la piña del agave) que se fermentan con melaza (Ruiz-Montiel, 2003).

2.9. Feromonas en trampas y comparación de trampas

Múltiples trabajos de investigación señalan la eficiencia de los cebos feromonales y atrayentes alimenticios para la captura de picudos de agave. La composición de las feromonas de origen sintético está basada en compuestos químicos: 2-metil-4-octanona + 2-metil-4-octanol (dos alcoholes y dos cetonas). La eficiencia de este cebo radica en el comportamiento del insecto macho, el cual segrega una feromona de agregación que atrae a individuos de

ambos sexos con la finalidad de reproducirse. Las feromonas comerciales suelen tener una duración de cuatro meses de eficiencia (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008).

Dentro de las investigaciones previamente realizadas se han comparado varios atrayentes visuales y alimenticios, en sinergia con atrayentes sexuales, en trampas para maximizar el número de ejemplares capturados. Al respecto, las trampas de color azul, verde o amarillo presentan una mayor captura con respecto a las de color blanco o a las que no tienen color (trasparentes). Sin embargo, al retirar la feromona se ha observado que no hay incidencia significativa con ningún color (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008). La incorporación de atrayentes alimenticios dentro de las trampas ha demostrado ser eficiente en la captura de ejemplares con respecto a las que no lo tienen (Figueroa-Castro, 2009).

2.10. Semioquímicos

Los semioquímicos son sustancias implicadas en la comunicación entre miembros de la misma especie (feromonas) o bien entre especies diferentes (aleloquímicos) (Blanco-Metzler, 1996). Las feromonas son compuestos orgánicos percibidos por otro individuo de la misma especie, es decir, existe una interacción intraespecífica. Dentro de este grupo de compuestos se encuentran las feromonas sexuales, de agregación, de alarma y marcadoras de rastro (Blanco-Metzler, 1996).

Las feromonas sexuales están implicadas en la reproducción de la especie y pueden ser producidas por el macho o por la hembra. Generalmente, las hembras emiten este compuesto y la respuesta se presenta en el individuo del sexo opuesto, con el propósito de llevar a cabo la copulación. Las estructuras químicas de las feromonas sexuales de familias de coleópteros y dípteros suelen ser elaboradas a partir de alcoholes y ésteres o de aldehídos, esto en comparación con los lepidópteros que suelen ser de cadenas menos variadas, pero más largas (Primo-Yúfera, 1991). Respecto a las feromonas de agregación, estas tienen múltiples propósitos. Por ejemplo, la agrupación de individuos de la misma especie y de ambos sexos puede servir para defenderse de un depredador o bien para colonizar masivamente un hospedero debilitado (Blanco-Metzler, 1996). De igual manera, las feromonas de alarma sirven para defenderse de un depredador y se efectúan al expulsar un fuerte olor, lo que genera que el depredador se aleje del lugar. También pueden servir en especies altamente territoriales que quieren hacer notar su presencia a otro macho de su

misma especie. En cuanto a las marcadoras de rastro, estas le permiten indicarles a otros individuos de su misma especie cuál es su dirección en la que se dirigen o bien cuánta es la cantidad de alimento disponible en el área (Blanco-Metzler, 1996).

2.11. Sinergia en la captura de insectos

La implementación de un sistema de trapeo con feromonas sintéticas de agregación podría ser uno de los métodos más efectivos para el control del picudo del agave, especialmente por los hábitos crípticos que este insecto tiene. Sin embargo, para un mejor desempeño de la trampa, el uso de un atrayente alimenticio tendría un efecto sinérgico en el número de individuos capturados, dicho atrayente alimenticio puede ser de tejido fresco o fermentado del hospedero, o puede ser elaborado con diversas frutas que puedan ser atractivas para el insecto, aunque en los últimos años ya se están empleando atrayentes alimenticios de origen sintético como sinergistas (Cuevas-López *et al.*, 2023).

Para la captura de picudo del agave, los atrayentes alimenticios más utilizados son el tejido fresco de agave de diversas variedades de agaves de *A. angustifolia* y *A. tequilana*, así como el uso de trozos frescos de algunas frutas como lo es el plátano (*M. paradisiaca*) o bien piña (*A. comosus*). Según Cueva-López *et al.* (2023), el uso de los atrayentes alimenticios genera un promedio ligeramente más elevado en la captura de picudos, pero no genera una diferencia significativa en la misma, esto al compararlo con una trampa tutor que solo contiene feromona de agregación.

2.12. Dieta artificial de *S. acupunctatus*

Valdés-Estrada *et al.* (2010) propusieron cuatro dietas para alimentar larvas de picudo del agave. La dieta que tuvo un óptimo desarrollo, supervivencia, fecundidad y fertilidad fue aquella que se elaboró a base de bulbos de nardo, *P. tuberosa* L., el cual es uno de los principales cultivos afectados por *S. acupunctatus*. Con esta dieta, la duración de los diferentes estados de vida fue: larva de 54,9 días, prepupa de 3,50 días y pupa de 7,46 días, para un total de 65,2 días de duración del ciclo biológico.

3. Literatura citada

- Aquino-Bolaños T., Ruíz-Vega J. y Martínez-Sánchez 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): 67-71.
- Aquino-Bolaños T., Sánchez-García J.A., Ortiz-Hernández Y., Hernández-Cruz J. y Cortés-Martínez. C. (2020). Carrier and vector of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and its handling through a base of entomopathogenic fungi in *Agave* sp. *Florida Entomologist*, 103(2): 243-246.
- Azuara-Domínguez A., Cibrián-Tovar J., Terán-Vargas A.P., Tafoya-Rangel F., Vega-Aquino P. y Blanco C.A. (2012). Trapping *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) with fermented tequila agave, and identification of the attractant volatiles. *Southwestern Entomologist*, 37(3), 341-349.
- Blanco-Metzler, H. 1996. Los semioquímicos y su papel en el manejo integrado de plagas (No. 1934-1). EUNED/EUNA.
- Boot R.G., Cox M.L., and Madge R.B. (1990). Coleoptera. International Institute of Entomology (an Institute of CAB International). Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Camino L. M., Y. Ríos R., Figueroa M., Gutiérrez M.C., Hernández J., Martínez L., Aldana y Valdés-Estrada M.E. 2002. Manejo integrado de plagas del nardo *Polianthes tuberosa* (Liliflorae: Amarillidae) en el estado de Morelos. Informe Técnico.
- Cuervo-Parra J.A., Pérez-España V.H., López-Pérez P. A., Morales-Ovando M.A., Arce-Cervantes O., Aparicio-Burgos J.E. y Romero-Cortes T. (2019). *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae): a weevil threatening the production of agave in Mexico. *Florida Entomologist*. 102(1): 1-9
- Cuevas-López D., Hernández-Castro E., Romero-Rosales T., Segura-Pacheco H.R., Figueroa-Castro P. y González-Hernández H. (2023). Sinergistas para el trampeo del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en Guerrero, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(2).

- Figuroa-Castro, P. (2009). Fluctuación poblacional y trapeo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) con feromona de agregación en plantaciones de agave tequilero en Jalisco. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma Chapingo.
- Figuroa-Castro P., Solís-Aguilar J. F., González-Hernández 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(4), 1454-1462.
- Figuroa-Castro, P. (2014). Factores asociados a la trampa y al atrayente, que influyen en la eficiencia del sistema de trapeo para el monitoreo del picudo del agave. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Figuroa-Castro P., López-Martínez V., Silva-García F., y 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.
- Fonseca-Varela, M. y Chalita-Tovar, L. E. (2021). Evaluación financiera de producción de agave y mezcal: caso de estudio Caltepec, Puebla. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(2), 263-273.
- García-Herrera E. J., Méndez-Gallegos S.D.J. y Talavera-Magaña D. (2010). El género *Agave* spp. México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. Revista Salud Pública y Nutrición, 5(73), 111.
- García-Mendoza J. A. 2011. Los agaves de México. Ciencias. México. 87 pp.
- González-Hernández H. 2004. Principales plagas del agave. In: Avances de la Investigación en el Agave Tequilero. Editorial Ágata. Guadalajara, Jalisco, México. p. 181-233.
- González-Hernández H., Solís-Aguilar J.F., Pacheco-Flores S. C., Rubio C.R. y Rojas L.J. 2007. Insectos barrenadores del *agave* tequilero. pp 39-67. En: Manejo de plagas del agave tequilero (González-Hernández, H., Del Real-Laborde). J.I., y Solís-Aguilar. J.F., (eds.). Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Guerrero (2024) Michoacán y su ruta del Mezcal, un referente en la producción de bebidas artesanales. El sol de México. <https://www.elsoldemexico.com.mx/lomerezco/dos->

horas/michoacan-y-su-ruta-del-mezcal-un-referente-en-la-produccion-de-bebidas-artesanales-11702631.html

- Jiménez M. E. (2009). Métodos de control de plagas. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, Nicaragua. pp 23
- Macedonio Guevara A. (2015). Abundancia estacional del picudo del agave en plantaciones de agave mezcalero en Guerrero. Tesis maestra en ciencias. Colegio de posgraduados. Postgrado de fitosanidad, entomología y acarología. Montecillo, Estado de México
- Primo-Yúfera, E. (1991). Ecología química. Nuevos métodos de lucha contra insectos. MundiPrensa Libros, Madrid. pp 191.
- Rodríguez W.D., Navarrete-Heredia J. L., Rodríguez-Macías R., Vásquez-Bolaños M., Briceño-Félix G.A. y Wallace Jones R. (2020). Abundance of *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) in *Agave tequilana* Weber (asparagaceae) fields of different ages and agronomic management. Proc. Entomol. Soc. Wash. 122(2): 450– 461.
- Rojas J., González-Hernández H., Ruiz-Montiel C., Rangel-Reyes D.N., Ceja E.I., García-Coapio G., del Real-Laborde I. (2006). Optimización de un sistema de monitoreo/trampeo masivo para el manejo del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllh, pp. 51–58. En Barrera JF, Montoya P [eds.], Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología/El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Ruiz-Montiel C. (2003). Comunicación química de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de doctorado en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Ruiz-Montiel, C., García-Coapio. G., Rojas. J. C., Malo. E. A., Cruz-López. L., Del Real-Laborde, I. y. Hernández-González. H. (2008). Aggregation pheromone of the *Agave weevil* *Scyphophorus acupunctatus*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 127: 207-217.
- Ruiz-Montiel, C., Rojas, J. C., Cruz-López, L., & González-Hernández, H. (2009). Factors affecting pheromone release by *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Environmental Entomology, 38(5), 1423-1428.

