



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO



Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa de Maestría en Producción Agropecuaria

TESIS

“Distribución potencial de *Scyphophorus acupunctatus* en el Eje Neovolcánico Transversal y su fluctuación poblacional en agaves bajo distintas condiciones en Acuitzio y Madero, Michoacán”

Que presenta:

Ing. Erika Marlene Mata López

Como requisito para obtener el grado de:

Maestra en Producción Agropecuaria con Opción

Terminal: Forestal

Director:

Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa

Co-Directora:

Dra. Selene Ramos Ortiz

Morelia, Michoacán, México, mayo de 2025.

Dedicatoria

A mí, por mi esfuerzo y las ganas de siempre quererme superar como persona y profesional, porque aún y con apoyo de otros el máximo esfuerzo siempre es propio y olvidamos que el éxito también es gracias a nosotros mismos...

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llevar a fin mis estudios de maestría, por ser parte en todo a mi paso y poder lograr lo que me propongo.

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e innovación (SECIHTI), anteriormente CONAHCYT, por el fundamental apoyo económico brindado para que yo pudiera llevar a cabo mis estudios de posgrado, ya que sin su apoyo tal vez no habría podido cumplir dicha meta.

A mis padres José Guadalupe Mata y Josefa López por apoyarme en mis decisiones y deseos de seguir estudiando y salir adelante.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), por la oportunidad de ser parte estudiantil de esta institución y formarme como Maestra en Producción Agropecuaria con terminal Forestal.

Al Área Voluntaria para la Conservación El Tocuz. M.C. Marlene Gómez Peralta, Biol. J. R. Zirahuén Ortega Varela y Biol. Dulce Noemí Ríos Ureña, quienes muy amablemente nos facilitaron un espacio para efectuar los monitoreos del picudo negro del agave. De igual manera, agradezco al señor Antonio García y al señor Ayala, dueños de las plantaciones de agave en la localidad de Etúcuaro, Michoacán, donde también nos permitieron amablemente colocar trampas y monitorear durante 6 meses.

A mi director de tesis el Dr. José Isaac Figueroa y a la Dra. Selene Ramos como co-directora, por su paciencia, arduo apoyo y acompañamiento a lo largo de estos dos años de trabajo para la obtención de grado, a mi comité revisor por sus aportaciones a mi trabajo la Dra. Ana Mabel Martínez, Dr. Alejandro Martínez y en especial al MPT. Vicente Salinas, quien me ha acompañado desde mi licenciatura como profesor, asesor de tesis y gran amigo, siempre pendiente, apoyándome incondicionalmente y motivándome a saltar los obstáculos que la vida me presenta.

Al Dr. Víctor López Martínez (Universidad Autónoma del Estado de Morelos) y al Dr. Antonio Ortiz González (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán) por facilitar bases de datos con registros de *S. acupunctatus* en el estado de Michoacán.

Al Dr. Carlos Salinas y al Dr. Juan Pablo Rivera de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), por compartir sus conocimientos, por su apoyo y acompañamiento para lograr obtener y desarrollar los modelos de nicho ecológico y distribución potencial del *S. acupunctatus* (picudo del agave), uno de los objetivos de mi tesis.

Por último, a mis compañeros de generación y amigos Daniel Madrigal y Diana Ponce, con quienes mutuamente nos apoyamos y motivamos para seguir adelante en este proceso de la maestría.

CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I	11
1.INTRODUCCIÓN GENERAL	12
2.ANTECEDENTES	13
2.1 Nicho ecológico de especies y modelo de distribución con MaxEnt	13
2.2 Distribución de <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	14
2.3 Denominación de origen de agave mezcalero	14
2.4 Análisis económico de la producción de mezcal en Michoacán	15
2.5 Importancia económica de <i>S. acupunctatus</i>	16
2.6 Ciclo de vida de <i>S. acupunctatus</i>	17
2.7 Tipos de control para <i>S. acupunctatus</i>	18
2.7.1 Control cultural	18
2.7.2 Control biológico	18
2.7.3 Control etológico	18
2.7.4 Control químico	19
2.8 Manejo agronómico de los agaves en Michoacán	19
2.8.1 Manejo en áreas silvestres	20
2.8.2 Manejo tradicional diversificado	20
2.8.3 Manejo <i>ex situ</i> o cultivo	20
3.LITERATURA CITADA	22
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
CAPÍTULO II	28
MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Scyphophorus acupunctatus</i> EN LA REGIÓN QUE COMPRENDE EL EJE NEOVOLCÁNICO TRANSVERSAL CORRESPONDIENTE AL ESTADO DE MICHOACÁN	29
RESUMEN	29
ABSTRACT	29
1.INTRODUCCIÓN	31
2.MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.1 Descripción del Área de estudio	33
2.1.1 Clima	33
2.1.2 Hidrología	34

2.1.3 Suelo	34
2.2 Elaboración de un mapa de distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i> en el estado de Michoacán	34
3.RESULTADOS	38
3.1 Mapa de distribución de <i>S. acupunctatus</i> con registros de presencia	38
3.1.1 Elaboración de un mapa de distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i> con datos de presencia e información ambiental	38
4.DISCUSIÓN	43
6.LITERATURA CITADA.....	46
CAPÍTULO III	50
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Scyphophorus acupunctatus</i> : ESTUDIO COMPARATIVO EN AGAVES SILVESTRES Y PLANTACIONES BAJO MANEJO CONVENCIONAL	50
RESUMEN	51
ABSTRACT	51
1.INTRODUCCIÓN	52
2.MATERIALES Y MÉTODOS	54
Fluctuación poblacional de <i>S. acupunctatus</i> en agaves que forman parte de la vegetación natural (silvestres) y en plantaciones de agaves bajo manejo convencional	54
2.1 Descripción del área de estudio	54
2.2 Monitoreo de <i>S. acupunctatus</i>	55
2.3 Periodicidad del muestreo y número de trampas por plantación estudiada	57
2.4 Obtención de las variables climáticas: temperatura y humedad relativa y su correlación con el número de capturas	57
3.RESULTADOS	59
3.1 Monitoreo y promedio de capturas de <i>S. acupunctatus</i>	59
3.2 Relación de la temperatura y humedad relativa con la captura de <i>S. acupunctatus</i>	62
4.DISCUSIÓN	63
6.LITERATURA CITADA	64
DISCUSIÓN GENERAL	66
CONCLUSIÓN GENERAL	67

CONTENIDO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Distribución de <i>S. acupunctatus</i> en México. Imagen modificada de Cuervo-Parra <i>et al.</i> (2019)	14
Figura 2. Ciclo de vida de <i>S. acupunctatus</i> . A) huevo, B) larva, C) pupa, D) adulto. Imagen modificada de SENACICA (2016)	17
Figura 3. Diferencia visual entre hembra (A) y macho (B) de <i>S. acupunctatus</i> . Fuente: Valdez-Carrasco	18
Figura 4. El manejo de los agaves mezcaleros. Modificación al recuadro de Illsley <i>et al.</i> (2018)	20

CAPÍTULO 2

Figura 1. Área de estudio: Eje Neovolcánico Transversal	33
Figura 2. Procesos para la elaboración del modelo de distribución potencial del <i>S. acupunctatus</i>	35
Figura 3. Mapa con registros de presencia de <i>S. acupunctatus</i> en el estado de Michoacán. Puntos naranjas ubican a los municipios con presencia de la plaga	38
Figura 4. Distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i> para Michoacán con 19 variables climáticas de Worldclim	39
Figura 5. Curva ROC (línea roja) construida por MaxEnt (3.4.4). El modelo con AUC mayor a 0.5 tiene una predictibilidad que supera a la proyección esperada. La línea negra representa una curva ROC de predictibilidad aleatoria de 0.5	40
Figuras 6. Distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i> para Michoacán con cinco variables climáticas de Worldclim	41
Figura 7. Curva ROC (línea roja) construida por MaxEnt (3.4.4). El modelo con AUC mayor a 0.5 tiene una predictibilidad que supera a la proyección esperada. La línea negra representa una curva ROC de predictibilidad aleatoria de 0.5	41
Figura 8. Mapa de distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i> en diferentes municipios de Michoacán, ubicados en el ENT	42

CAPÍTULO 3

Figura 1. Macro-localización de las áreas de monitoreo	54
Figura 2. Diseño de la trampa para la captura del picudo del agave	55
Figura 3. Feromona y atrayente alimenticio suspendido de la tapadera de la cubeta	56
Figura 4. Agua jabonosa con formaldehído en el interior de la trampa	56
Figura 5. Colocación y fijación de la trampa sobre el suelo	57

Figura 6. Promedio de capturas de <i>S. acupunctatus</i> hembras y machos en el predio Agroforestal (PAgF), en la localidad de Etúcuaro; Madero; Michoacán	59
Figura 7. Promedio de capturas de <i>S. acupunctatus</i> hembras y machos en el predio Agrícola (PAg), en la localidad de Etúcuaro; Madero; Michoacán	59
Figura 8. Promedio de capturas de <i>S. acupunctatus</i> hembras y machos en el Silvestre (PSv), en la localidad de Acuitzio del Canje; Michoacán	60
Figura 9. Promedio de adultos capturados de <i>S. acupunctatus</i> en el Predio Agroforestal (PAgF), Etúcuaro, Madero, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa	60
Figura 10. Promedio de adultos capturados de <i>S. acupunctatus</i> en el Predio Agrícola (PAg), Etúcuaro, Madero, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa	61
Figura 11. Promedio de adultos capturados de <i>S. acupunctatus</i> en el Predio Silvestre (PSv), Acuitzio del Canje, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa	61

CONTENIDO DE CUADROS

CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Variables climáticas (n=19) de Busby descargadas de Worldclim para elaborar un modelo de distribución potencial de <i>S. acupunctatus</i>	36
Cuadro 2. Estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales en el Modelo de Maxent	39
Cuadro 3. Municipios en el ENT de Michoacán con potencial para la proliferación del <i>Scyphophorus acupunctatus</i>	42

RESUMEN

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, se considera la plaga más importante de los agaves, ya que sus pérdidas económicas pueden variar desde un 30 a 40% en el valor de la producción. Este trabajo de investigación tuvo como objetivos: i) generar un mapa de distribución potencial, y ii) conocer la fluctuación poblacional del picudo del agave. Los resultados obtenidos en el primer objetivo indicaron que fue un estudio innovador ya que mostró la creación de un mapa de distribución potencial de la especie plaga en la cadena montañosa del Eje Neovolcánico Transversal, el cual recorre gran parte del estado de Michoacán. Dicha información será útil como una herramienta fundamental para elaborar futuras estrategias de control de esta plaga, puesto que hace énfasis en la influencia que tienen los factores climáticos en la distribución geográfica de *S. acupunctatus* y resalta la importancia de la modelización ecológica en el manejo y conservación de este insecto plaga. Los parámetros más importantes fueron: Temperatura media del cuarto más frío, Estacionalidad de la temporada, Precipitación del cuarto más cálido, Temperatura mínima del mes más frío y Precipitación anual. Por otra parte, los resultados obtenidos del segundo objetivo proporcionan información útil para el manejo efectivo de esta plaga en cultivos de agave. Al respecto, las variaciones en el número de capturas de individuos encontrados entre los sistemas de cultivos convencionales y silvestres demostraron que los meses en que más abundaron estos insectos en Acuitzio del Canje y Etúcuaro, Michoacán, fueron julio y septiembre. Estos resultados sientan las bases para futuros estudios sobre factores microclimáticos que afectan la efectividad de captura de las trampas y contribuyen al desarrollo de estrategias más efectivas para el manejo integrado de esta plaga en cultivos de agave.