- Ruiz-Montiel, C., Ramón-Domínguez. C. I., Domínguez-Reyes. L., Ainsa-Zarate. R. y Mendoza-López. M. R. (2017). Efecto de la trampa y atrayente sobre *Scyphophorus acupunctatus* en agave. *Southwestern Entomologist*, 42(1): 237-247.
- SADER. 2017. Maguey: un *agave* que nos provee diversos productos agroalimentarios nativos. Secretaría de Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-un-agave-que-nos-provee-diversos-productos-agroalimentarios-nativos?idiom=es>
- SADER. 2018. Michoacán ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción de *agave*.
- SIAP. 2016 Maguey: un agave que nos provee diversos productos agroalimentarios nativos <https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-un-agave-que-nos-provee-diversos-productos-agroalimentarios-nativos?idiom=es#:~:text=De%20acuerdo%20con%20cifras%20del,tanto%20que%20la%20producci%C3%B3n%20de>
- SIAP. 2022. En aumento el consumo mundial de tequila y mezcal. [http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de\[1\]tequila-y-mezcal](http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de[1]tequila-y-mezcal)
- SIAP. 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Siller-Jasso M. G. 1985. Ciclo biológico en el laboratorio del picudo de maguey *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) y algunas consideraciones sobre su impacto económico. UNAM. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Solís-Aguilar J. F. (2001). Picudo del agave tequilero (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) (Curculionidae), en Jalisco, México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- 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
- Terán-Vargas A. P., Azuara-Domínguez A., Vega-Aquino P., Zambrano-Gutiérrez J. y Blanco-Montero C. (2012). Efectividad biológica de insecticidas para el control del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), en México. *Entomólogo del suroeste*, 47-53.

- Valdés-Rodríguez S., Ramírez-Choza J. L., Reyes-López J., Blanco-Labra A. (2004). Respuestas del insecto Max *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana* 20(3): 157–166.
- Valdés-Estrada M. E., Aldana-Llanos O. L. y Figueroa Brito R. (2005). Evaluation of two natural diets for the offspring of *Scyphophorus acupunctatus*. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 48:53-55
- Valdés-Estrada M. E., Hernández-Reyes M. C., Gutiérrez-Ochoa M. y Aldana-Llanos L. (2010). Determination of the life cycle of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *Florida Entomologist* 93(3): 398-402.
- Zumbado-Arrieta, M. y Azofeifa-Jiménez, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Costa Rica: Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).

4. Objetivo general

Determinar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* y algunos parámetros biológicos con una dieta merídica.

4.1. Objetivos específicos

Capítulo II

Determinar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* con un diseño de trampa, una feromona de agregación y dos tipos de atrayentes alimenticios

Capítulo III

Determinar la duración de cada estado de vida y algunos parámetros biológicos como longevidad, supervivencia, fecundidad y fertilidad de adultos de *S. acupunctatus* con una dieta a base de *A. cupreata*.

Capítulo II

1. Determinación de la fluctuación poblacional de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal en una plantación de *Agave cupreata* en Etúcuaro, Madero, Michoacán

Objetivo

Determinar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* con un diseño de trampa, una feromona de agregación y dos atrayentes alimenticios

2. Introducción

México es el país con la mayor producción de agaves para destilados de bebidas alcohólicas a nivel mundial. En territorio nacional se registra un total de 2,434,207.70 ha sembradas en 23 entidades federativas (SIAP, 2024). En México, desde antes de la conquista española, las plantas de agave habían sido aprovechadas para diversos usos (Gschaedler *et al.*, 2017), tales como alimento, fibra y para la elaboración de terrazas agrícolas. De igual manera, datos históricos indican que también se utilizó para la elaboración de bebidas fermentadas como el pulque (Colunga-García *et al.*, 2007). En este contexto, los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Estado de México, Morelos y Michoacán sobresalen en la producción y consumo de esta bebida tradicional (SADER, 2015). La destilación de bebidas alcohólicas como el mezcal abrió un abanico de posibilidades para el aprovechamiento de las plantas de agaves y la Denominación de Origen del Mezcal (DOM) coadyuvó a dar certidumbre a los productores, especialmente porque dicho certificado otorgó a ciertas regiones de los estados de Oaxaca, Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Tamaulipas, Michoacán y Puebla, la exclusividad de siembra y cultivo del agave para producir mezcal (Secretaría de Economía, 2015).

Michoacán se posiciona en el tercer lugar a nivel nacional en la producción de agaves, con tres mil 522 ha sembradas en 36 municipios (SIAP, 2022). De igual manera, esta entidad federativa ocupa el tercer lugar en cuanto a producción anual de tequila y mezcal, donde cada año se procesan 48 mil 877 t y generan una derrama económica de 273,344,000 de pesos mexicanos (SADER, 2018). Al respecto, la comunidad de Etúcuaro, que representa la

principal zona productora de mezcal en el estado de Michoacán, produce el 80% de todo el destilado a nivel estatal (Guerrero, 2024), donde *A. cupreata* es la especie de mayor aprovechamiento. Actualmente, se conoce que la superficie cultivada de agave mezcalero en dicha entidad cada año continúa en aumento debido a la demanda que tiene el mezcal michoacano. Desafortunadamente, uno de los problemas fitosanitarios que pone en riesgo la producción de agave en Etúcuaro es el picudo del agave, *S. acupunctatus*. Según datos de Del Río-Mora (2015), en dicha localidad existe un 3% de plantas atacadas y muertas por este insecto durante los primeros años de las plantaciones, el cual se incrementa a 18% de plantas dañadas en la cosecha.

A pesar del impacto causado por *S. acupunctatus* en la localidad de Etúcuaro, son escasos los estudios sobre sus patrones de colonización en plantas hospederas y fluctuación poblacional. Este estudio está enfocado en determinar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus*, lo cual no solo permitirá identificar los periodos de mayor abundancia sino también desarrollar un calendario estratégico de control. El uso de trampas con atrayentes representa una estrategia preventiva eficaz contra altas infestaciones, especialmente considerando su mayor efectividad en la captura de hembras en comparación con machos (Figueroa-Castro *et al.* 2013).

3. Materiales y Métodos

3.1. Ubicación del área de estudio

La fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* se determinó a través de monitoreos quincenales durante un periodo de un año en una parcela de 4,5 ha cultivada con plantas de *A. cupreata* (5-8 años), ubicada en las coordenadas 19°23'01"N y 101°12'49"O, a 1,717 msnm, en la tenencia de Etúcuaro, municipio de Madero, Michoacán, México (Figura 1). La elección de la parcela estuvo en función de la abundancia de adultos y de los daños visibles encontrados en recorridos preliminares.

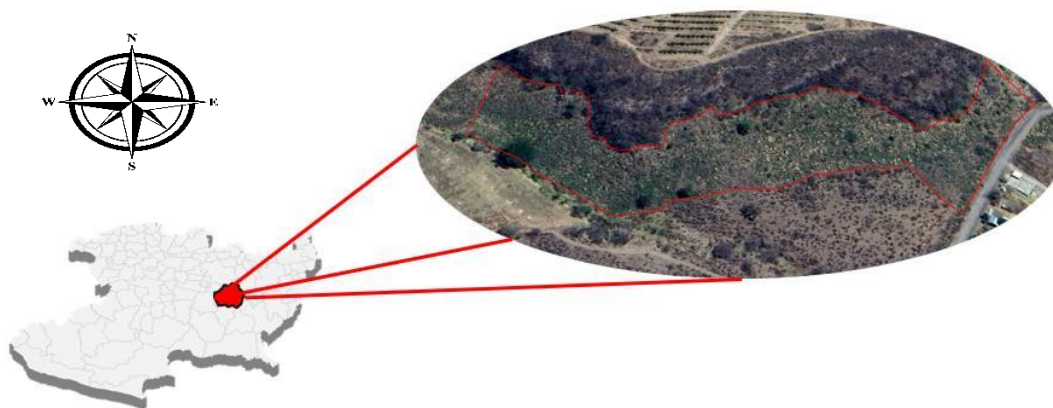


Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.2. Diseño de trampas y atrayentes

Se utilizaron trampas con un diseño similar al utilizado por García-Ramírez *et al.* (2014) con pequeñas modificaciones en las aberturas laterales. Las trampas se elaboraron con bidones de color verde oscuro de 5 L de capacidad (18 x 16 x 12 cm; Figura 2A, B), a los que se les hicieron recortes rectangulares en sus cuatro lados laterales (=ventanas que permitieron la dispersión de los olores de la feromona y el atrayente alimenticio), dos recortes de 14 x 7 cm y dos de 8 x 7 cm (amplitud x altura; Figura 2 C, D). Por otra parte, también se hizo una abertura pequeña en la parte superior para el paso del alambre que suspendió la feromona de agregación.

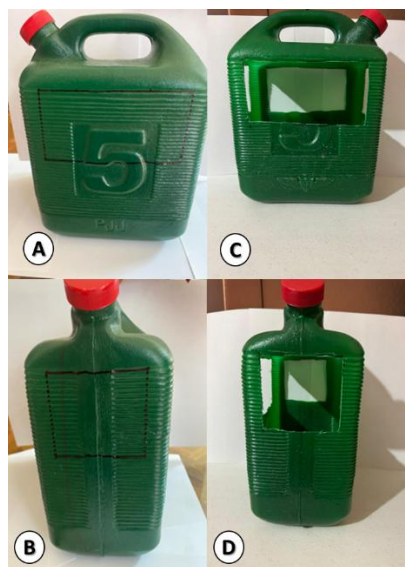


Figura 2. Diseño de trampas con bidones de 5 L.

Para conseguir la atracción de los adultos de *S. acupunctatus* hacia las trampas se utilizó la feromona de agregación Agavenol® (2-metil-4-octanona, Squid Biological and Pheromones S.A. de C.V. [Texcoco, México]). De igual manera, para potenciar la atracción de las trampas se requirió de dos atrayentes alimenticios fermentados: a) trozos de fruta de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) y trozos de piña de maguey de *A. cupreata*. Los atrayentes alimenticios se prepararon dejando fermentar por 15 días trozos de fruta de piña o de piña de agave de un tamaño ~ 100 gramos [g] en 10 L de agua y 0,5 L de melaza.

La fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* se determinó con trampas cebadas de la siguiente manera: a) feromona de agregación + tejido de agave fermentado (T1); b) feromona de agregación + tejido de fruta de piña fermentada (T2); c) solo feromona de agregación (T3). Se empleó un total de 12 trampas (4 trampas para tipo de atrayente) que se distribuyeron aleatoriamente en toda la superficie del experimento. La instalación de las trampas se efectuó a una distancia mínima de 40 m entre trampas. Para ello, en el suelo se excavó un agujero de aproximadamente 6 cm, donde se fijó firmemente la trampa para evitar el derramamiento de agua, en caso de que algún animal moviera la trampa. Los atrayentes alimenticios se colocaron en el interior de las trampas en frascos de vidrio, los cuales evitaron la deshidratación del material vegetativo fermentado. A todas las trampas se les agregó una solución de agua jabonosa al 1% + formol al 1.5% con la finalidad de mantener en buenas condiciones a los individuos capturados dentro de la trampa. Tanto el tejido de agave como

el tejido de piña se renovaron cada 15 días y la feromona de agregación se renovó cada 12 semanas.

3.3. Procesamiento de los individuos de *S. acupunctatus*

Los insectos atrapados en las trampas se recolectaron quincenalmente, se almacenaron en frascos de 250 ml con alcohol al 70% para su traslado al laboratorio (Laboratorio de Entomología Agrícola [LA] del Instituto de Investigaciones agropecuarias y Forestales [IIAF], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo [UMSNH]) y se etiquetaron con sus respectivos datos de captura. En laboratorio, los insectos capturados en cada trampa se contabilizaron y se sexaron individualmente. Para el sexado, cada individuo se colocó de manera ventral y con ayuda de agujas de disección se procedió a separar los últimos esternitos abdominales para exponer estructuras características. En el caso de las hembras se puede distinguir los estilos (Figura 3B) mientras que en los machos estas estructuras están ausentes (Figura 3A)

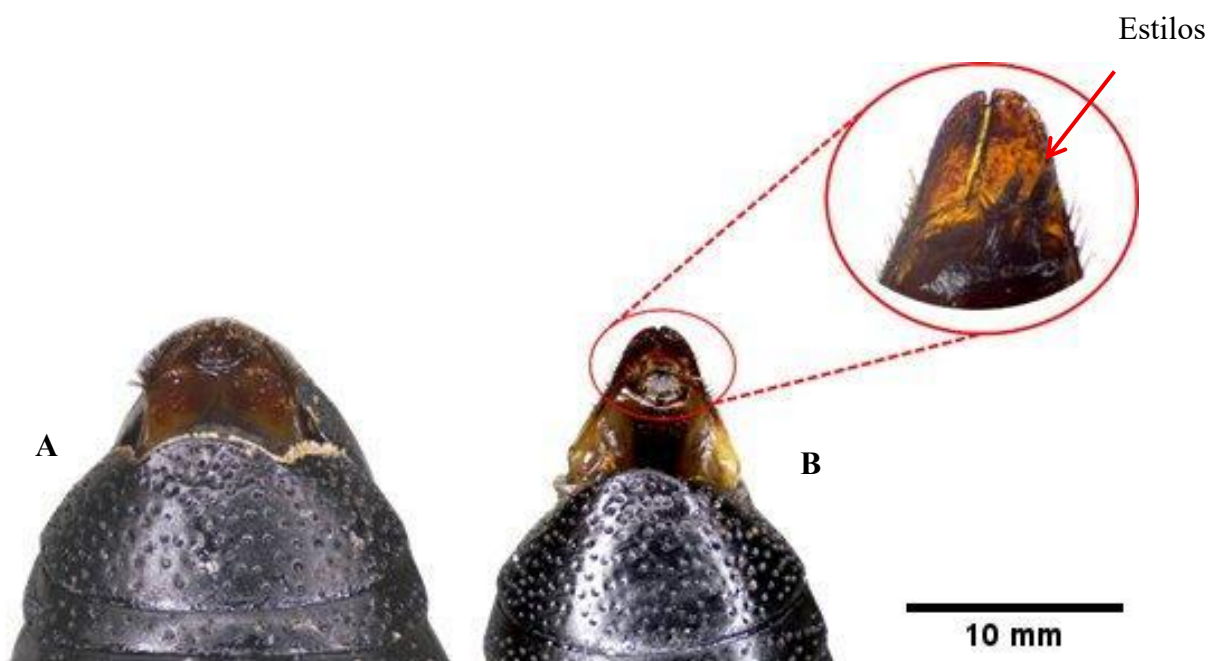


Figura 3. Vista dorsal de los últimos segmentos abdominales del macho (A) y hembra (B) de *S. acupunctatus*.

3.4. Análisis de datos

Antes de analizar los datos del número de hembras y machos capturados por monitoreo, promedio de individuos capturados por atrayente, y de correlacionar los promedios de captura por atrayente con las variables de temperatura y humedad relativa, todos los conjuntos de datos se sometieron a una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y a la prueba de homocedasticidad de Levene. Al no cumplir estas pruebas y de no corregirse aún con la transformación de datos, se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para el primer conjunto de datos, la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para el segundo conjunto, y la correlación de Spearman ($\rho = r_s$) para el último conjunto de datos. Todos los análisis se efectuaron con el software PAST versión 3.01.

4. Resultados

4.1. Capturas totales de *S. acupunctatus*

Durante el periodo comprendido entre el 16 de febrero de 2024 y el 16 de febrero de 2025 (26 monitoreos consecutivos) se capturó un total de 1,342 individuos de *S. acupunctatus* con todas las trampas cebadas con las tres combinaciones de atrayentes. Se capturaron significativamente más hembras que machos (1207 vs. 135 individuos; Mann-Whitney U-test, $U = 140.5$, $p = 0.0002$). Las trampas cebadas con el T1 capturaron un total de 550 individuos (497 hembras y 53 machos), mientras que las cebadas con el T2 y el T3 capturaron 519 (488 hembras y 31 machos) y 273 individuos (218 hembras y 55 machos), respectivamente. El promedio total de captura de los 26 monitoreos para el T1 fue de 21.15 ± 7.8 , mientras que para el T2 y T3 fue de 19.96 ± 6.54 y 10.50 ± 4.8 individuos/monitoreo, respectivamente, sin diferencias significativas entre los tres tratamientos (Kruskal-Wallis, $K=4.03$, $P=0.13$).

4.2. Fluctuación poblacional

El promedio de individuos capturados fluctuó a través del tiempo por atrayente y fecha de monitoreo (Figura 4). El 8 de junio, 13 de septiembre y 6 de diciembre de 2024, las trampas de los tres tratamientos tuvieron altas capturas de individuos simultáneamente (T1= 30.0, 19.3 y 10.0; T2= 30.3, 27.8 y 25.5; T3= 20.3, 13.3 y 7.3 individuos/semana,

respectivamente). El número de capturas mensuales de los tres tratamientos no se correlacionó con la variable de temperatura. En cambio, con la humedad relativa tuvieron una correlación baja a moderada (T1: $\rho = 0.39$ y $P = 0.04$, T2: $\rho = 0.49$ y $P = 0.01$, T3: $\rho = 0.43$ y $P = 0.02$), indicando que a medida que incrementa la humedad relativa, incrementa el número promedio de individuos capturados.

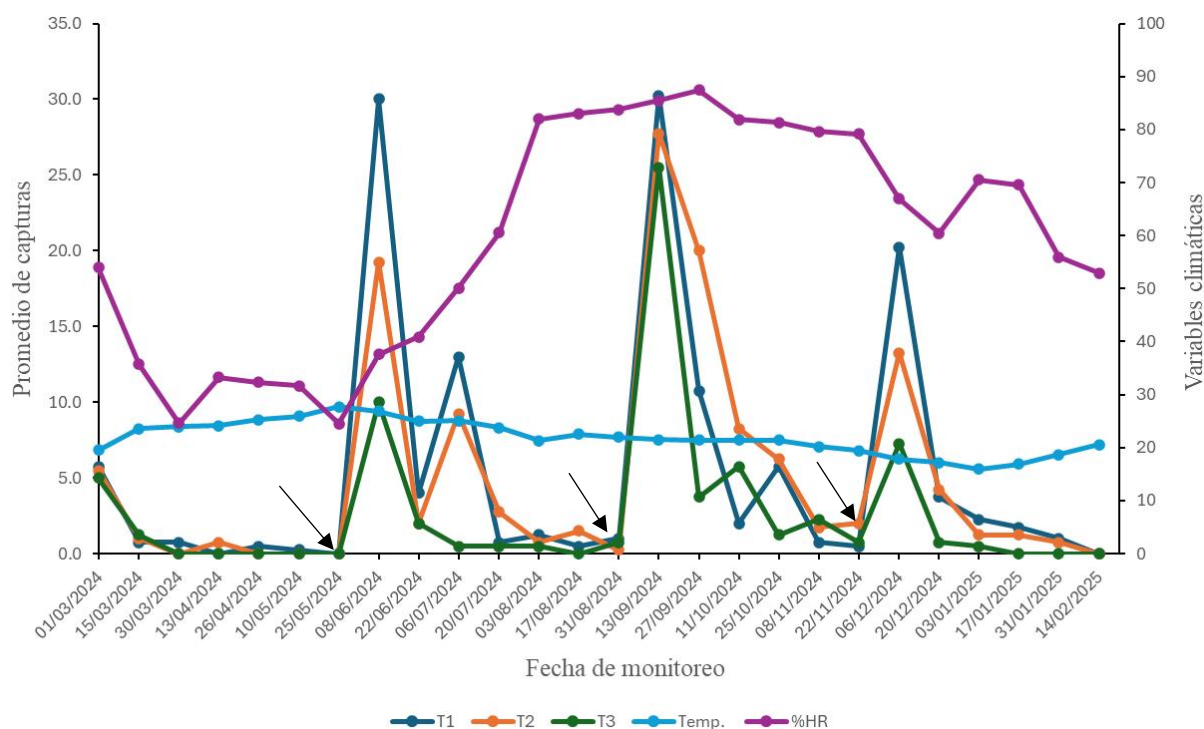


Figura 4. Promedio de individuos capturados por fecha y tipo de atrayente, así como de variables climáticas. La flecha indica renovación de la feromona.