Palabras clave: Mapa potencial, Dinámica poblacional, Trampas de feromonas, Cultivos de agave, Control de plagas

ABSTRACT

The agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*, is considered the most significant pest of agaves, as its economic losses can range from 30 to 40% of production value. This research aimed to generate a potential distribution map and analyze the population fluctuations of the agave weevil. The results obtained in the first objective indicated that this was an innovative study, demonstrating the creation of a potential distribution map for the pest species in the mountainous Transversal Neovolcanic Axis, which traverses a large portion of the state of Michoacán. This information will serve as a fundamental tool for developing future control

strategies for this pest since it underscores the influence of climatic factors on the geographic distribution of *S. acupunctatus*, highlighting the importance of ecological modeling in the management and conservation of this insect pest. Conversely, the results from the second objective provide valuable information for the effective management of this pest in agave crops. The most important parameters were: Average Temperature of the Coldest Quarter, Seasonality of the Season, Precipitation of the Warmest Quarter, Minimum Temperature of the Coldest Month and Annual Precipitation. By examining the variations in the number of captured individuals between conventional and wild crop systems in Acuitzio del Canje and Etúcuaro, Michoacán, the study identified the times when these insects were most abundant. It was July and September. These findings lay the groundwork for future studies on microclimatic factors that affect the effectiveness of trapping, thus contributing to the development of more effective strategies for the integrated management of this pest in agave crops.

Keywords: Potential map, Population dynamics, Pheromone traps, Agave crops, Pest control.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, las plantas del género *Agave* (Asparagaceae) tienen gran importancia económica y cultural, debido a que se ha aprovechado durante siglos como alimento, bebida, medicina, de ornato y construcción, entre otros (García-Mendoza, 2007). En los últimos años se ha determinado que la industria del tequila y mezcal constituye la segunda actividad económica más importante, especialmente porque el 18% del total de la producción de bebidas alcohólicas corresponde al tequila y al mezcal (INEGI, 2019). Por otra parte, también se ha determinado que el incremento del consumo de bebidas derivadas del agave (SIAP, 2016b) ha propiciado el aumento de nuevas áreas de cultivo de agaves, y por lo consiguiente los problemas de plagas. Los registros oficiales indican que en México existe una superficie sembrada de 120,339 ha de agaves, mismas que está distribuida en 23 estados, donde sobresalen Jalisco, Guanajuato, Oaxaca, Nayarit y Michoacán como los que tienen mayor superficie sembrada (SIAP, 2016c). En Michoacán, hasta el año 2021, oficialmente se habían registrado una superficie total cultivada de agaves de 6,803 ha y una producción de 92,394 t. De este total, alrededor de 1,507 ha y 34,669 t correspondieron a la superficie y producción exclusiva de agave mezcalero, cuyo valor fue de alrededor de 129 millones de pesos (SIAP, 2021). No obstante, se conoce que la superficie cultivada de agave mezcalero en dicha entidad continua año tras año en aumento debido a la demanda que tiene el mezcal michoacano. Por otra parte, también se ha determinado que el incremento del consumo de bebidas derivadas del agave ha propiciado el aumento de nuevas áreas de cultivo y, por lo consiguiente, la presencia de plagas. El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, se considera la plaga más importante de los agaves, tanto de plantaciones que se destinan para la producción de fibra y bebidas como las de ornato (Servín *et al.*, 2006). El principal daño a los agaves lo ocasiona el estado de larva que, junto a la infección bacteriana asociada, provoca la muerte de las plantas (Rubio, 2007; Servín *et al.*, 2006). Las pérdidas económicas por este insecto pueden variar desde un 30 a 40% en el valor de la producción (Valdés *et al.*, 2004; Terán y Azuara, 2013). Al respecto, en Michoacán, a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal (organismo auxiliar en sanidad vegetal dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Michoacán), se han realizado esfuerzos por atender a esta plaga en una campaña fitosanitaria que tiene como acciones principales el monitoreo con trampas y la digitalización de predios de agave. Con relación a la última acción, la campaña posee información de la presencia de *S. acupunctatus* en determinados lugares de Michoacán, aunque estos datos no han sido divulgados de manera oficial en un mapa de distribución. Por tal motivo, este estudio tiene la finalidad de elaborar un mapa de distribución potencial de la plaga en la cadena montañosa del eje neovolcánico

transversal, el cual recorre gran parte del estado de Michoacán. De igual manera, por el desconocimiento que existe sobre la manera de cómo fluctúan las poblaciones de *S. acupunctatus* a través del tiempo, se tiene el propósito de monitorear plantaciones de agaves silvestres y plantaciones de agaves con manejo convencional.

2. ANTECEDENTES

2.1 Nicho ecológico de especies y modelo de distribución con MaxEnt

El concepto de nicho ecológico está definido como una subdivisión de condiciones idóneas dentro de un hábitat donde los individuos de una especie puedan sobrevivir y reproducirse Grinnell (1917). Dicha definición se basa en la importancia que tienen las variables climáticas y topográficas que se plasman en una escala geográfica (Guisan & Zimmermann, 2000; Soberón, 2007; Brito, 2009; Sillero, 2011). Por otra parte, el nicho ecológico está determinado por la tolerancia que tienen las especies a factores bióticos y abióticos, así como por los recursos que requieren, también sugiere que el nicho ecológico es un hipervolumen en el espacio ambiental originado por la respuesta multidimensional a los factores ambientales, determinando la estabilidad de las poblaciones (Hutchinson 1957). Existen dos niveles de nicho ecológico; a) el fundamental determinado por todas las variables bióticas y abióticas donde las especies mantienen su población viable y permanecen a lo largo del tiempo; y b) el realizado, es un subconjunto del fundamental donde las especies se limitan por interacciones interespecíficas (Brito, 2009; Sillero, 2011). El primero se define como el espacio geográfico con las condiciones ideales para la existencia de poblaciones de especies, mientras que el segundo representa el subconjunto de estos espacios donde se distribuyen actualmente las especies; por lo que, los modelos de nicho ecológico (MNE) dependen de los ambos niveles (Kearney, 2006). Al respecto, los MNE son un conjunto de técnicas correlativas que se utilizan para la identificación de condiciones ambientales donde está presente una especie, por lo que modela el espacio ambiental que ocupan las especies con proyecciones en forma geográfica de las variables climáticas y topográficas, así como los datos georreferenciados de presencia, los que a su vez generan predicciones (Jiménez-Valverde *et al.*, 2011a; Warren, 2012; Zurell & Engler, 2019). Si bien, existen múltiples algoritmos para modelar nichos, todos los estudios mencionan la utilización de MaxEnt como software de modelado, basado en machine learning que determina estadísticamente la distribución potencial de las especies con solo utilizar datos de presencia (Elith *et al.*, 2011). MaxEnt toma los datos de presencia para generar predicciones del “valor de probabilidad” en un pixel dado y de manera porcentual (Hernández *et al.*, 2008). La ventaja de utilizar Maxent en la elaboración de MNE, es que ofrece resultados con mejor capacidad predictiva y trabaja a la par del software R para ejecutar, evaluar y transferir el modelo (Elith *et al.*, 2006; Wisz *et al.*, 2008; Aguirre-Gutiérrez *et al.*, 2013; Padalia *et al.*, 2014). El resultado de un modelo en MaxEnt expresa el valor de idoneidad de un hábitat para el desarrollo y proliferación de las especies (Phillips *et al.*, 2006).

2.2 Distribución de *Scyphophorus acupunctatus*

El *Scyphophorus acupunctatus* se encuentra distribuido en 28 estados de la República Mexicana: Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Cuervo Parra *et al.*, 2019; Naturalista, 2020; Recéndiz-De la Mora) (Figura 1).

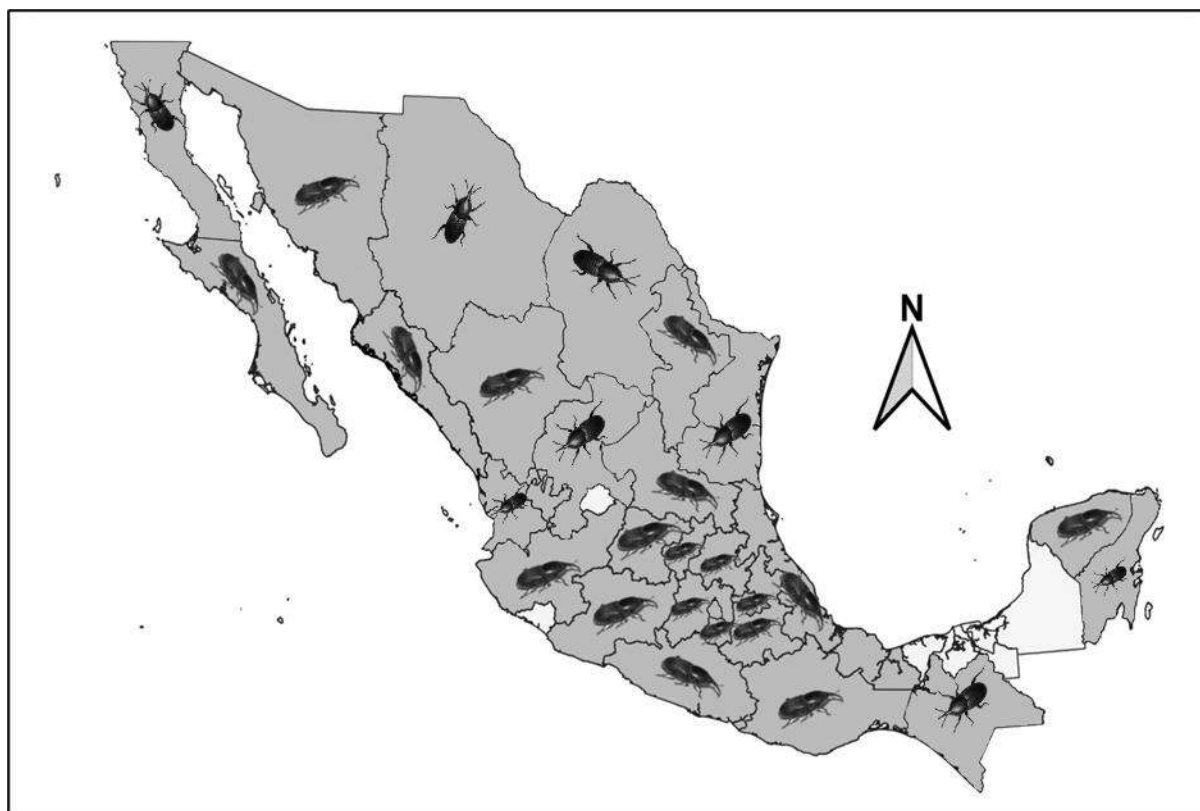


Figura 1. Distribución de *S. acupunctatus* en México. Imagen modificada de Cuervo-Parra *et al.* (2019).

2.3 Denominación de origen de agave mezcalero

El *Agave americana* L. (Asparagaceae) fue la primera especie nombrada como agave en México, la cual es considerada la representante del género *Agave*. Debido a la migración de los grupos humanos que llevaron consigo a esta especie de planta, su distribución se extendió desde el noreste hasta el sur de México. Las especies como *A. americana* var. *Oaxacensis* y *A. americana* var. *Pica*, por su dulzura, fueron las primeras en domesticarse (CONABIO, 2021).

En México se encuentran más de 100 especies del género *Agave*, linaje que surgió hace ocho millones de años. La distribución de las especies tuvo éxito gracias a su metabolismo, conservación de azúcares, fibras y agua, lo que les permitió resistir sequías y las interacciones con sus polinizadores. El aprovechamiento y mejoramiento del maguey en los pueblos de

México estuvo en función a la selección y manejo de aquellos que tenían mayor concentración de azúcares, lo que aseguraba el abastecimiento de mezcal (CONABIO, 2023). La destilación de agave en México se originó en época precolonial en el estado de Colima, a través de técnicas introducidas desde Filipinas. Las evidencias arqueológicas encontradas confirman la importancia cultural y social de los agaves en Colima. Esto porque se encontraron estructuras de piedra en centros ceremoniales arqueológicos que son comparables con los hornos que actualmente se utilizan para cocer los agaves y elaborar bebidas destiladas (Zizumbo-Villarreal *et al.* (2009). México cuenta con la denominación de origen del mezcal, lo que permite proteger la propiedad intelectual de diversos municipios de los estados de Durango, Guanajuato, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Michoacán. Por ello, la producción de mezcal es regulada por la Norma Oficial Mexicana: NOM- 070-SCFI-94 (Diario Oficial de la Federación; 2012 COMERCAM, 2015).