5. Discusión

El monitoreo sistemático de insectos plaga constituye una herramienta fundamental que permite entender su dinámica poblacional en el tiempo, por lo que representa el punto de partida para establecer programas efectivos de manejo integrado. Esta actividad genera alertas tempranas o anticipadas de los ataques de las plagas, por lo que contribuye a la minimización de daños en los cultivos, a la optimización del control y a la reducción de costos operativos (Prasad y Prabhakar, 2012). Entre las metodologías disponibles, el trampeo

con feromonas destaca como la técnica más efectiva para la detección y seguimiento poblacional de plagas agrícolas (Prasad y Prabhakar, 2012; Rodríguez-Rebollar *et al.*, 2012). Debido a que estimar directamente una población (abundancia absoluta = número total de individuos) o su densidad (= número promedio de individuos por unidad de área) de una especie resulta metodológicamente muy complejo, el uso de índices de abundancia relativa (IAR) ha sido propuesto para establecer comparaciones poblacionales entre localidades y temporadas diferentes (Mandujano, 2024). En el contexto del control de plagas, las capturas mediante trampas han demostrado tener una correlación significativa con la abundancia poblacional y con su potencial de daño; dicha información resulta ser valiosa para determinar la implementación de medidas específicas de control basadas en umbrales de acción (Wall *et al.*, 1987; Reddy y Guerrero, 2001). En el caso del monitoreo de *S. acupunctatus*, el número de insectos capturados por trampa por mes ha sido de gran utilidad para determinar su distribución espacio-temporal (Pedraza-Méndez *et al.*, 2024). El presente estudio, desarrollado en Etúcuaro, Michoacán, involucró el monitoreo quincenal durante doce meses de *S. acupunctatus* en una plantación de *A. cupreata*, sin actividades de control de plagas y destinada a la producción de semilla.

5.1. Capturas totales de *S. acupunctatus*

Los resultados obtenidos en los monitoreos sistemáticos revelaron que las trampas cebadas con la feromona 2-metil-4-octanona (Agavenol®) y atrayente alimenticio capturaron significativamente más hembras que machos (8,9:1), tendencia que se mantuvo constante durante todo el periodo de estudio. Esta tendencia coincide con trabajos previos realizados en otras regiones productoras de agave en México; por ejemplo, Figueroa-Castro *et al.* (2013), quienes monitorearon con la feromona de agregación 2-metil-4-octanona (Tequilur®) en Ahualulco y Amatitán, Jalisco, encontraron una proporción de 8.9:1 y 15.2:1, respectivamente, a favor de las hembras. Similarmente, Figueroa-Castro *et al.* (2016), que también monitorearon con la feromona Tequilur® + 300 g de tejido de agave en Quetzalapa, Guerrero, capturaron una proporción 4.5:1 a favor de las hembras. Este hecho comprueba que las feromonas utilizadas como atrayentes son efectivas en la atracción de hembras y que los machos que llegan a las trampas probablemente buscan a las hembras que se congregan alrededor de las trampas. Desde una perspectiva de control de plagas, la captura de más

hembras que de machos es relevante, dado que las hembras desempeñan un rol directo en el crecimiento poblacional, lo que indica que hay más probabilidad de reducir la población de este insecto (Valdés-Estrada *et al.*, 2010; Aquino-Bolaños *et al.*, 2020).

En este estudio no se encontraron diferencias significativas en las capturas entre las trampas cebadas con la feromona de agregación + cualquiera de los tres atrayentes alimenticios probados, indicando que no hubo un efecto sinérgico del atrayente alimenticio con la feromona de agregación. Esto coincide con lo reportado por Cuevas-López *et al.* (2023), quienes también no encontraron un efecto sinérgico de los atrayentes alimenticios *Ananas comosus* L., *Musa paradisiaca* L. y *A. angustifolia* sumergidos en agua con la feromona de agregación Tequilur® en una plantación de *A. angustifolia* en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero. En contraste, Figueroa-Castro *et al.* (2017, 2018) y Cruz-Faustino *et al.* (2019) encontraron efectos sinérgicos de los atrayentes alimenticios con la feromona Tequilur®. Los primeros autores, en Quetzalapa, Huitzuco de los Figueroa (Guerrero) y en Ahualulco (Jalisco), capturaron significativamente más individuos de *S. acupunctatus* con Tequilur® + 300 g de tejido fresco de *A. cupreata* o *A. tequilana* o de banano o piña madura comparados con las trampas que contenían solo la feromona. Similarmente, Cruz-Faustino *et al.* (2019) en Tlaltizapan, Morelos, encontraron también un efecto sinérgico de la piña o plátano maduro combinado con la feromona Tequilur®. Más estudios que evalúen el efecto sinérgico de la piña fruta o piña de agave fermentada son requeridos para dilucidar por qué en el estudio actual no se encontró tal efecto sinérgico del material vegetativo combinado con la feromona, la única explicación a esto podría ser debido a que en nuestro estudio se utilizó tejido fermentado y no tejido fresco como los autores mencionados. Sin embargo, en la literatura hay muchos trabajos que sugieren el uso de tejido de agave fermentado con melaza combinado con la feromona de agregación para incrementar las capturas de adultos de *S. acupunctatus* (Azura-Domínguez *et al.*, 2014; Cruz-Faustino *et al.*, 2019; Reyes-Muñoz *et al.*, 2024).

5.2. Fluctuación poblacional

Se encontraron más capturas de individuos de *S. acupunctatus* durante el periodo comprendido de inicio de junio a octubre, con picos de captura más altos el 8 de junio y el 13 de septiembre, lo cual coincide con el periodo de lluvias de la región. Estos resultados son consistentes con

los reportados por Rodríguez y Navarrete (2017), quienes en su estudio realizado en un bosque de *Quercus* en Cerro de García (Jalisco), de marzo a septiembre de 2014, documentaron las máximas capturas durante julio y agosto. De manera similar, Bailon-Ortiz *et al.* (2018) reportaron en San Francisco Sola (Oaxaca, México), un patrón de abundancia máxima durante julio, mes caracterizado por la mayor precipitación. En contraste con estos resultados, investigaciones en otras regiones del país han encontrado patrones temporales distintos. Por ejemplo, Pedraza-Méndez *et al.* (2024), en un estudio realizado en Xicoténcatl (Tamaulipas) con trampas cebadas con agavenol + trozos de piña de agave fermentado, registraron las mayores abundancias durante febrero, mayo y noviembre. De manera similar, Figueroa *et al.* (2013), quienes monitorearon adultos de *S. acupunctatus* en un cultivo de *A. tequilana* en Amatitán (Jalisco) durante 2009, observaron picos poblacionales en febrero, abril y mayo (con trampas cebadas con feromonas de agregación 2-methyl-4-octanone + trozos de pencas de agave fermentados + insecticida malatión). Pedraza-Méndez *et al.* (2024) propusieron que los picos de abundancia observados en febrero y mayo en Xicoténcatl, Tamaulipas, podrían atribuirse a una mayor eficiencia en la liberación de la feromona comercial y el atrayente alimenticio, mientras que el incremento poblacional en noviembre lo relacionaron con la emergencia de nuevos individuos en la población. En nuestro estudio, se encontró un pico poblacional el 6 de diciembre, probablemente este pico corresponda a la emergencia de nuevos individuos como lo comenta Pedraza-Méndez *et al.* (2024).

Por otra parte, los resultados obtenidos indicaron una correlación positiva entre los promedios de capturas de *S. acupunctatus* de los tres atrayentes con la variable de precipitación. Esto podría ser confirmado con las capturas efectuadas el 13 de septiembre, fecha en que coincidieron las máximas capturas de los tres atrayentes utilizados. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Aquino *et al.* (2007) en Tlacolula (Oaxaca), quienes mediante conteos directos de adultos en plantas dañadas de *A. angustifolia* y *A. tequilana*, registraron las mayores abundancias durante la temporada de lluvias en un ciclo anual (junio 2005 - junio 2006).

Arista-Carmona *et al.* (2023) reportaron en el Estado de México patrones estacionales similares, con picos poblacionales durante la temporada de lluvias, aunque con variaciones en la magnitud de las capturas. En contraste, Cuevas-López *et al.* (2023) en Quetzalapa, Huitzoco de los Figueroa (Guerrero), documentaron variaciones significativas en la

efectividad de diferentes atrayentes según la temporada, lo que resalta la importancia de adaptar las estrategias de monitoreo a las condiciones específicas de cada región productora.

Finalmente, los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) en la región mezcalera de Michoacán. La marcada estacionalidad en las poblaciones de *S. acupunctatus*, con picos definidos durante la temporada de lluvias, sugiere la necesidad de implementar medidas preventivas específicas antes de estos períodos críticos. Reyes-Muñoz *et al.* (2024) han demostrado que la aplicación oportuna de medidas de control basadas en el monitoreo sistemático puede reducir significativamente las poblaciones de esta plaga. Además, la mayor efectividad de las trampas con feromona en la captura de hembras ofrece una oportunidad para el control poblacional preventivo, como lo señalan Cruz-Faustino *et al.* (2019). La integración de estas herramientas con prácticas culturales y control biológico, según lo propuesto por Arista-Carmona *et al.* (2023), podría optimizar el manejo de esta plaga en sistemas de producción de agave.

En conclusión, los resultados conseguidos de la fluctuación poblacional bajo condiciones climáticas locales proporcionan información valiosa para el desarrollo de estrategias de manejo integrado para la región mezcalera más importante de Michoacán.

6. Literatura citada

- Aquino-Bolaños T., Ruiz-Vega J., Martínez-Sánchez 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: 59–68
- Aquino-Bolaños T., Iparraguirre-Cruz M.A., Ruiz-Vega J. (2007) *Scyphophorus acupunctatus* (=interstitialis) Gyllehnhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Rev UDO Agríc* 7: 175–180
- Arista-Carmona E., González-Hernández H., y Cibrián-Tovar J. (2023). Incidencia, fluctuación poblacional y porcentaje de severidad de *Scyphophorus acupunctatus* en maguey pulquero en el noreste del Estado de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 46(2): 157-166.
- Azuara-Domínguez A., Terán-Vargas A.P., Soto-Sandoval A., Aguilar-Paniagua N. Y. y Martínez-Bolaños 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. (2018). Dinámica Poblacional de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en *Agave angustifolia* Haw en el Sur de Oaxaca. Entomología Agrícola. 2448-475X.
- Colunga-García, M.P., Zizumbo-Villarreal, D. y Martínez-Torres, 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 lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves, 248(5).
- Cruz-Faustino J.J., Figueroa-Castro P., Alcántara-Jiménez J.Á., López-Martínez V. y Silva-García F. (2019). Sinergistas vegetales para la captura del adulto de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, en trampas con feromona, en *Agave angustifolia* Haw., en Morelos, México. Acta zoológica mexicana, 35.
- Cruz-Faustino J.J., Figueroa-Castro P., Alcántara-Jiménez J.Á., López-Martínez V. y Silva-García F. (2019). Vegetal synergists for trapping the adult of *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, in pheromone-baited traps, in *Agave angustifolia* Haw., in Morelos, Mexico. Acta Zoológica Mexicana (N.S.).35:1–9. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502187>
- Cuevas-López D., Hernández-Castro E., Romero-Rosales T., Segura-Pacheco H.R., Figueroa-Castro P. y González-Hernández H. (2023). Sinergistas para el trampeo del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en Guerrero, México. Revista Colombiana de Entomología, 49(2).
- Del Río-Mora, A. (2015). Metodología y procedimientos para realizar inspecciones fitosanitarias en el cultivo del agave. pp. 31-40. En: Martínez-Palacios A., Morales-García J.L. y Guillén-Rodríguez S. (Eds.). Aspectos sobre el manejo y la conservación de agaves mezcaleros en Michoacán. Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (CECTI). 176 pp.
- Figueroa-Castro P., Hernández-González H., Castillo-Sánchez L.J., Rojas-León J.C., Del Real-Laborde J.I., y Solís-Aguilar J.F. (2014). Radio de acción y densidad de trampas cebadas con feromona de agregación sintética para monitoreo del picudo del agave. Entomología Mexicana, 1:402 – 407