2.4 Análisis económico de la producción de mezcal en Michoacán

Las plantas del género *Agave* en México tienen una gran importancia económica debido a que de éstas se derivan alimentos, bebidas, medicinas, y material de ornato y/o construcción (García-Mendoza, 2007). El Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (2015) indica que México cuenta con aproximadamente 330,000 ha de agaves en explotación, que son propiedad de 9,000 productores, y que generan alrededor de 29,000 empleos directos e indirectos en su producción. También señala que en el 2006 había en existencia 625 fábricas, 80 plantas envasadoras y 130 marcas de mezcal. De igual manera, este organismo regulador menciona que la cifra de marcas registradas para el 2014 ascendió a 362. Al respecto, SADER/SIAP (2021) da a conocer que en México el cultivo con mayor valor por unidad de superficie es el agave, dejando una rentabilidad bruta en pesos por hectárea de 1,225,778 pesos, con 24,184 ha cosechadas y un valor de la producción de 29,644 millones de pesos. Los países a donde se exporta mezcal son: Estados Unidos, Chile, España, Australia, Inglaterra, Perú, Francia, Alemania, Canadá y Suecia, siendo el mayor exportador el estado de Oaxaca con el 96.1 % de las exportaciones realizadas (COMERCAM, 2015).

Michoacán es un estado que figura también entre los principales productores de mezcal en México. Para el 2021, oficialmente, había registros de una superficie total cultivada de agaves de 6,803 ha y una producción de 92,394 t. De estos valores, alrededor de 1,507 ha y 34,669 t correspondieron a la superficie y producción exclusiva de agave mezcalero, cuyo valor fue de alrededor de 129 millones de pesos (SIAP, 2021). Los municipios reconocidos como productores de mezcal son: Ario de Rosales, Chinicuila, Coalcomán de Vázquez Pallares, Cotija, Erongarícuaro, Hidalgo, Huetamo de Núñez, Indaparapeo, La Huacana, Madero,

Morelia, Sahuayo, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Turicato y Tzitzio (Gallardo *et al.*, 2020).

2.5 Importancia económica de *S. acupunctatus*

En el cultivo de agave, al igual que otros cultivos, existen plagas y enfermedades que limitan su producción y comercialización. El picudo de agave *S. acupunctatus* se considera la principal plaga en México, debido a que puede afectar a todas las etapas fenológicas de las plantas. Este insecto es capaz de causar la muerte de las plantas y el deterioro en la calidad de la piña, las pérdidas económicas por este insecto pueden variar desde un 30 a 40% en el valor de la producción según Terán y Azuara (2013). Entre las plantas hospederas registradas para esta especie de insecto se incluyen al *Agave fourcroydes* Lem (agave henequenero), *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck (maguey pulquero), *A. sisalana* Perrine ex Engelm (sisal), *Dracaena draco* L. (drago de canaria), *Furcraea cabuya* Vent, *Polianthes tuberosa* L. (nardo), *Yucca aloifolia* L. (bayoneta española), *Y. elephantipes* Baker in Regel (pata de elefante) y *Y. glauca* Nutt (yuca de llanura) (Vaurie *et al.*, 1971; Chamorro *et al.*, 2016).

2.6 Ciclo de vida de *S. acupunctatus*

Scyphophorus acupunctatus es un insecto que presenta metamorfosis completa, ya que pasa por cuatro estados de vida durante su desarrollo (Figura 2). En general, las hembras pueden ovipositar un total de 25 a 50 huevecillos durante toda su vida, los cuáles van depositando de forma aislada en grupos de 2 a 6 huevos cerca del ápice del cogollo de las pencas del maguey. Los huevos eclosionan a los 5 días, son de color blanco y un poco amarilloso conforme se va desarrollando el embrión, tienen forma ovoide y miden aproximadamente entre 1.2 a 1.5 mm de longitud y 0.8 mm de ancho (Figura 2A) (Siller-Jasso, 1985). La larva es ápoda, ligeramente encorvada, robusta, recién emergida tiene el mismo tamaño del huevo, su color es blanco lechoso y la cápsula cefálica no presenta coloración, aunque en pocas horas la cabeza adquiere una tonalidad café y el resto del cuerpo se oscurece un poco. Sus estigmas respiratorios son bíforos y está rodeada por una marca semielíptica pigmentada. El último instar larval puede medir de 20 a 23 mm (Figura 2B) (Siller-Jasso, 1985; Solís, 2001). El estado larval tiene una duración de entre 47 a 124 días aproximadamente y es el más perjudicial ya que consumen los tejidos del interior de las plantas de agave (Solís *et al.*, 2001). Por su parte, el estado de pupa, generalmente se les encuentran dentro de un cocón formado de la fibra de la planta hospedera, son de color amarillo en las primeras horas y después se tornan café oscuro. Sus apéndices alares, patas y pico “rostrum” pueden verse a los costados (Figura 2C) (Siller-Jasso, 1985; Solís, 2001). Por su parte, los adultos son de cuerpo robusto, compacto y de color negro

brillante (Siller-Jasso, 1985; Solís, 2001). En su estado adulto su aspecto es robusto, compacto, de color negro brillante, en ocasiones rojizo, sin escamas o setas dorsales, tiene antenas insertadas en la base del pico. El funículo antenal es de seis artejos con la probóscide gruesa, curvada y con una longitud igual al protórax y miden aproximadamente de 11 a 19 mm de longitud. Sus fémures se ensanchan abruptamente desde cerca de su base, con numerosas cerdas rojizas cortas en sus bordes inferiores y sus tibias son cortas y con un fuerte espolón apical. El pronoto es finamente punteado y los élitros tienen 10 estrías claramente marcadas y punteadas. Su abdomen se compone de 10 segmentos, cinco observados en su vientre y los demás se encuentran plegados dentro del cuerpo y modificados en los órganos de reproducción (Figura 2D) (Siller-Jasso, 1985; Solís, 2001). Para diferenciar su sexo, la característica útil para identificar está en el último segmento abdominal en vista ventral, en las hembras es puntiagudo y más angosto y en el macho es romo y más amplio (Figura 3). El adulto permanece dentro del cocón varios días, una vez que sale, puede quedarse dentro de la piña, copular dentro de esta y/o salir, dependiendo de la disponibilidad de tejido apropiado para oviposición y/o alimentación (Lock, 1969; Ramírez, 1993 citados por Solís, 2001; González *et al.*, 2007). El ciclo de vida de este insecto dura entre 105 y 137 días, dependiendo de la especie de agave del que se alimenten y de las condiciones climáticas (Siller, 1985; Solís, 2001; Cuervo *et al.*, 2019).

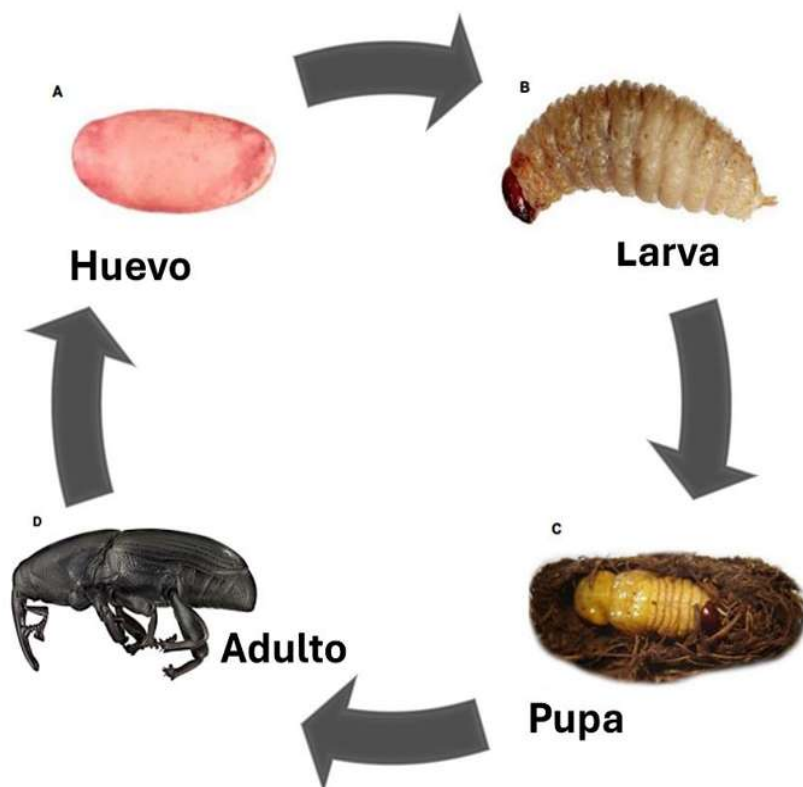
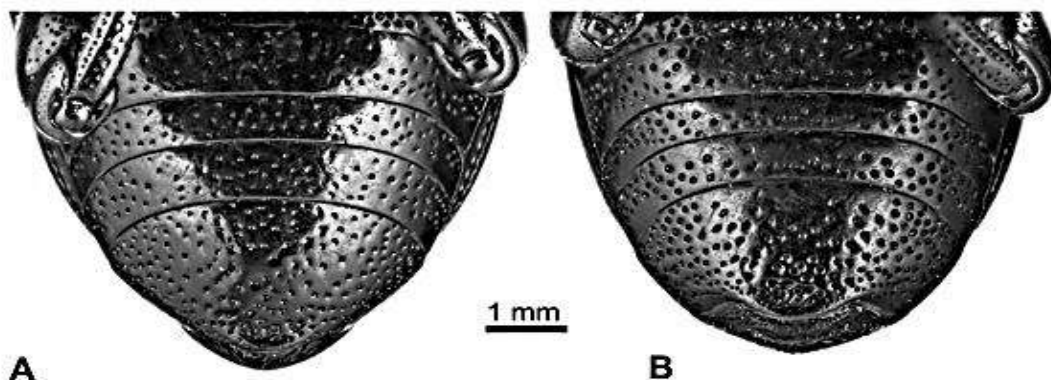


Figura 2. Ciclo de vida de *S. acupunctatus*. A) huevo, B) larva, C) pupa, D) adulto. Imagen modificada de SENASICA (2016).



F+igura 3. Diferenciación visual entre hembras (A) y machos (B) de *S. acupunctatus*. Fuente: Valdez-Carrasco (2009).

2.7 Tipos de control para *S. acupunctatus*

2.7.1 Control cultural

El control cultural que se realiza para reducir poblaciones del picudo del agave consiste en mantener libre de maleza el área a monitorear, así como retirar y destruir toda planta de agave afectada por esta plaga (González *et al.*, 2007).

2.7.2 Control biológico

Entre los depredadores reportados como agentes de control biológico para el picudo del agave se enlistan histéricidos depredadores de larvas (*Hololepta* spp., *Placodes ebeninus* Lewis., *Lioderma yucateca* Marseul, *L. cacti* Marseul y *Phileurus valgus*), avispas parasitoides de larvas (*Alienoclypeus insolitus* Shenefelt [Hymenoptera: Braconidae]), avispas parasitoides de pupas (*Cyclaulacidea* sp.), hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* [Bals] Vuill., *Metarhizium anisopliae* [Metchnikoff] Sorokin y *Verticillium* spp.) y nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema* spp.) (Álvarez, 2000; Pacheco, 2002; Espinosa *et al.*, 2005; Aquino *et al.*, 2006; Hueso *et al.*, 2006; González *et al.*, 2007).

2.7.3 Control etológico

El control etológico que se realiza para reducir poblaciones del picudo del agave consiste en un trampeo intensivo, el cual se recomienda en el periodo de lluvias, que es cuando se presentan una mayor incidencia de la plaga. Al respecto, existen investigaciones relacionadas con el uso de las trampas con la feromona 2-metil-4-octanona + 2-metil-4-octanol en el cultivo de agave, las cuales al realizarse permanentemente durante todo el año, indican los periodos de mayor incidencia de *S. acupunctatus* y los que recomiendan la intensificación del trampeo. Es necesario comentar que todas las actividades que se llevan a cabo sobre el trampeo se efectúan

bajo los lineamientos establecidos en el Manual Operativo contra Plagas Reglamentadas del Agave de la Dirección General de Sanidad Vegetal (SAGARPA-SENASICA, 2016).

2.7.4 Control químico

Para llevar a cabo un control del picudo del agave con productos químicos se debe contar con registro oficial y manejarse de forma racional bajo un esquema de Manejo Integrado de Plagas. Esto porque se manejan productos moderadamente tóxicos como el malation o muy tóxicos como el forato, aunque se tiene conocimiento que en el cultivo del agave no se ha extendido el uso de plaguicidas porque las plantas son muy susceptibles y se afecta su desarrollo (González *et al.*, 2007). Por otra parte, se conoce que es difícil llevar a cabo el control químico del picudo del agave por sus hábitos crípticos, puesto que su estado larvario, pupas y adultos se encuentran con más frecuencia en las raíces y/o al interior de las piñas, lo que dificulta que los productos químicos al aplicarse no alcanzan a penetrar a estos lugares. Terán-Vargas *et al.* (2012) reportan productos como malation, endosulfan, metomilo y fipronil como los productos de mayor eficacia para el control del picudo en su estado adulto (efectividad del 90 a 100 %). Sin embargo, debido a su alta toxicidad y efecto sobre la salud pública y el medio ambiente este tipo de productos debe ser utilizado con precaución.

2.8 Manejo agronómico de los agaves en Michoacán

El agave es recurso forestal no maderable criterio bajo el cual se regula su explotación. Se distribuye generalmente en climas seco, sobrevive en suelos delgados y a gran amplitud térmica y escasa precipitación, en altitudes por encima de los 1,500 msnm en los climas templados y semifríos. Su reproducción puede darse de manera sexual por semilla y/o asexual mediante hijuelos (brotes alrededor de la planta madre) o bulbillos (plántulas pequeñas del quiote) (Sharma & Bhattacharyya, 1962). No hay un manual o documento que describa el manejo que se les da a los agaves en Michoacán, aunque existe información en general para México. El manejo de los agaves toma en cuenta aspectos ambientales, económicos y sociales, ya sea para extracción de agaves silvestres o cultivo en plantaciones. El manejo de los agaves lleva a su domesticación, atendiendo así las necesidades y aspiraciones de los productores, por tal motivo hay variedades de agaves en diferentes territorios, con requerimientos y fines distintos (Illsley *et al.*, 2018). De manera general los agaves tienen distintas formas de manejo (Figura 4):



Figura 4. El manejo de los agaves mezcaleros. Modificación al recuadro de Illsley *et al.* (2018).

2.8.1 Manejo en áreas silvestres

Se trata en algunos casos de cuidados comunitarios que se realizan a los agaves. En este tipo de manejo la intervención del ser humano es poca o nula. Puede conllevar dos variantes: a) extracción sin actividad alguna para la reproducción de los agaves; y b) manejo *in situ* donde se aplica prácticas de cercado, manejo del ganado, selección de semilleros, riego de semilla, trasplante, separación de hijuelos de la raíz y extensión de rodales (Illsley *et al.*, 2018).

2.8.2 Manejo tradicional diversificado

Se lleva a cabo directamente sobre la vegetación natural, parcelas abandonadas y productivas y en traspatios. En este tipo de manejo la propagación de los agaves es de manera asistida mejorándolos y domesticándolos con actividades como: dispersión de semillas, cuidados en vivero, trasplantes, separación de hijuelos, selección y protección de semilleros. Existen tres tipos de manejo tradicional: *in situ*, reforestación en vegetación natural y sistemas agroforestales (Illsley *et al.*, 2018).

2.8.3 Manejo *ex situ* o cultivo

Se trata de un manejo intensivo, que exige muchos cuidados, donde se trata de seleccionar a los mejores individuos y no se permite la reproducción sexual. Este manejo tiene dos variantes: monocultivo de tecnificación media (plantaciones de una sola especie o variedad de agave); y monocultivo altamente tecnificado que usa agricultura industrializada (tractores, riego, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, etc.) para producir agaves de una especie o una variedad.

En estos casos son superficies extensas y desmontadas por grandes empresas y los terrenos están totalmente libres de malezas, por lo que se forman paisajes donde solo se observan hileras

de agaves madurados y labrados al mismo tiempo. Debido a la alta demanda de mezcal en México y otros países, se dice que este tipo de manejo es más adecuado para preservar los agaves mezcaleros y lograr la sustentabilidad de la cadena productiva agave-mezcal. Cabe mencionar que dentro de este manejo el uso de agroquímicos y el surcado de la pendiente, así como otras prácticas agronómicas disminuyen la calidad del suelo, contaminan el agua, contribuyen a la pérdida de biodiversidad, y de igual manera se promueve la no reproducción por semilla. Esto último trae como consecuencia una reducción de la resistencia de los agaves a plagas, enfermedades, lluvias y a sequías excesivas (Illsley *et al.*, 2018).

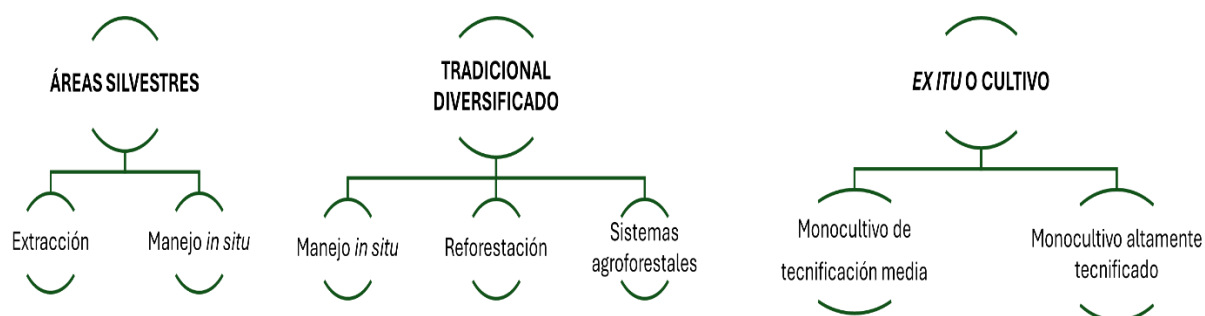


Figura 4. El manejo de los agaves mezcaleros. Modificación al recuadro de Illsley *et al.* (2018).

2.8.1 Manejo en áreas silvestres

Se trata en algunos casos de cuidados comunitarios que se realizan a los agaves. En este tipo de manejo la intervención del ser humano es poca o nula. Puede conllevar dos variantes: a) extracción sin actividad alguna para la reproducción de los agaves; y b) manejo *in situ* donde se aplica prácticas de cercado, manejo del ganado, selección de semilleros, riego de semilla, trasplante, separación de hijuelos de la raíz y extensión de rodales (Illsley *et al.*, 2018).

2.8.2 Manejo tradicional diversificado

Se lleva a cabo directamente sobre la vegetación natural, parcelas abandonadas y productivas y en traspattios. En este tipo de manejo la propagación de los agaves es de manera asistida mejorándolos y domesticándolos con actividades como: dispersión de semillas, cuidados en vivero, trasplantes, separación de hijuelos, selección y protección de semilleros. Existen tres tipos de manejo tradicional: *in situ*, reforestación en vegetación natural y sistemas agroforestales (Illsley *et al.*, 2018).

2.8.3 Manejo *ex situ* o cultivo

Se trata de un manejo intensivo, que exige muchos cuidados, donde se trata de seleccionar a los mejores individuos y no se permite la reproducción sexual. Este manejo tiene dos variantes: monocultivo de tecnificación media (plantaciones de una sola especie o variedad de agave); y monocultivo altamente tecnificado que usa agricultura industrializada (tractores, riego, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, etc.) para producir agaves de una especie o una variedad.

En estos casos son superficies extensas y desmontadas por grandes empresas y los terrenos están totalmente libres de malezas, por lo que se forman paisajes donde solo se observan hileras

de agaves madurados y labrados al mismo tiempo. Debido a la alta demanda de mezcal en México y otros países, se dice que este tipo de manejo es más adecuado para preservar los agaves mezcaleros y lograr la sustentabilidad de la cadena productiva agave-mezcal. Cabe mencionar que dentro de este manejo el uso de agroquímicos y el surcado de la pendiente, así como otras prácticas agronómicas disminuyen la calidad del suelo, contaminan el agua, contribuyen a la pérdida de biodiversidad, y de igual manera se promueve la no reproducción por semilla. Esto último trae como consecuencia una reducción de la resistencia de los agaves a plagas, enfermedades, lluvias y a sequías excesivas (Illsley *et al.*, 2018).

3. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Gutiérrez, J., L. Carvalheiro, C. Polce, E. Van Loon, N. Raes, M. Reeme y J. C. Biesmeijer. (2013). Fit-for-Purpose: Species Distribution Model Performance Depends on Evaluation Criteria – Dutch Hoverflies as a Case Study. *PLOS ONE*. 8 (5): 63-70.
- Álvarez, M. (2000). Patogenicidad comparada de los hongos *Verticillium* spp y *Beauveria* spp., en el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 73 p.
- Aquino, B., V. Ruiz y C. Iparraguirre. (2006). Control biológico del picudo negro (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) con nematodos y entomopatógenos en *Agave* en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola*. 6: 92-101.
- Brito, J., A. Acosta, F. Alvares y F. Cuzin (2009). Biogeography and conservation of taxa from remote regions: an application of ecological-niche based models and GIS to North-African Canids. *Biological Conservation*.142: 3020-3029.
- Chamorro, M., J. Persson, C. Torres-Santana, W., J. Keularts, S. J Scheffer y M. L. Lewis (2016). Molecular and morphological tools to distinguish *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Curculionidae: Dryophthorinae): A new weevil pest of the endangered century plant, *Agave eggersiana* from St. Croix, U.S. Virgin Islands. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 118 (2): 218-243.
- COMERCAM (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal). (2015). Informe de actividades.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares. <http://www.snib.mx/ejemplares/descarga/>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2023). Diversidad biológica Magueyes. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes/diversidad-magueyes>
- Cuervo-Parra, A., V. Pérez-España, P. López-Pérez, O. Morales, O. Arce-Cervantes, J. Aparicio-Burgos y T. Romero-Cortes (2019). *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae): A weevil threatening the production of agave in Mexico. *Florida Entomologist*, 102(1): 1-9.
- Diario Oficial de la Federación. (2012). Alejandro López González, Director General adjunto, Secretaría de Gobernación, <http://www.dof.gob.mx>
- Elith, J. y C. Graham (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from

- occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Elith, J. S. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. Chee y C. Yates (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1): 43-57.
- Espinosa, P., M. Bravo, L. López, y V. Arredondo (2005). El agave mezcalero de Oaxaca: avances de investigación. INIFAP. Libro No.3. México. 180 p.
- Gallardo, J., A. Gschaedler, M. Cházaro, J. Rodríguez, E. Tapia, S. Villanueva, Salado J., E. Villegas, R. Medina, M. Aguirre y M. Vallejo (2020). La Producción de Mezcal en el Estado de Michoacán. 153 p.
- García-Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*. 87: 14-23.
- González, H., A. Solís, S. Pacheco, M. Flores, C. Rubio y L. de Rojas (2007). Insectos barrenadores del agave tequilero. *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. 39-67.
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk*. 34 (4): 427-433.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135 (2 y 3): 147-186.
- Hernandez, P. A., I. Franke, S. Herzog, V. Pacheco, L. Paniagua, H. L. Quintana, A. Soto, J. Swenson, C. Tovar, T. Valqui, J. Vargas, y B. Young (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 17(6): 1353-1366.
- Hueso, G., J. Fallad, A. Rosales, O. Molina y L. López (2006). Evaluación de nematodos entomopatógenos para el control de larvas de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). In: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Control Biológico. Manzanillo, Colima. 464-468.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22: 415-427.
- Illsley, C., P. Morales, R. Varela, I. Ibáñez y H. Nava (2018). Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales. Una experiencia en la montaña baja de Guerrero. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM., 25-39.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019). Conociendo la Industria del Tequila y Mezcal. Colección de estudios sectoriales y regionales. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825189600.pdf
- Jiménez-Valverde A. T., J. Soberón, J. M. Overton, P. Aragón, y J. M. Lobo (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*, 13(12): 2785-