- Figueroa-Castro P., López-Martínez V., Hernández-Ruiz A., Silva-García F., y 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., Solís-Aguilar J.F., González-Hernández 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 (4): 1454-1462.
- García-Ramírez M., López-Martínez V., Alia-Tejacal I., Andrade-Rodríguez M., y 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(1), 96-101.
- Gschaedler A.C., Gutiérrez-Mora A., Contreras-Ramos S.M., Dabila-Vazquez G., y Gallardo-Valdez J. (2017). Panorama del aprovechamiento de los agaves en México. Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves. México. Estado del arte publicado por Agared-Red temática mexicana: aprovechamiento integral, sustentable y biotecnología de los agaves. Primera edición.
- Guerrero (2024) Michoacán y su ruta del Mezcal, un referente en la producción de bebidas artesanales. El sol de México. <https://www.elsoldemexico.com.mx/lomerezco/dos-horas/michoacan-y-su-ruta-del-mezcal-un-referente-en-la-produccion-de-bebidas-artesanales-11702631.html>
- Macedonio-Guevara, A. (2015). Abundancia estacional del picudo del agave en plantaciones de agave mezcalero en Guerrero. Tesis, Maestría en Ciencias. Postgrado de fitosanidad, entomología y acarología. Colegio de posgraduados.
- Mandujano S. (2024). Índice de abundancia relativa y tasa de encuentro con trampas cámara. *Mammalogy Notes*, 10(1), 389-389.
- Pedraza-Méndez A. A., Vargas-Madríz H., Rangel-Lucio J. A., Pérez-Arriaga E., y Azuara-Domínguez A. (2024). Temporal Abundance and Involvement of Temperature and Precipitation in the Occurrence of the Beetle *Scyphophorus acupunctatus* 1 Gyllenhal on Tequilero Agave. *Southwestern Entomologist*, 49(1), 61-70.

- Prasad Y.G. y Mathyam-Prabhakar M.P. (2012). Pest monitoring and forecasting. In Integrated pest management: principles and practice (pp. 41-57). Wallingford, UK: Cabi.
- Reddy G.V.P., y Guerrero A. (2001). Optimum timing of insecticide applications against diamondback moth *Plutella xylostella* in cole crops using threshold catches in sex pheromone traps. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 57(1): 90-94.
- Reyes-Muñoz J.L., Recéndiz-De la Mora M.B., Niño-Maldonado S., Ponce-Peña P., Arellano-Estrada J.R., Orona-Espino A., Ávila-Rodríguez V., Puente-Valenzuela C.O. y Figueroa-Castro P. (2024). Guía para el control y manejo de *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal, 1838) en agaves mezcaleros de Durango, México. *Árido-Ciencia*, 9(1): 21-29.
- Rodríguez-Rebollar H., Rojas J. C., González-Hernández H., Ortega-Arenas L. D., Equihua-Martínez A., Del Real-Laborde J. I. y López-Collado J. (2012). Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta zoológica mexicana*, 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(3): 207-217.
- SADER (2015). Pulque, bebida de dioses. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/pulque-bebida-de-dioses#:~:text=El%20pulque%20es%20tan%20famoso,%2C%20Tlaxcala%2C%20Morelos%20y%20Michoac%C3%A1n>.
- SADER. 2018. Michoacán ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción de agave.
- Secretaría de Economía (2015). Se amplía zona de denominación de origen del Mezcal <https://www.gob.mx/se/articulos/se-amplia-zona-de-denominacion-de-origen-del-mezcal>
- SIAP. 2022. En aumento el consumo mundial de tequila y mezcal. [http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de\[1\]tequila-y-mezcal](http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de[1]tequila-y-mezcal)
- SIAP. 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Terán-Vargas A.P., Azuara-Domínguez A., Vega-Aquino P., Zambrano-Gutiérrez J., y Blanco-Montero C. (2012). Biological Effectivity of Insecticides to Control the Agave

- Weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. Southwestern Entomologist, 37(1), 47-53.
- Valdés-Estrada M.E., Reyes-Hernández M.C., Gutiérrez-Ochoa M., y Aldana-Llanos L. (2010). Determination of the life cycle of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. Florida Entomologist, 93(3), 398-402.
- Wall, R., y Strong, L. (1987). Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. Nature, 327(6121), 418-421.

Capítulo III

1. Determinación de parámetros biológicos de *Scyphophorus acupunctatus* con una dieta meridica a base de *Agave cupreata*

Objetivo

Determinar la duración de cada estado de vida y algunos parámetros biológicos como longevidad, supervivencia, fecundidad y fertilidad de adultos de *S. acupunctatus* con una dieta a base de *A. cupreata*.

2. Introducción

Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), conocido comúnmente como picudo negro del agave, constituye la plaga principal del cultivo de agave en México (SENASICA-DGSV, 2016). En Yucatán, este insecto puede causar daños que ascienden al 40 % en el valor de la producción del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) (Ramírez-Choza, 1978), en Hidalgo, Tlaxcala y México se estiman daños del 30 % en agave pulquero (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck) (Ruvalcaba 1983) y en Jalisco hasta el 24.5% en agave tequilero (*Agave tequilana* F.A.C. Weber) (Solís-Aguilar *et al.*, 2001). La distribución geográfica de *S. acupunctatus* abarca 23 entidades federativas mexicanas, predominantemente en zonas áridas y semiáridas, afectando tanto poblaciones silvestres como cultivadas (Servin *et al.* 2006, Cuervo-Parra *et al.*, 2019, Figueroa *et al.*, 2024, Recéndiz-De la Mora *et al.*, 2024). Es un insecto polífago capaz de alimentarse de hasta 38 especies de la familia Asparagaceae, con preferencia por el género *Agave* (Recéndiz-De la Mora *et al.*, 2024). Presenta una metamorfosis completa, lo que significa que tiene cuatro etapas de desarrollo distintas: huevo, larva, pupa y adulto. La duración del ciclo de vida varía según la especie hospedera: 105 días en *A. tequilana* (Beltrán 2005), 133 días en *A. fourcroydes*, 89 días en *A. salmiana* (Ramírez-Choza, 1993) y 53 días en *Polianthes tuberosa* L. (Valdés-Estrada *et al.*, 2010).

Por ser una especie multivoltina, se pueden encontrar adultos de *S. acupunctatus* en las plantaciones de agaves durante todo el año (Solís-Aguilar *et al.*, 2001). El proceso de colonización hacia las plantas de agave puede iniciarse por ambos sexos (Figueroa-Castro *et*

al., 2015). La oviposición ocurre en la base de las pencas o piñas que suelen servir como sitios de alimentación (Harris 1936). Las larvas, al eclosionar, generan galerías profundas dentro del tejido vegetal, donde las excretas propician una pudrición rojiza debido al desarrollo de patógenos (Terán-Vargas & Azuara-Domínguez, 2013; SENASICA-DGSV, 2016). La infestación en las plantas se identifica inicialmente por secreciones gomosas que producen un exudado café oscuro, viscoso y pegajoso acompañado de un olor característico cerca de las perforaciones en las pencas (DGSV-CNRF, 2017). Previo a la pupación, las larvas forman un capullo con tejido fibroso y restos del tallo al interior de las plantas (Escamilla-Barragán *et al.*, 2022). Dependiendo de la disponibilidad de tejido adecuado para ovipositar y/o alimentarse, los adultos que emergen pueden permanecer dentro de las plantas o salir en busca de nuevas plantas hospederas para iniciar otro ciclo de vida (Lock, 1969; Ramírez, 1993; Solís, 2001; González *et al.*, 2007; SENASICA, 2016). Cuervo-Parra *et al.* (2019) precisaron que la temporada de lluvia, la ubicación geográfica y la especie de agave hospedera tienen influencia en los patrones temporales de infestación. Por ejemplo, en Ahualulco y Amatitán (Jalisco), donde cultiva *A. tequilana*, la mayor actividad ocurre durante el periodo de marzo a mayo (Figueroa-Castro, 2009), mientras que en la región de Tlacolula, Oaxaca, las poblaciones de *S. acupunctatus* asociadas a *Agave angustifolia* Haw. presentan mayor actividad entre junio y octubre (Aquino-Bolaños *et al.*, 2007).

El comportamiento críptico que tienen todos los estados de vida de *S. acupunctatus*, de cohabitar galerías que elaboran las larvas al alimentarse de las pencas o piñas (Terán-Vargas *et al.*, 2012), junto con su ciclo de vida prolongado (Solís-Aguilar *et al.*, 2001), hace que este insecto sea particularmente difícil de controlar (Martín-Taboada *et al.*, 2019). Desafortunadamente, los insecticidas de amplio espectro han sido el principal método de supresión, aunque su eficacia se ve limitada por este comportamiento críptico (Terán-Vargas *et al.*, 2012). Por lo tanto, se recomienda un enfoque integrado que combine el control químico con estrategias de manejo más selectivas, seguras y compatibles, como el control cultural (eliminación de plantas infestadas) (Solís-Aguilar *et al.*, 2001), el trampeo masivo con atrayentes alimenticios (Ramírez-Choza, 1993) y feromonas (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008), así como el control biológico mediante hongos y nematodos entomopatógenos.

Sin embargo, para validar estas metodologías de control contra *S. acupunctatus* se requiere de individuos mantenidos en laboratorio en diferentes etapas de desarrollo

(especialmente de larvas y adultos) con la finalidad de establecer protocolos estandarizados de bioensayos. De igual manera, para elegir la mejor estrategia de control en los sistemas agrícolas, se debe tener un mejor conocimiento de los parámetros de vida (duración y número de instares larvales) con el propósito de identificar las etapas más vulnerables de desarrollo. De aquí surge la necesidad de formular dietas merídicas que permitan mantener y estudiar, bajo condiciones de laboratorio, a todas las etapas de vida de *S. acupunctatus*. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivos: (1) evaluar la longevidad, supervivencia, fecundidad y fertilidad de *S. acupunctatus*, y (2) analizar el efecto de una dieta merídica a base de *A. cupreata* sobre el tiempo de desarrollo del insecto.