- Kearney, M. (2006). Hábitat, medio ambiente y nicho: ¿Qué estamos modelando? *Oikos* 115: 186-191.
- Lock, G. (1969). Sisal. Thirty year's sisal research in Tanzania. Second edition. Tanganyika Sisal Growers Association. Longmans, Green and Coltd. London, Great Britain. 365 p.
- Naturalista (2020). Picudo del Maguey (*Scyphophorus acupunctatus*). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado el 23 de Julio de 2023. <https://www.naturalista.mx/taxa/269419-Scyphophorus-acupunctatus>
- Pacheco, S. (2002). Efectividad biológica de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sor., sobre el picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. en Atotonilco, Jalisco. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 53.
- Padalia, H., V. Srivastava y S. Kushwaha (2014). Modelling potencial invasion range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. In India: Comprison of MxEnt and GARP. *Ecological Informatics*. 22: 36-43.
- Phillips, S., R. Anderson y R. Schapire (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Ramírez, C. (1993). Max del henequén *Scyphophorus interstitialis* Gylh., bioecología y control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP-SARH. Mérida, Yucatán, México. 127 p.
- Recéndiz-De la Mora, M. B., S. Niño-Maldonado, V. C. Gómez-Moreno, J. L. Reyes-Muñoz, Y. E. Venegas-Solís, S. Valenzuela-Ceballos, H. Sánchez-Galván y L. Alberto-Cano. (2024). Situación actual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en México. *Folia Entomología Mexicana* (nueva serie). 10: e20241005.
- Rubio, C.R. (2007). Enfermedades del cultivo de agave. En FO Rulfo V. et al. (Eds.), Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Libro técnico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. 169-195 p.
- SENASICA, S. N. de S. I. y C. A. y DGSV, D. G. de S. V. (2016). Picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae). 1838: 13.
- Servín, R., A. Tejas, M. Arce-Montoya y M. L. Robert. (2006). *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (coleoptera: curculionidae) como potencial insecto-plaga de yuca valida brandegeee en Baja California Sur, México. *Folia Entomológica Mexicana*. 45 (1): 1-7.
- Sharma, A. y U. Bhattacharyya (1962). A cytological study of the factors influencing evolution in Agave. *La Cellule*. 62: 259-279.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2021). Avance de siembras y Cosechas Resumen por Estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2016a). El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola. 1–3. <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-impacto-de-las-plagas-y-enfermedades-en-el-sector-agricola>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2016b). <http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de-tequila-y-mezca>
- SIAP, S. de I. A. & P. (2016c). En aumento el consumo mundial de tequila y mezcal. <http://www.gob.mx/siap/documentos/en-aumento-el-consumo-mundial-de-tequila-y-mezca>
- Siller-Jasso, M. G. (1985). Ciclo biológico en el laboratorio del Picudo del Maguey *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. (Coleóptera: Curculionidae) y algunas consideraciones sobre su impacto económico. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 91.
- Sillero, N. (2011). What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. *Ecological Modelling*. 222: 1343–1346.
- Soberón, J. (2007) Nichos grinnellianos y eltonianos y distribuciones geográficas de especies. *Ecología Cartas*. 10: 1115-1123.
- Solís-Aguilar, J. F. (2001). El picudo del agave tequilero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en Jalisco, México. Tesis doctoral. Instituto de Fitosanidad, Programa de Entomología y Acarología, Colegio de postgraduados. Montecillo, Jalisco, México.
- Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, Flores-Mendoza, F. J., y Á. Martínez-Garza (2001). *Scyphophorus acupunctatus* gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*. 35 (6): 663-670.
- Terán-Vargas, A.P., A. Azuara-Domínguez, P. Vega-Aquino, J. Zambrano-Gutiérrez y C. Blanco-Montero (2012). Biological Effectivity of Insecticides to Control the Agave Weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. *Southwestern entomologist*. 37(1): 47-53.
- Terán-Vargas, A.P. y A. Azuara-Domínguez (2013). El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (*Agave tequilana* F.A.C. Weber) variedad azul. Folleto Técnico No. MX-0-310304-52-03-14-09-35. INIFAP. 37 p.
- Valdés, R., J. Ramírez, J. Reyes y A. Blanco (2004). Respuestas del insecto max

- (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana*, 20: 157-166.
- Vaurie, P. (1971). Review of *Scyphophorus* (Curculionidae: Rhynchophorinae). *Coleopterists Bulletin*. 25: 1-8.
- Warren, D. (2012). In defense of “niche modelling.” *Trends in Ecology and Evolution*. 27 (9): 497-500.
- Wisz, M., R. Hijmans, J. En Peterson, Ch. Graham y A. Guisan (2008). Efectos de la muestra tamaño en el desempeño de la distribución de especies modelos. *Diversidad y Distribuciones*. 14: 763-773.
- Zizumbo-Villareal, D., F. González, A. Olay, R. Platas, M. Cuevas, M. Almendros, P. Colunga-GarcíaMarín. (2009). Archaeological evidence of the cultural importance of *Agave* spp. in Pre- Hispanic Colima, Mexico. *Economic Botany*. 63(3): 288-302.
- Zurell, D., J. Engler, D. Zurell, y J. Engler (2019). Ecological niche modelling. In *Effects of climate change on Birds*. 60-73.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución potencial del *S. acupunctatus* a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal y su fluctuación poblacional en los municipios de Acuitzio y Madero, Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Capítulo II

- 1) Generar un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* en la región que comprende el Eje Neovolcánico Transversal correspondiente al estado de Michoacán.

Capítulo III

- 2) Analizar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* mediante un estudio comparativo entre poblaciones de agaves silvestres (en su hábitat natural) y en plantaciones de agaves bajo sistema de manejo convencional.

CAPÍTULO II

MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Scyphophorus acupunctatus* EN LA REGIÓN QUE COMPRENDE EL EJE NEOVOLCÁNICO TRANSVERSAL CORRESPONDIENTE AL ESTADO DE MICHOACÁN

Objetivo

Generar un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* en la región que comprende al Eje Neovolcánico Transversal correspondiente al estado de Michoacán.

**MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Scyphophorus acupunctatus*
GYLLENAHL EN LA REGIÓN QUE COMPRENDE EL EJE NEOVOLCÁNICO
TRANSVERSAL CORRESPONDIENTE AL ESTADO DE MICHOACÁN**

RESUMEN

El presente estudio presenta un análisis detallado sobre la distribución del insecto plaga del agave, *S. acupunctatus* Gyllenahl, un organismo poco estudiado en términos de su nicho ecológico y distribución geográfica. A través de la aplicación de modelos predictivos como BIOCLIM, GARP y Maxent, se logró identificar áreas con condiciones climáticas propicias para la proliferación de esta especie en el estado de Michoacán, México. Los resultados revelan que la mayoría de los registros de *S. acupunctatus* se concentran en el noroeste del estado, correlacionándose con la proximidad a las plantaciones de agave del estado de Jalisco, lo que sugiere una migración del insecto hacia estas áreas en busca de alimento y reproducción. Además, el estudio destaca que, a pesar de la falta de registros en ciertos municipios, como Álvaro Obregón, los modelos predictivos indican que estas áreas también poseen condiciones adecuadas para la especie. Esta contribución es significativa, ya que proporciona el primer mapa de distribución de *S. acupunctatus*, lo que puede guiar futuras investigaciones y estrategias de manejo para prevenir la dispersión de plagas en cultivos de agave. En conclusión, el estudio no solo amplía el conocimiento sobre la distribución de *S. acupunctatus*, sino que también resalta la importancia de la modelación ecológica en la conservación y gestión de especies plaga.

Palabras Clave: Mapa, plaga, agave, nicho ecológico, variables climáticas.

ABSTRACT.

This study presents a detailed analysis of the distribution of the pest insect *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenahl, an organism that has received little attention regarding its ecological niche and geographical distribution. By applying predictive models such as BIOCLIM, GARP, and Maxent, researchers identified areas with climatic conditions conducive to this species' proliferation in Michoacán, Mexico. The results reveal that most records of *S. acupunctatus* are concentrated in the northwest of the state, correlating with the proximity to agave plantations in Jalisco state, suggesting that the insect migrates to these areas in search of food and reproduction. Furthermore, the study highlights that despite the lack of records in certain municipalities, such as Álvaro Obregón, predictive models indicate that these areas also possess suitable conditions for the species. This contribution is significant, as it provides the first distribution map of *S.*

acupunctatus, which can guide future research and management strategies to prevent the spread of pests in agave crops. In conclusion, the study not only expands knowledge about the distribution of *S. acupunctatus* but also emphasizes the importance of ecological modeling in conserving and managing pest species.

Key Words: map, pest, agave, ecological niche, climatic variable.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de nicho ecológico tiene su origen en la definición de Hutchinson (1957), quien contextualiza como la suma de todos los factores ambientales que actúan sobre un organismo. Por su parte, MacArthur (1972) considera que son todas las condiciones y recursos ambientales necesarios para que un organismo mantenga una población viable. Las nuevas tecnologías relacionadas al diseño de algoritmos, junto con los avances que ha tenido los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han logrado estimar el nicho ecológico o la distribución de las especies a través de modelos predictivos (Kumar *et al.*, 2014). Conocer la distribución de una especie implica tener conocimiento de las áreas geográficas que cuentan con las condiciones o recursos necesarios para la sobrevivencia de una especie (Peterson *et al.*, 2001).

Debido a que la distribución del hábitat de una especie es compleja de determinar por el tiempo y los recursos económicos que se requieren (Lóriga-Piñeiro, 2012), varios modelos han sido desarrollados para conseguir su estimación. Algunos de estos modelos utilizan métodos estadísticos, mientras que otros como BIOCLIM (Nix, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2001), GARP (Anderson *et al.*, 2003) y Maxent (Phillips *et al.*, 2006) utilizan registros de presencia de las especies y la información ambiental (temperatura, precipitación, tipo de suelo y vegetación) para generar perfiles bioclimáticos. De esta manera, los últimos modelos mapean la información espacial de una especie e indican la existencia de un hábitat adecuado en áreas donde una especie determinada no está presente (Chapman & Busby, 1994; Peterson, 2001). En estos modelos se busca una relación estadística entre la distribución real conocida y el conjunto de variables usadas como indicadores (Mateo *et al.*, 2011). Cabe mencionar que un modelo de distribución potencial, además de mostrar las áreas donde está presente una especie, estima también las posibles áreas donde puede establecerse o pudiera establecerse.

El Eje Neovolcánico Transversal (ENT), también conocido como Eje Volcánico Transversal, es la provincia fisiográfica más importante de México, ubicada en la región centro del país. El ENT es un tipo de muralla y barrera geográfica de carácter montañoso, que separa por el norte al Altiplano mexicano y por el sur a la Depresión del Río Balsas de México. Si bien predomina el paisaje de montaña, no es una sierra continua, se intercala con valles, llanuras y cuerpos lacustres. Los estados por los que atraviesa el ENT en el país son: Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Rzedowski, 2020). En los espacios abiertos que hay entre los pinares y encinares de las pendientes basálticas del ENT crecen varias especies de agaves, que son hospederos naturales de *Scyphophorus acupunctatus*. Identificar áreas favorables específicas con las condiciones idóneas para el desarrollo del picudo es una prioridad para el manejo integrado de *S. acupunctatus*, puesto que con ello se evitaría establecimientos nuevos de

cultivos de agaves. Por lo anterior, el presente estudio muestra un modelo de distribución potencial del *S. acupunctatus* (picudo del agave) a lo largo del ENT en Michoacán, con el propósito de predecir áreas que puedan estar en riesgo de ser atacadas por este insecto y poder tomar decisiones preventivas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del Área de estudio

El ENT del estado de Michoacán se localiza entre los paralelos 19 y 20° de latitud norte y sigue en dirección al este-oeste a los -101° y -103° coincidiendo con los paralelos mencionados (Figura 1). En Michoacán, el ENT cuenta con una superficie de 28,100 km² y un rango altitudinal entre 1,044 a 3,800 msnm y su distribución forma parte de 14 municipios (Leija *et al.*, 2023). Los principales picos de la sierra volcánica en Michoacán son el Quinceo, Paricutín, Zapicho, Tancítaro, Zirate y la isla de Janitzio ubicados entre los municipios de Quiroga, Pátzcuaro, Uruapan y Apatzingán (Yarza, 1992; UNAM, 2003).

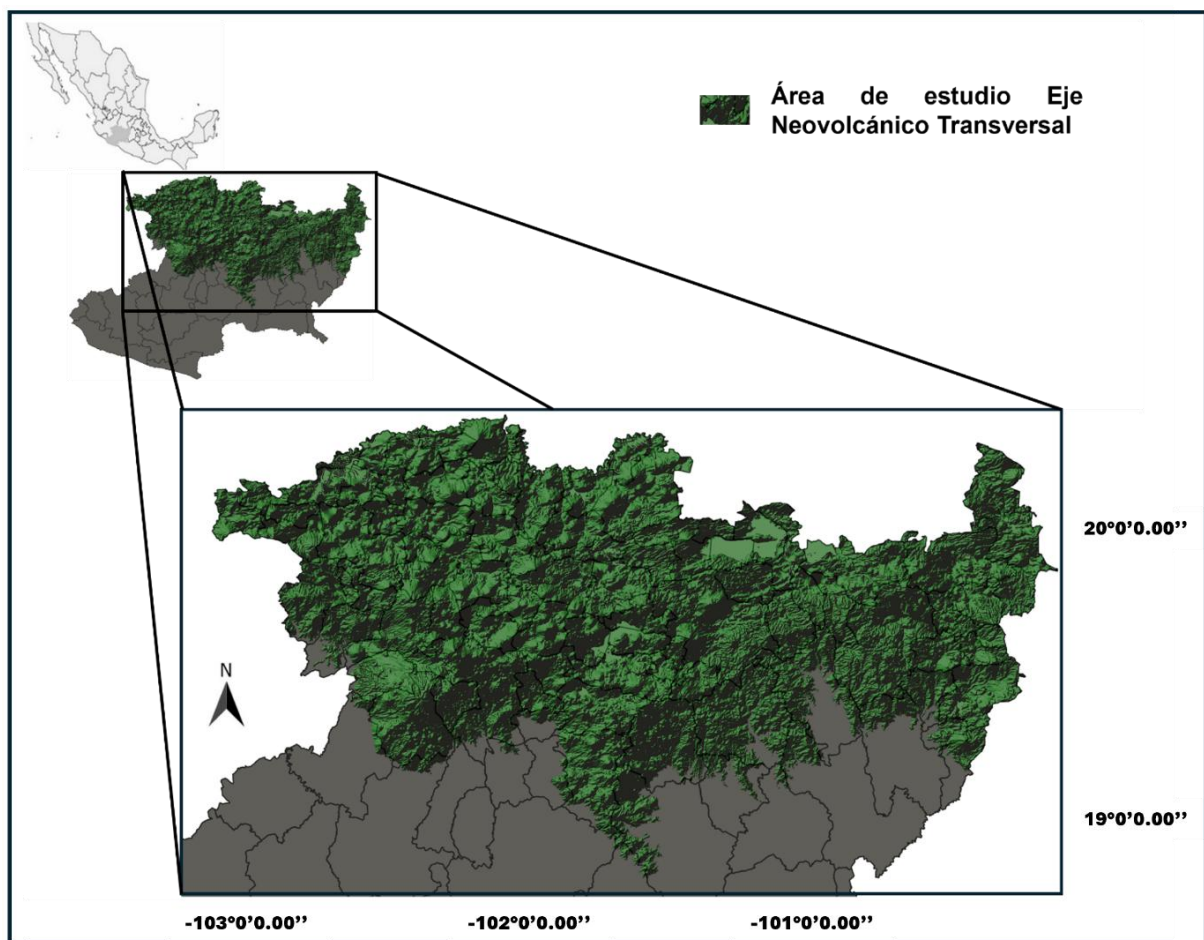


Figura 1. Área de estudio: Eje Neovolcánico Transversal.

2.1.1 Clima

Michoacán se ubica al sur del trópico de Cáncer por lo que su relieve cuenta con una gran variedad de climas que se hace evidente en la gran diversidad de su vegetación y fauna silvestre. Los tipos de climas presentes en el estado, según la clasificación de Köppen (García, 2004) son:

- a) **Aw**: cálido subhúmedo con lluvias en verano
- b) **Cw**: templado húmedo con lluvias en verano
- c) **Bs w**: semiseco o estepario con lluvias en verano

Con lluvias la mayor parte del año en las partes más elevadas del ENT (2% de la superficie) y una precipitación mínima de 600 mm y una máxima de más de 1600 mm por año (Villaseñor, 2005).

2.1.2 Hidrología

EL ENT se encuentra entre la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, la cual cuenta con cinco cuencas: Río Lerma-Toluca, Río Lerma-Salamanca, Río Lerma-Chapala, Lago de Chapala y Lago Pátzcuaro-Cuitzeo y Laguna de Yuridia. La región hidrológica Río Balsas que cuenta con tres cuencas: Río Cutzamala, Río Tacámbaro y Río Tepalcatepec (Conagua, 2012).

2.1.3 Suelo

Los suelos más importantes que predominan en la región del ENT en Michoacán son los andosoles; suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas que recubren con importancia económica, ya que sustentan extensas plantaciones de aguacate, bosque de pino y bosque de pino-encino, de vocación eminentemente forestal, aunque son utilizados para la agricultura. En una menor proporción esta región cuenta con suelos luvisol, acrisol, leptosol, regosol y cambisol (Cabrera, 2005).

2.2 Elaboración de un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* en el estado de Michoacán

La elaboración del mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* se efectuó en dos etapas:

- 1) Búsqueda de bases de datos con registros que tuvieran coordenadas geográficas de localización (latitud y longitud) de los lugares donde se ha detectado la presencia de *S. acupunctatus*, preferentemente registros referenciados en el ENT, correspondiente al estado de Michoacán. La búsqueda de información se realizó en referencias bibliográficas afines y en compilaciones de las instituciones dedicadas a la investigación (Universidad Autónoma del Estado de Morelos), conservación y a la sanidad vegetal (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado de Michoacán), así como datos compartidos o publicados en línea (iNaturalista: www.inaturalista.org; GBIF: www.gbif.org <https://doi.org/10.15468/dl.pd22mh>). Todos los

registros (latitud y longitud, en formato csv) encontrados se integraron a una base de datos con el programa Microsoft Excel (se eliminaron registros duplicados) y se ubicaron en un mapa con el programa Qgis versión 3.34.3. En esta etapa también se descargó información de variables climáticas (temperatura y precipitación) de la página de Worldclim (https://www.worldclim.org/data/bioclim.html#google_vignette), las cuales fueron requeridas porque representan factores directos que determinan la presencia de las especies e inciden en la selección del hábitat y en las tasas demográficas de los mismos organismos (Figura 2) (Davies *et al.*, 2007; Contreras-Medina *et al.*, 2010; Green, 2010; Mota-Vargas *et al.*, 2013).

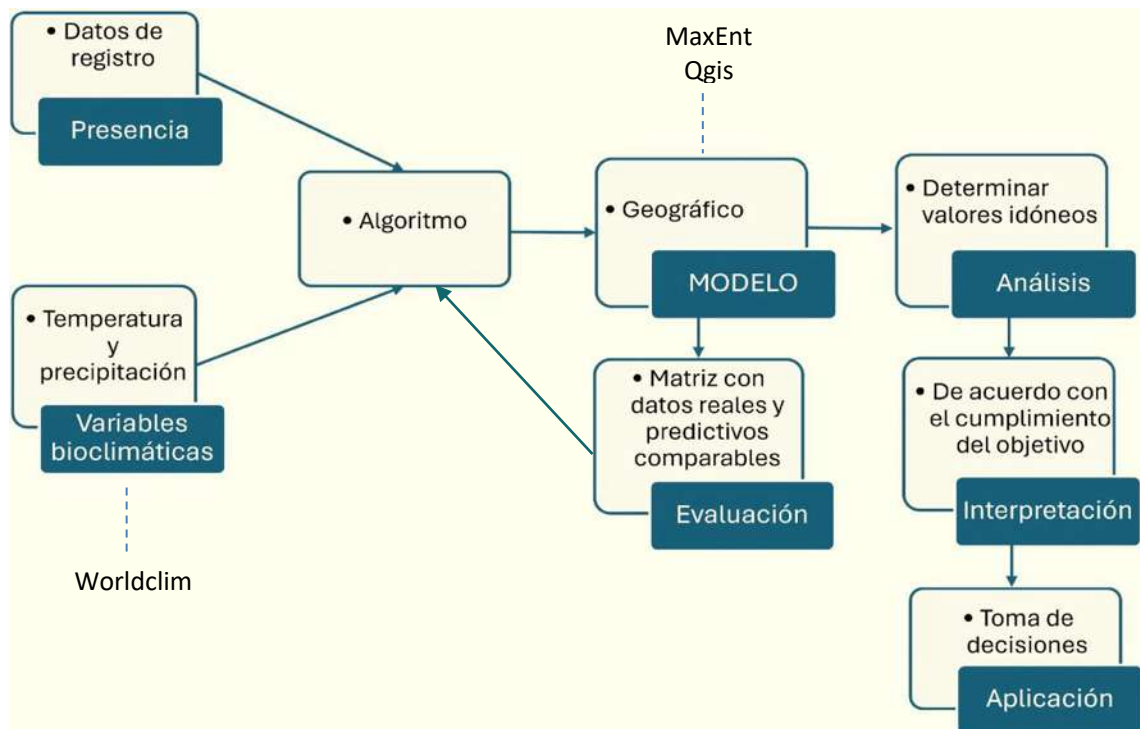


Figura 2. Procesos para la elaboración del modelo de distribución potencial del *S. acupunctatus*.

2) Se elaboró el primer modelo en MaxEnt (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>), considerando las 19 variables climáticas descargadas de la base de datos de Worldclim (temperaturas y precipitaciones mensuales) en formato “.asc” (Cuadro 1) (Hijmans *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Descripciones de las 19 variables climáticas de Busby (1991) utilizadas para elaborar un modelo de distribución potencial de *S. acupunctatus*. Descargadas de Worldclim.

Variables	Descripción
BIO 1	Temperatura media anual
BIO 2	Rango diurno medio (Promedio de temperatura mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))
BIO 3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) ($\times 100$)
BIO 4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO 8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO 10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO 11	Temperatura media del cuarto más frío
BIO 12	Precipitación anual
BIO 13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO 14	Precipitación del mes más seco
BIO 15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO 17	Precipitación del trimestre más seco
BIO 18	Precipitación del Cuarto Más Cálido
BIO 19	Precipitación del cuarto más frío

Posteriormente, se elaboró con MaxEnt el segundo modelo considerando únicamente 5 variables climáticas, aquellas que más intervinieron en el primer modelo. Las cinco variables se eligieron en función de la contribución porcentual y la importancia de la permutación, y fueron generadas con un algoritmo específico del programa. Los análisis de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic “características de operación del receptor”) que se hicieron a cada uno de los mapas de distribución potencial proporcionaron la confiabilidad del modelo,

los cuáles analizaron los valores de AUC (Area Under the ROC Curve “área bajo la curva”), donde si los valores se aproximan a 1 indica que los resultados conseguidos por el modelo son satisfactorios.

El mapa final correspondió al segundo modelo obtenido de MaxEnt que incluyó a las 5 variables más representativas de los requerimientos del picudo. En software Qgis 3.34.3 los valores del modelo se reclasificaron, arrojando una nueva barra de colores, donde el azul equivale a 0 e indica nula posibilidad de que *S. acupunctatus* puede establecerse y el rojo a 1 e indica áreas con mayor potencial para establecerse. En resumen, lo que el software busca es generar un modelo basado en la distribución actual del picudo del agave (denominada como área de calibración) y transferir dicho modelo a un espacio geográfico con la interpolación de condiciones ambientales y la extrapolación de sitios cuyas condiciones están fuera del rango de los valores de calibración (Fitzpatrick y Hargrove, 2009; Zurell *et al.*, 2012; Qiao *et al.*, 2019) (Figura 6). Finalmente, se realizó un recorte del área de estudio del cual se trabajó con una resolución de pixel de 1 km x 1 km en formato ráster (Hijmans *et al.*, 2005).