3. Materiales y métodos

La investigación se realizó con ocho pares de adultos recién emergidos de *S. acupunctatus* (generación parental, $F_0 \leq 48$ h de edad) en el Laboratorio de Entomología Agrícola (LEA) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en El Trébol, Tarímbaro, Michoacán, México. Los ocho pares de adultos se obtuvieron de 30 puparios recolectados sobre plantas de ornato de *A. salmiana* en el jardín del IIAF. Todos los experimentos se llevaron a cabo en condiciones de laboratorio ($\sim 23.05 \pm 3^\circ\text{C}$ y 46.24 ± 10.55 % de humedad relativa), en completa oscuridad.

3.1. Parámetros biológicos de la generación F_0

Para evaluar la longevidad y las tasas de supervivencia de las parejas de *S. acupunctatus*, así como de algunos parámetros reproductivos de las hembras (fecundidad [FEC] = huevos totales depositados y fertilidad [HE] = huevos eclosionados), cada pareja (una réplica) se mantuvo en un recipiente de plástico (capacidad de 1 L) sellado con una malla metálica para permitir la circulación del aire y prevenir el escape de los insectos. Cada recipiente incluyó un cilindro de qurote de *A. cupreata* (~ 5 cm de altura y 7 cm de diámetro) como fuente de alimento y sustrato para oviposición. Debido al comportamiento críptico de la especie, todos los recipientes se alojaron dentro de una caja de cartón ($60 \times 60 \times 20$ cm) en completa oscuridad. Los cilindros de quiotes se reemplazaron cada 7 días (períodos de exposición semanal) hasta la muerte de los adultos. Después de la exposición, los cilindros se

examinaron minuciosamente con un microscopio estereoscópico a 40X para recolectar los huevos depositados. Todos los huevos recuperados (primera generación filial, $F_1 \leq 168$ h de edad) por período de exposición de cada pareja se transfirieron individualmente con un pincel de cerdas finas a cajas de Petri (5.5 cm de diámetro) que contenían dieta merídica. La dieta se formuló siguiendo la metodología de Valdés-Estrada et al. (2012), con modificaciones en el material vegetativo como fagoestimulante y en el tinte vegetal colorante. La dieta consistió de 6.25 g de agar, 1.45 g de vitaminas (VITAFORT®), 15.62 g de sacarosa, 6.25 g de levadura, 19.86 g de germen de trigo, 0.50 g de colesterol, 1.00 g de sales de Wesson, 0.35 g de ácido sórbico, 10.02 g de ácido ascórbico, 0.60 g de nipagín, 27.97 g de quíote molido de *A. cupreata*, 0.15 g de colorante vegetal rojo y 250 ml de agua destilada. Se registró el número de huevos depositados y eclosionados en cada período de exposición, y también se estimaron los valores acumulativos por cada hembra a lo largo de toda su vida. La longevidad y supervivencia de los adultos (tanto machos como hembras) se monitorearon en intervalos de 24 horas.

3.2. Desarrollo y ciclos de vida de la generación F_1

Después de la eclosión, todas las larvas F_1 de *S. acupunctatus* se mantuvieron individualmente en cajas Petri que contenían una dieta merídica hasta la pupación. La cantidad de dieta en las cajas Petri fue variable según el tamaño del instar larval (entre 2,5 y 14 g de dieta por larva), con reemplazos cada 7 días. El reemplazo final de la dieta ocurrió cuando las larvas de sexto instar mostraron movimientos de rotación a lo largo de sus cuerpos, lo cual fue característico de la etapa prepupal. Cada caja Petri fue monitoreada en intervalos de 24 horas con la finalidad de registrar tasas de supervivencia, duración de los estados de desarrollo (huevo, larva, prepupa, pupa y adulto) y duración del instar larval (a través del registro de evidencia de mudas [desprendimiento de cápsulas cefálicas] de las larvas). Las tasas de supervivencia para cada etapa de desarrollo (huevo, larva, prepupa y pupa) se calcularon dividiendo el número de individuos que mudaron con éxito a la siguiente etapa entre el número inicial de individuos en cada etapa de desarrollo $\times 100$ (Rabinovich, 1980). Después de la emergencia, los adultos se sexaron para determinar la proporción de sexos, diferenciando hembras de machos por el último segmento abdominal, el cual es más

corto y puntiagudo en las hembras. La proporción de sexos se calculó como el porcentaje de hembras en la población ($\text{hembras} / [\text{hembras} + \text{machos}] \times 100$).

3.3. Análisis de datos

La longevidad de los adultos (F_0) y el tiempo total de desarrollo para los machos y hembras de *S. acupunctatus* (F_1) se analizaron utilizando la prueba t de Student. Los datos de supervivencia de machos y hembras (F_0) se evaluaron utilizando el procedimiento no paramétrico LIFETEST con estimadores de Kaplan-Meier (K-M). Las curvas de supervivencia resultantes se compararon utilizando pruebas de comparación múltiple por pares de Log-rank ($P \leq 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SAS/STAT (versión 9.3; SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.).

4. Resultados

4.1. Parámetros biológicos de la F_0

Las hembras y machos de *S. acupunctatus* alimentados únicamente con una porción de quiote de *A. cupreata* vivieron $191,6 \pm 13,9$ y $178,9 \pm 14,6$ días, respectivamente, sin diferencias significativas entre ambos sexos ($t = 0,63$, $gl = 14$, $p = 0,53$). El análisis de supervivencia no reveló diferencias significativas entre ambos sexos (Log-rank, $X^2 = 0.35$, $P = 0.55$). Las tasas de supervivencia indicaron que un individuo de cualquier sexo mantiene durante los primeros 106 días la probabilidad más alta de sobrevivir (100%). Después, la supervivencia decrece gradualmente hasta que alcanza 12,5%, lo cual ocurre a los 225 días en las hembras y a los 208 días en los machos, donde al menos un individuo de cada sexo sobrevive 15 días adicionales (Figura 1).

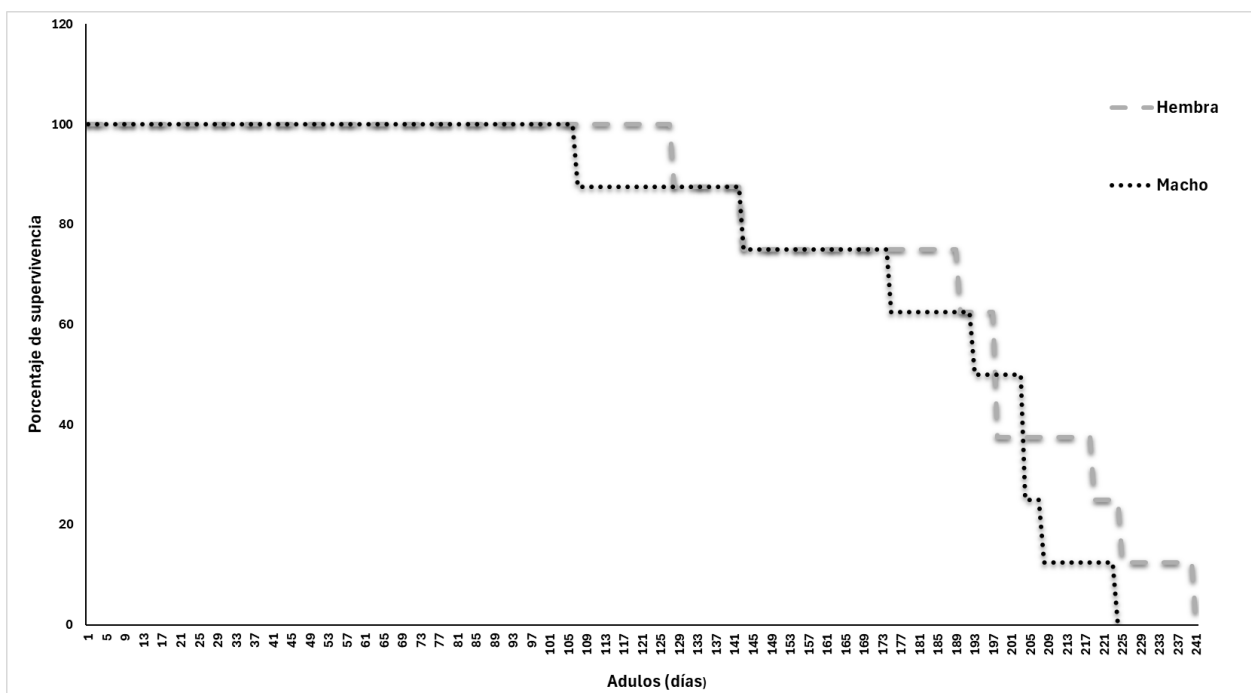


Figura 1. Tasas de supervivencia de hembras y machos de *Scyphophorus acupunctatus*

Por otra parte, las hembras ovipositaron durante 20 semanas (140 días). En las primeras dos semanas hubo más oviposición y más huevos eclosionados (FEC: 9.75 - 10.9 huevos/hembra/semana; HE: 4.8 - 5.9 huevos/hembra/semana) que en las semanas siguientes (FEC: fluctuó de 6.13 - 3.88 huevos/hembra/semana y HE: fluctuó de 3.6 - 2.3 huevos/hembra/semana) (Figura 2). En promedio, una hembra durante toda su vida depositó un total de $79,25 \pm 11,04$ huevos ($n = 8$ hembras) y tuvo una fertilidad de $40,25 \pm 6,48$ huevos eclosionados ($n = 8$ hembras).