3. RESULTADOS

3.1 Mapa de distribución de *S. acupunctatus* con registros de presencia

Se obtuvieron un total de 3,481 datos de registros, de los cuales solo 1,293 se utilizaron para generar el mapa de distribución de *S. acupunctatus* en el estado de Michoacán, el cual comprende a 41 municipios que se ubican en el ENT (Figura 3).

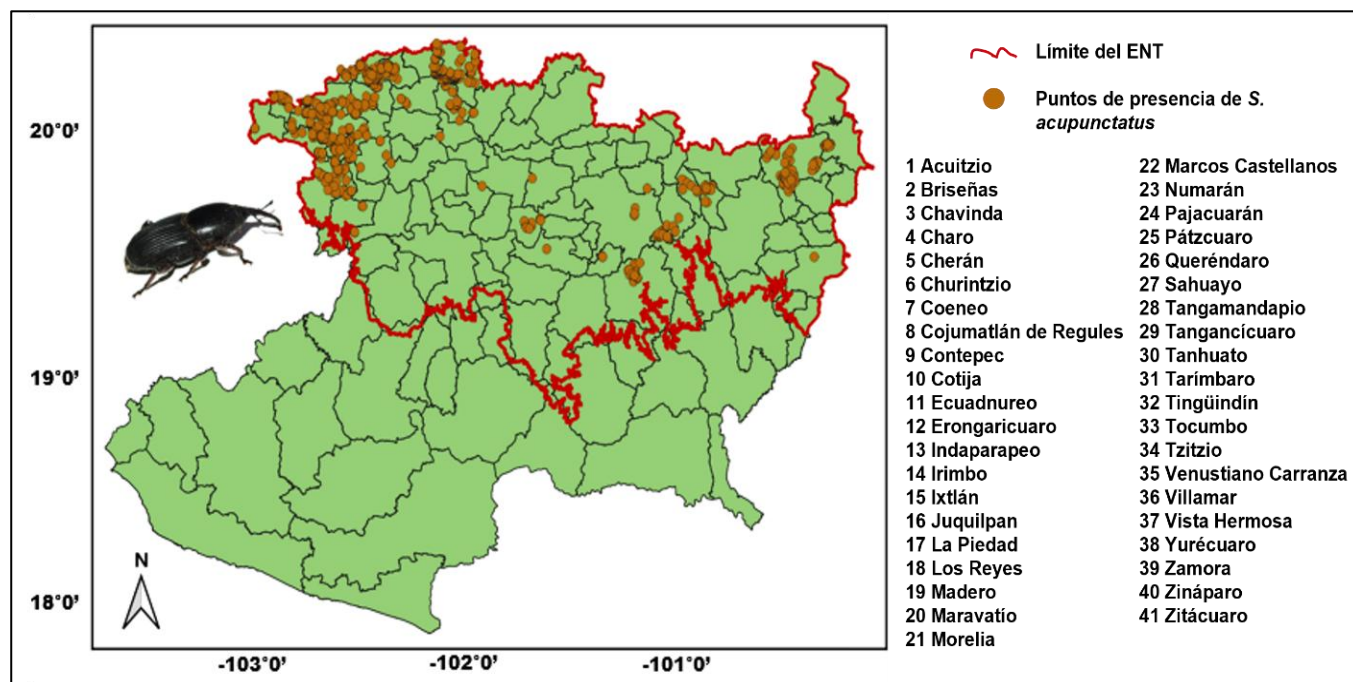


Figura 3. Mapa con registros de presencia de *S. acupunctatus* en el estado de Michoacán. Puntos naranjas ubican a los municipios con presencia de la plaga.

3.1.1 Elaboración de un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* con datos de presencia e información ambiental

El primer modelo de distribución de *S. acupunctatus* con 19 variables climáticas mostró las áreas potenciales ubicadas en el ENT donde *S. acupunctatus* tiene altas posibilidades para establecerse, donde pequeñas áreas naranjas (Cojumatlan de Régules) y amarillas (Venustiano Carranza, Villamar, Jiquilpan, etc.) se ubican en la cercanía de los límites entre Michoacán y Jalisco. De manera similar, áreas amarillas se ubicaron al oriente del estado en las cercanías de los límites con el Estado de México (Figura 4). Las variables ambientales con más contribución y permutación en el modelo fueron Bio 11, Bio 6, Bio 4, Bio 12 y Bio 18 (Cuadro 2). El análisis de predictibilidad de la curva ROC (línea roja) indicó alta confiabilidad estadística, puesto que los valores del AUC de los datos observados superaron a los valores del AUC de los datos de una curva ROC de predictibilidad aleatoria establecida de 0.5 (Figura 5).

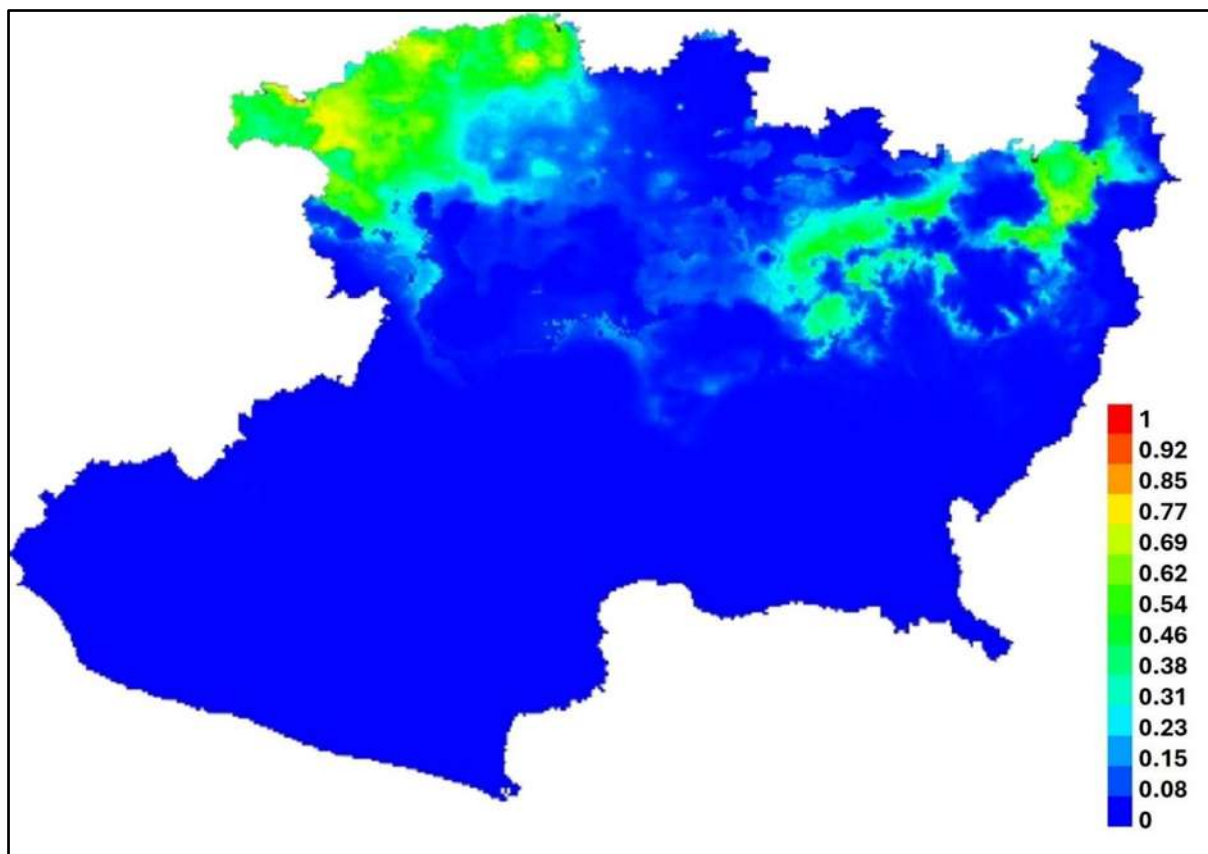


Figura 4. Distribución potencial de *S. acupunctatus* para Michoacán con 19 variables climáticas de Worldclim.

Cuadro 2. Estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales en el Modelo de Maxent.

Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutación
Temperatura Media del Cuarto Más Frío	32.4	41.7
Estacionalidad de la Temporada	16.2	11.7
Precipitación del Cuarto Más Cálido	11.4	10.9
Temperatura mínima del Mes Más Frío	10.1	2.6
Isotermalidad	7.8	0.8
Precipitación Anual	7.6	7.9
Precipitación del Trimestre Más Seco	4.6	2.3
Precipitación del Trimestre más Húmedo	3.9	2.2
Rango Anual de Temperatura	1.9	0.4
Precipitación del Mes Más Lluvioso	1.2	2.5
Precipitación del Cuarto Más Frío	1	1.6
Estacionalidad de la precipitación	0.7	0.9
Rango Diurno Medio	0.5	1.2
Temperatura Media del Trimestre Más Húmedo	0.3	11.4
Temperatura Máxima del Mes Más Cálido	0.2	1.3
Precipitación del Mes Más Seco	0.2	0.5
Temperatura Media del Trimestre Más Cálido	0	0
Temperatura Media del Trimestre Más Seco	0	0
Temperatura Media Anual	0	0

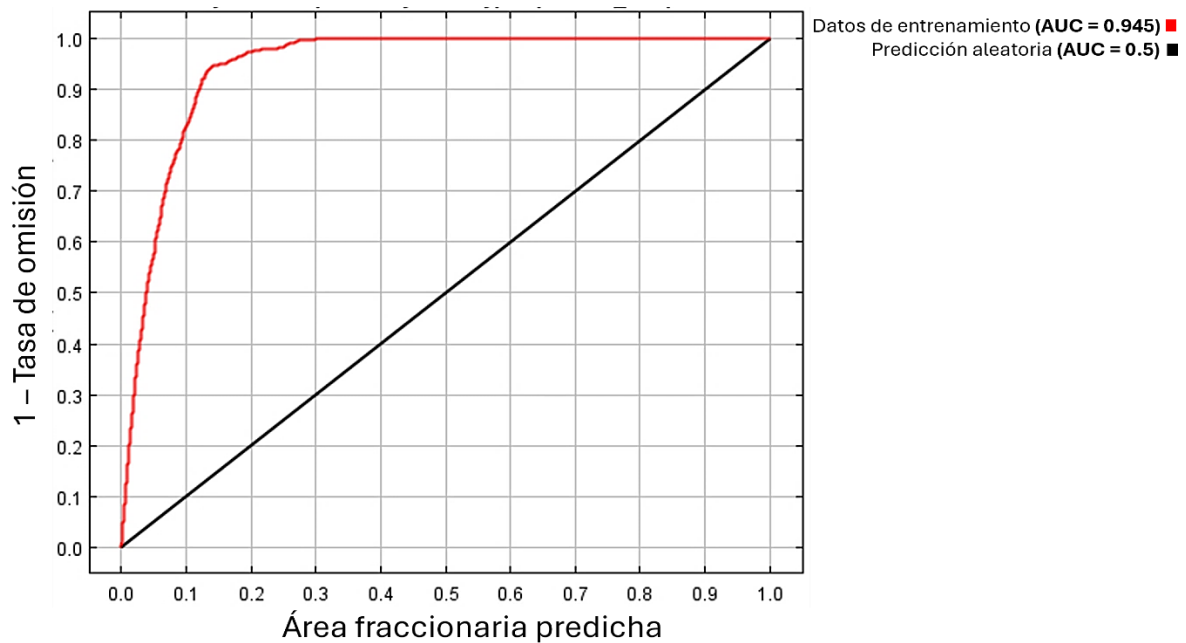


Figura 5. Curva ROC (línea roja) construida por Maxent (3.4.4). El modelo con AUC mayor a 0.5 tiene una predictibilidad que supera a la proyección esperada. La línea negra representa una curva ROC de predictibilidad aleatoria de 0.5).