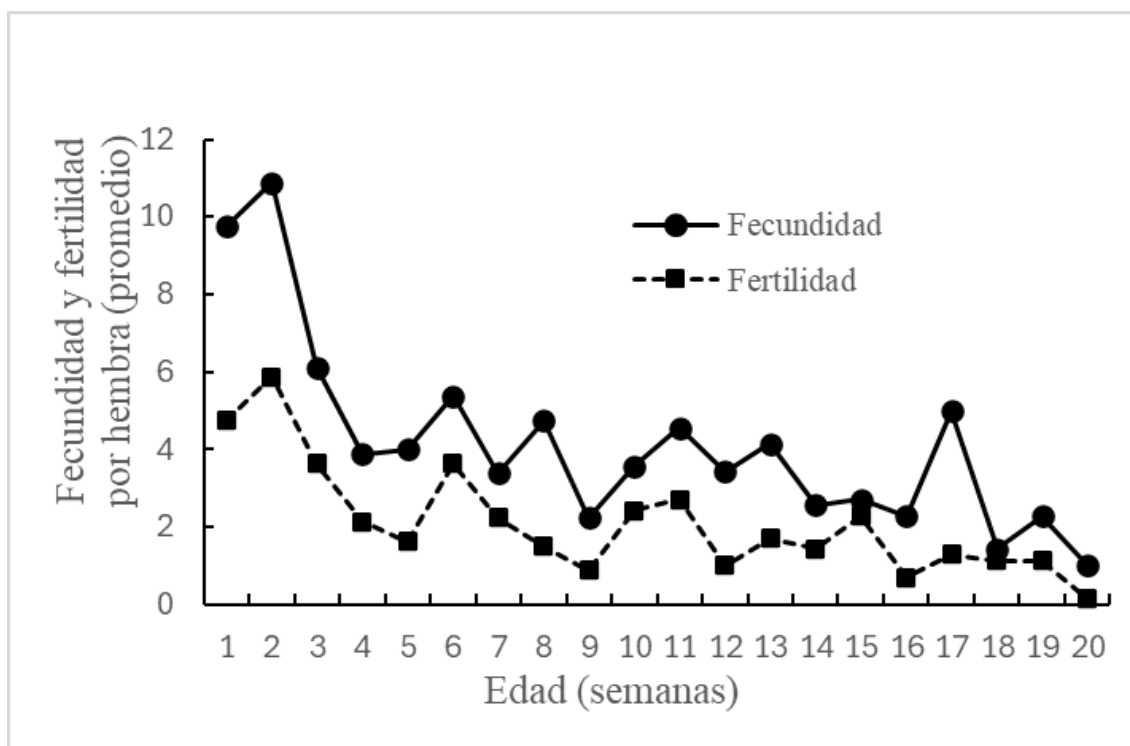


Figura 2. Fecundidad (FEC=huevos ovipositados) y fertilidad (HE=huevos eclosionados) en diferentes edades de las hembras de *Scyphophorus acupunctatus*

4.2. Desarrollo de la F₁ y ciclo de vida

Solo 65 individuos (10,3%) de un total de 634 huevos recolectados completaron su desarrollo a adulto. Las tasas de supervivencia se mantuvieron por encima del 70 % a partir del segundo estadio (L₂) hasta la emergencia del adulto. La mayor tasa de mortalidad se registró durante la fase de huevo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de supervivencia y duración de las etapas de desarrollo y estadios de *Scyphophorus acupunctatus* criados con una dieta merídica.

Estados de Desarrollo	Supervivencia		Duración	
	(n)	(%)	(n)	(días ± ES)
Huevo	634	50.8	322	5.65 ± 0.11
1er. instar larval (L ₁)	322	63	203	6.67 ± 0.30
2do. instar larval (L ₂)	203	79.3	161	20.20 ± 0.62
3er. instar larval (L ₃)	161	74.5	120	23.44 ± 0.78
4to. instar larval (L ₄)	120	75.8	91	23.73 ± 0.80
5to. instar larval (L ₅)	91	82.4	75	25.91 ± 0.87
6to. instar larval (L ₆)	75	97.3	73	33.03 ± 1.24
Prepupa	73	89	65	4.88 ± 0.22
Pupa	65	100	65	14.83 ± 0.34
Adulto	65	-	-	-

Las hembras y machos de *S. acupunctatus* de la generación F₁ completaron su desarrollo en $176,8 \pm 4,8$ y $183,2 \pm 5,7$ días, respectivamente, sin diferencia significativa entre los promedios ($t = 0,86$; $gl = 63$; $P = 0,39$). La duración del estado de huevo fue de 5.65 ± 0.11 días ($n = 322$) y el de larva (seis estadios) fue 157.58 ± 7.7 días ($n = 65$). La duración más corta en el estado de larva ocurrió en el primer instar (6.67 ± 0.30 días), mientras que el quinto y sexto instar mostraron la duración más larga (25.91 ± 0.87 y 33.03 ± 1.24 días, respectivamente; excluyendo la fase prepupal). La duración promedio del estado de pupa fue de $14,83 \pm 0,34$ días (Cuadro 1). La proporción de hembras fue del 49,2%.

5. Discusión

En los sistemas agrícolas, las plagas interactúan con otros organismos como parásitos, depredadores y patógenos, así como con factores climáticos. Entender estas relaciones ecológicas e identificar las etapas inmaduras y adultas de estos insectos son elementos fundamentales para la implementación de estrategias de control (Rashmi *et al.*, 2024). En ese sentido, el Manejo Integrado de Plagas utiliza el conocimiento del ciclo de vida y la biología de los artrópodos plaga para responder con estrategias efectivas de control, ya que contribuye en gran medida a comprender cómo y si se debe usar una táctica específica. En el caso específico de *S. acupunctatus*, a pesar de su impacto económico significativo en los sistemas de producción de agaves en México, aún faltan estudios que sugieran los tiempos oportunos para implementar una táctica de control. Particularmente, estudios que aclaren la discrepancia en la duración del ciclo de vida de *S. acupunctatus* entre diferentes regiones, que al parecer existe una posible dependencia de este parámetro con la especie hospedera utilizada como recurso alimenticio (Siller-Jasso 1985, Lock 1969, Ramírez 1993, Valdés-Estrada *et al.*, 2010).

5.1. Parámetros biológicos de la F₀

En este estudio, las hembras y machos de *S. acupunctatus* alimentados con la dieta artificial a base de *A. cupreata* vivieron $191,6 \pm 13,9$ y $178,9 \pm 14,6$ días. Estos resultados son consistentes con los reportados por Aquino *et al.* (2010), quienes encontraron una longevidad promedio de 187 días (sin especificar sexo) en individuos alimentados con porciones de pencas de *A. angustifolia*. Sin embargo, Valdés-Estrada *et al.* (2010) reportaron una longevidad de 434 días con individuos mantenidos con bulbos de *P. tuberosa*, lo cual correspondió a 2,4 y 2,2 (machos y hembras) veces la longevidad obtenida en el presente estudio. Respecto a la supervivencia, los adultos mantuvieron un periodo continuo sin decesos de 106 días ($\sim 1/2$ de la etapa adulta); posteriormente, la mortalidad aumentó paulatinamente hacia el final de la etapa adulta. Este patrón contrasta con lo observado por Valdés-Estrada *et al.* (2010), quienes reportaron con una cohorte de individuos emergidos en el mes de septiembre un periodo continuo más largo sin decesos de ~ 335 días ($\sim 3/4$ de la etapa adulta), donde la mortalidad aumentó marcadamente al final de la etapa adulta.

Pocas referencias proporcionan información sobre la fecundidad y fertilidad de *S. acupunctatus*; los parámetros reproductivos en este estudio revelan que las hembras tuvieron un periodo de oviposición de 20 semanas, con un promedio de oviposición de 79 huevos y eclosión de 40 huevos, presentando más oviposiciones en las primeras dos semanas. Estos resultados coinciden con los reportados por Hernández *et al.* (2006) y Valdés-Estrada *et al.* (2012), quienes encontraron en hembras alimentadas con tejido de *P. tuberosa* (rodajas de bulbos o dieta artificial a base de bulbos) oviposiciones durante 21 semanas y disminución de las mismas en las últimas semanas. Sin embargo, contrastan con los resultados de Valdés-Estrada y Hernández (2005), quienes encontraron en hembras mantenidas con bulbos enteros de *P. tuberosa* oviposiciones durante 10 semanas y un incremento de las mismas en las últimas semanas. Es relevante mencionar que Hernández *et al.* (2006) y Valdés-Estrada y Hernández (2005) utilizaron hembras y machos vírgenes de 14 días de edad para sus experimentos, ya que supusieron que las hembras alcanzaban su madurez ovárica a partir de los 14 días, suposición que documentó posteriormente Vega-Petlascalco *et al.* (2018) al examinar hembras vírgenes de edades diferentes. Al respecto, existen pocos estudios relacionados con la maduración ovárica de adultos de *S. acupunctatus*; por ejemplo, Vega-Petlascalco *et al.* (2023) señalaron que la dieta tiene influencia en el desarrollo ovárico de estos insectos, ya que las hembras alimentadas con rebanadas de bulbos de nardo tuvieron un

desarrollo ovárico más rápido que las alimentadas con una dieta meridiana. En este caso, el 95% de las hembras alimentadas con rebanadas de bulbo de nardo tuvieron ovarios maduros a los 15 días, mientras que en las alimentadas con dieta meridica solo el 17% de las hembras tuvieron ovarios maduros en el mismo periodo.

5.2. Supervivencia y tiempo de desarrollo de la F₁

La presente investigación constituye el primer registro detallado sobre la duración de cada estado de vida e instares larvales en individuos de *S. acupunctatus* mantenidos con dieta artificial basada en agave. La tasa de mortalidad más alta se encontró en el estado de huevo (49%) y en el primer instar larval (37%), mientras que los valores más altos de supervivencia (> 74%) se observaron a partir de los últimos instares larvales y en estados de desarrollo posteriores. Estos resultados son consistentes con los reportados por Valdés-Estrada *et al.* (2010) en individuos de *S. acupunctatus* alimentados con pedazos de bulbos de *P. tuberosa*, quienes atribuyeron que la mortalidad alta en las primeras etapas de vida se debió a la manipulación de individuos durante los experimentos. Sin embargo, difieren de los hallazgos de Valdés-Estrada *et al.* (2012), quienes en experimentos enfocados a probar dietas artificiales (a base de *P. tuberosa*) para criar a *S. acupunctatus* tuvieron valores altos de supervivencia (> 80%) en todos los estados de desarrollo, debido probablemente al mejoramiento en la manipulación de los individuos.

El análisis del tiempo de desarrollo reveló una duración del estado de huevo de 5,65 días, aunque este valor correspondió a los huevos depositados en el cilindro de quiote de *A. cupreata* durante una exposición de siete días, lo que indica que había huevos de diferentes edades. Sin embargo, para garantizar una estimación más precisa del tiempo de desarrollo de los huevos, se realizó un seguimiento del desarrollo de 20 huevos de ≤ 24 h de edad. En estas circunstancias, el desarrollo de los huevos duró 7.6 ± 0.2 días, lo cual es un valor similar a la duración que tuvieron los huevos depositados por hembras de *S. acupunctatus* en pencas de *A. angustifolia* (7.7 ± 1.4 días; Aquino *et al.*, 2010), pero superior a los 6 días registrados en *P. tuberosa* (Valdez-Estrada *et al.*, 2010). Las hembras y machos de *S. acupunctatus* completaron su ciclo de vida en $176,8 \pm 4,8$ y $183,2 \pm 5,7$ días, respectivamente, y las larvas pasaron por seis instares en 157 días. Estos parámetros referidos a la duración de las etapas de vida difieren de estudios previos: Valdés-Estrada *et al.* (2010) con dos cohortes de

individuos (temporada: febrero y septiembre) de *S. acupunctatus* alimentados con trozos de bulbos de *P. tuberosa* registraron ciclos de vida de 53 y 72 días, con 6 y 8 instares larvales en 35 y 54 días, respectivamente; Ramírez-Choza (1993) con individuos alimentados con trozos de pencas de *A. fourcroydes* determinó el ciclo de vida en 133 días y larvas que pasaron por 11 instares en 108 días. Siller-Jasso (1985) con individuos alimentados con *Agave atrovirens* Karw. ex Salm-Dyck registró el ciclo de vida en 81 días con 3 instares larvales (estimados con morfometría) en un tiempo de 58 días. De igual manera, Lock (1969) registró que las larvas alimentadas con *Agave sisalana* Perrine completaron su desarrollo en 90 días y pasaron por cinco instares larvales en 58 días.

No hay referencias publicadas que señalen al instar con más duración de *S. acupunctatus*; sin embargo, encontramos un registro de *Metamasius callizona* (Chevrolat) (Curculionidae: Dryophthorinae) donde se señala al último instar como el de más larga duración (quinto instar=17.8 días; Salas y Frank 2001), similar como ocurrió en nuestro estudio que el sexto instar (=último instar) fue el de más larga duración (32.2 d). El tiempo de desarrollo de la pre-pupa y pupa fue de 5 y 15 días, respectivamente, valor que contrasta con Valdés Estrada *et al.* (2010), quienes registraron en las dos etapas de vida una duración de 2 y 10 días, respectivamente, con larvas que alimentaron con trozos de bulbos de *P. tuberosa*. Por su parte, Aquino *et al.* (2010) con larvas alimentadas con pencas de *A. angustifolia*, registraron un promedio de 16,5 días de duración para ambas etapas de vida. Es bien conocido que los puparios del tipo exarata de *S. acupunctatus* forman un capullo con las fibras de los hospederos naturales de los que se alimentan (Solis *et al.* 2001), pero en nuestro estudio esto no ocurrió debido a la falta de fibra en la dieta artificial experimentada.

En conclusión, la presente investigación representa una contribución importante al conocimiento de la biología de *S. acupunctatus* por dos aspectos fundamentales: a) constituye el primer estudio que caracteriza detalladamente la duración de cada estado de vida e instar larval en una dieta artificial elaborada a base de *A. cupreata*, y b) la aceptación y desarrollo exitoso de las larvas neonatas que completaron su desarrollo al estado adulto valida la eficacia de esta dieta artificial como alternativa para mantener una cría de *S. acupunctatus* sin depender de plantas de agave. Finalmente, se requieren más estudios comparativos sobre el aporte nutricional de las distintas plantas hospederas en la duración del ciclo biológico de *S. acupunctatus*.

6. Literatura citada

- Aquino-Bolaños T., Iparraguirre C.M.A. y Ruiz V.J. 2007. *Scyphophorus* (=interstitialis) Gyllenhal *acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. Revista UDO Agrícola. 7: 175-180.
- Aquino-Bolaños T., Ruiz-Vega J., y Martínez-Sánchez 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.
- Beltrán GMC. 2005. El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae) y su microbiota asociada al tejido dañado de *Agave tequilana* Weber var. Azul. Unpublished M.Sc. Thesis. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Cuervo-Parra J.A., Pérez-España V.H., Pérez P. A. L., Morales-Ovando M.A., Arce-Cervantes O., Aparicio-Burgos J.E., y Romero-Cortes T. (2019). *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae): a weevil threatening the production of agave in Mexico. *Florida Entomologist*, 102(1), 1-9.
- DGSV-CNRF (Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria). 2017. Pudrición blanda del cogollo del *Agave*. *Pectobacterium carotovorum subsp. Carotovorum*. SAGARPA-SENASICA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Tecamac, Estado de México, México.
- Escamilla-Barragán F., Aguilar J. H., Nava-Galicia S. B., Juárez R., Martínez-Toscano L. J., y Bibbins-Martínez M.B. (2022). El picudo (*Scyphophorus acupunctatus*) es un gran enemigo del agave en México. *Frontera Biotecnológica*, 21, 26-33.
- Figuroa D.K.F., Dávila J. F. R., Guadarrama A. D. A., y Dávila M. G. (2024). Distribución espacial de las poblaciones del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en el Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 50(2).
- Figuroa-Castro P., González-Hernández H., Carrillo-Sánchez J.L., del Real-Laborde J.I., Solís-Aguilar J.F., Rojas J.C. 2015. Ambos sexos de *Scyphophorus acupunctatus*

- (Coleoptera: Dryophthoridae) pueden iniciar la colonización de la planta de agave (*Asparagaceae*). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 31: 495–497.
- Figueroa-Castro, P. 2009. Fluctuación poblacional y trampeo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) con feromona de agregación en plantaciones de agave tequilero en Jalisco. M.S. Dissertation. Graduate Studies in Vegetal Protection. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, México.
- González H.H., Solís-Aguilar J.F., Pacheco S.C., Flores M.F.J., Rubio C. R. y Rojas de L. J. 2007. Insectos barrenadores del agave tequilero. pp 39-67. En: Manejo de Plagas del Agave Tequilero (H. González H., J.I. Del Real L. y J.F. Solís A. (eds.)). Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.
- Harris WV. 1936. The sisal weevil. *East Africa Agricultural and Forestry Journal* 2: 114–126.
- Lock G.W. Lock, G., W. 1969. Sisal. Thirty year's sisal research in Tanzania. Second edition.
- Martín-Taboada A., Muñoz A. R., y Díaz-Ruiz F. (2019, May). Updating the distribution of the exotic agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Curculionidae) in peninsular Spain. En *Anales de Biología* (n.º 41, pp. 49-53). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Rabinovich J. E. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales.
- Ramírez Choza, J. L. (1978). Advances in the biology of the agave pest *Scyphophorus interstitialis*, under laboratory conditions.
- Ramírez CJL. 1993. Max del Henequen *Scyphophorus interstitialis* Gil. bioecología y control. Libro Técnico, INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), Mérida, Yucatán, México.
- Recéndiz-De la Mora M. B., Niño-Maldonado S., del Carmen Gómez-Moreno V., Reyes-Muñoz J. L., Venegas-Solís Y. E., Valenzuela-Ceballos S., y Cano L. A. (2024). Situación actual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (coleoptera: Curculionidae) en México. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie), 10(1), ágs-1.
- Ruiz-Montiel C, Garcia-Coapio G, Rojas JC, Malo EA, Cruz-Lopez L, del Real I. Gonzalez Hernandez H. 2008. Aggregation pheromone of *Scyphophorus acupunctatus*

- (Coleoptera: Curculionidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 127: 207–217.
- Ruvalcaba M. J. (1983). El maguey manso: historia y presente de Epazoyucan, Hgo. Ciencias Sociales. Universidad Autónoma de Chapingo. Colección de Cuadernos Universitarios. México, 62-69.
- SENASICA. 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Campañas y Programas Fitosanitarios. Plagas reglamentadas del agave. En línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=5491> Fecha de consulta: 30 de marzo de 2016.
- Servín R, Tejas A, Arce MM, Robert ML. 2006. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) como potencial insecto-plaga de *Yucca valida* Brandegee en Baja California Sur, México. *Folia Entomológica Mexicana* 45: 1–7.
- Solís-Aguilar JF, González HH, Leyva VJL, Equihua MA, Flores MFJ, Martínez GA. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663–670.
- Solís-Aguilar JF. 2001. El picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Jalisco, México. Doctoral Dissertation. Instituto de Fitosanidad, Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Jalisco, México.
- Terán-Vargas AP, Azuara-Domínguez A, Vega-Aquino P, Zambrano-Gutiérrez J, Blanco-Montero C. 2012. Biological effectivity of insecticides to control the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. *Southwestern Entomologist* 37: 47–53.
- Terán-Vargas, A.P. y Azuara-Domínguez, A. 2013. El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (*Agave tequilana* F.A.C. Weber) variedad azul. Folleto Técnico N.º MX-0-310304-52-03-14-09-35. INIFAP. 37 p.
- Valdés-Estrada ME, Hernández RMC, Gutiérrez OM, Aldana LL. 2010. Determination of the life cycle of *Schyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *Florida Entomologist* 93: 398–402.

- Valdés-Estrada ME, Aldana-Llanos L, Jiménez-Pérez A, Gutiérrez-Ochoa M, Hernan dez-Reyes MC. 2012. Diets for rearing *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist 95: 497–500
- Vega-Petlacalco M., Arzuffi, R., Valdez J., Rodríguez-Monroy M., Jiménez-Pérez A., y Robledo N. (2018). Food quality influences ovarian development in *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae). Florida Entomologist, 101(3), 447-452.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Programa de maestría en producción agropecuaria	
Título del trabajo	Determinación de la fluctuación poblacional anual de <i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal y de sus parámetros biológicos con una dieta artificial	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Carlos Daniel Gómez Ibarra	2353649h@umich.mx
Director	José Isaac Figueroa De la Rosa	Jose.figueroa@umich.mx
Codirector	Selene Ramos Ortiz	Selene.ramos@umich.mx
Coordinador del programa	Juan Pablo Flores Padilla	mae.prod.agropecuaria.agricola@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	no	
Traducción a otra lengua	no	
Revisión y corrección de estilo	no	
Análisis de datos	no	
Búsqueda y organización de información	no	
Formateo de las referencias bibliográficas	no	
Generación de contenido multimedia	no	
Otro	no	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Carlos Daniel Gomez Ibarra 
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán. 12 de septiembre de 2025

Carlos Daniel Gómez Ibarra

Determinación de la fluctuación poblacional anual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y de sus parámetros bi...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:499964574

Fecha de entrega

17 sep 2025, 10:31 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

17 sep 2025, 10:38 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Determinación de la fluctuación poblacional anual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y de....pdf

Tamaño del archivo

883.7 KB

53 páginas

14.941 palabras

85.752 caracteres

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.