En el segundo modelo generado con las cinco variables climáticas muestra que las áreas del ENT donde se presenta las mejores condiciones para el desarrollo de *S. acupunctatus* se encuentran en la cercanía de los límites entre Michoacán y Jalisco (Venustiano Carranza, Villamar, Vista Hermosa, La Piedad e Yurécuaro) (Figura 6). El análisis de predictibilidad de la curva ROC (línea roja) con cinco variables climáticas también indicó alta confiabilidad estadística, puesto que los valores del AUC de los datos observados también superaron a los valores del AUC de los datos de una curva ROC con predictibilidad aleatoria establecida de 0.5 (Figura 7).

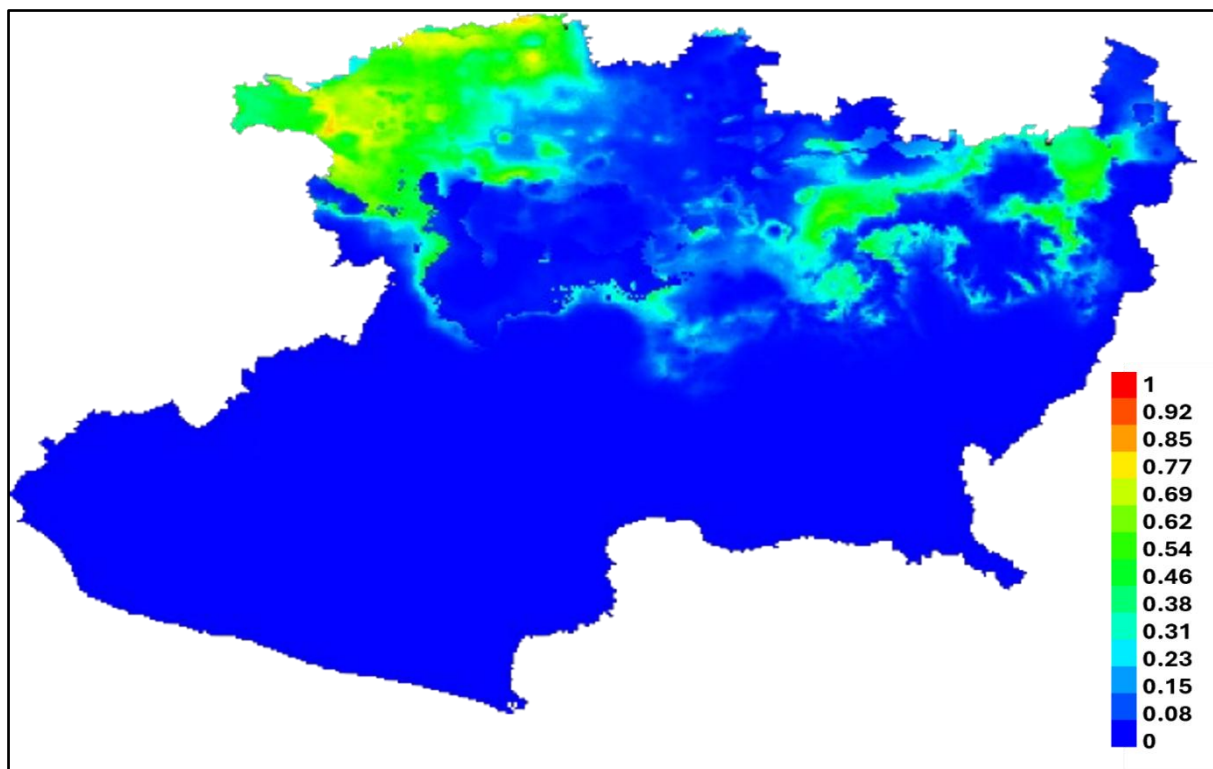


Figura 6. Distribución potencial de *S. acupunctatus* para Michoacán con cinco variables climáticas de Wordclim.

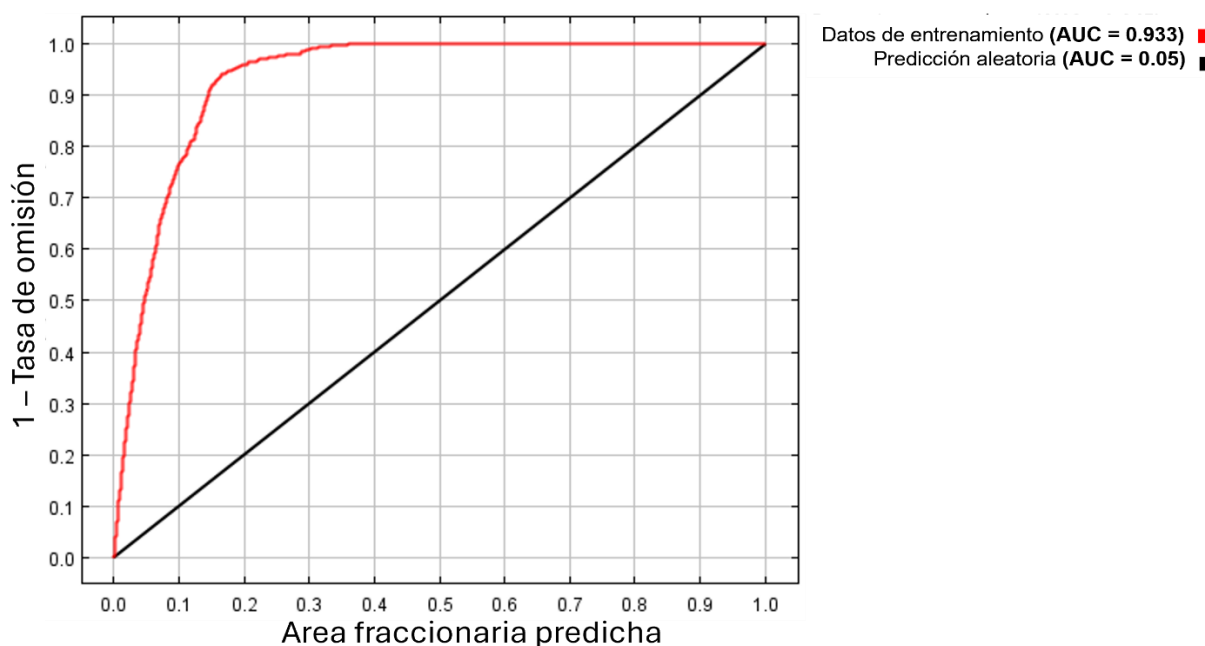


Figura 7. Curva ROC (línea roja) construida por Maxent (3.4.4). El modelo con AUC mayor a 0.5 tiene una predictibilidad que supera a la proyección esperada. La línea negra representa una curva ROC de predictibilidad aleatoria de 0.5).

Finalmente, el mapa generado de distribución potencial para *S. acupunctatus* muestra a todos los municipios de Michoacán ubicados en el Eje Neovolcánico Transversal (ENT) que cuentan con condiciones necesarias para la sobrevivencia y proliferación de esta especie perjudicial

(Figura 8), donde se incluyen tanto a municipios con datos de registros de su captura (ver Figura 3) como a municipios donde no se ha documentado su presencia, como Álvaro Obregón, Aporo, Copándaro, Hidalgo, Jacona, José Sixto Verduzco, Jungapeo, Penjamillo, Peribán, Salvador Escalante, Senguio, Taretan, Tuzantla, Tuxpan, Tzintzuntzan, Uruapan, Zamora, Zinapécuaro y Ziracuaretiro (Cuadro 3).

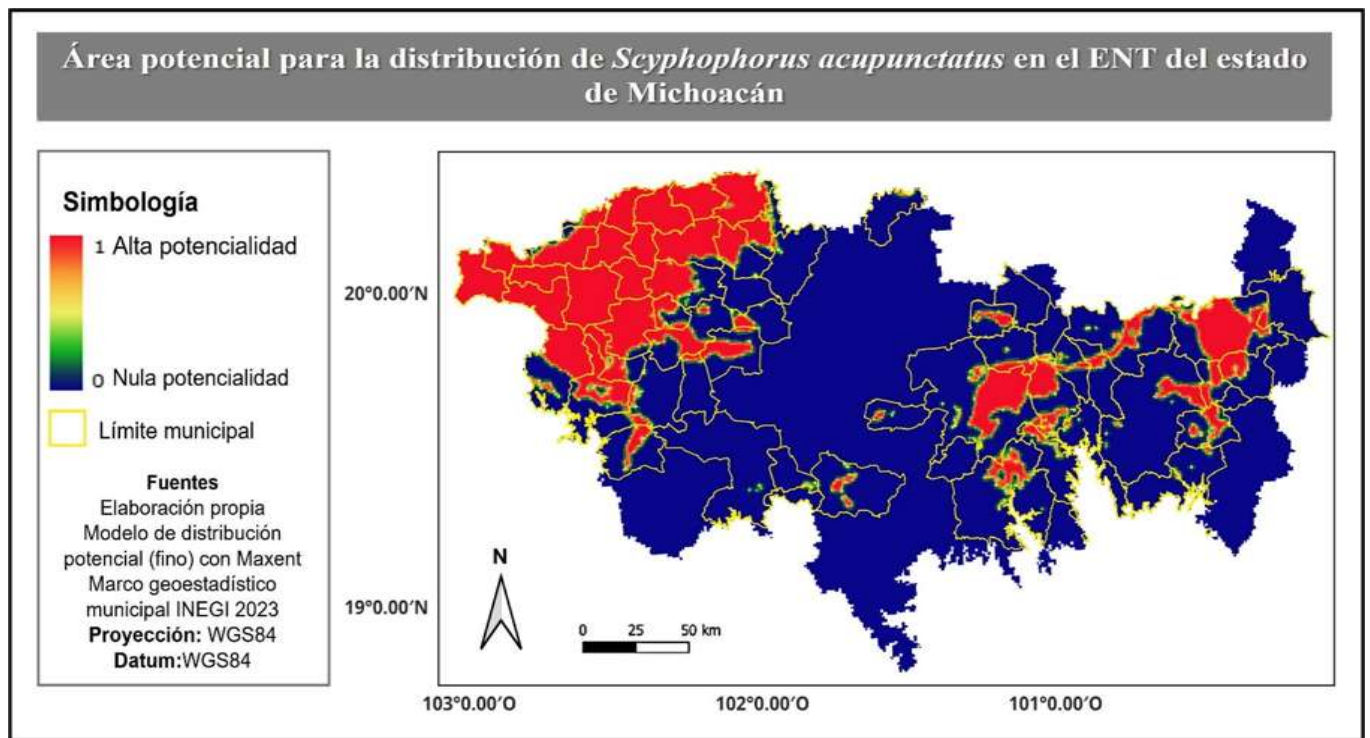


Figura 8. Mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* en diferentes municipios de Michoacán, ubicados en el ENT.

Cuadro 3. Municipios en el ENT de Michoacán con potencial para la proliferación del *Scyphophorus acupunctatus*.

Municipios con áreas potenciales			
1	Álvaro Obregón	11	Senguio
2	Aporo	12	Taretan
3	Copándaro	13	Tuzantla
4	Hidalgo	14	Tuxpan
5	Jacona	15	Tzintzuntzan
6	José Sixto Verduzco	16	Uruapan
7	Jungapeo	17	Zamora
8	Penjamillo	18	Zinapécuaro
9	Peribán	19	Ziracuaretiro
10	Salvador Escalante		

4. DISCUSIÓN

El comercio global y la conectividad de las redes de transporte han facilitado la dispersión de las especies plaga, tal es el caso de *S. acupunctatus* que actualmente se encuentra presente en varias partes del mundo, implicando una invasión hacia la biodiversidad local y a la agricultura (Viviano *et al.*, 2024), lo que exige generar en esos lugares estrategias efectivas de control para mitigar su impacto como plaga. Actualmente en México, la distribución del picudo del agave comprende a 28 entidades estatales, donde se incluye al estado de Michoacán (Cuervo-Parra *et al.*, 2019, Figueroa *et al.* 2024, Recéndiz-De la Mora *et al.*, 2024). Aunque no existe un registro oficial, probablemente los primeros reportes de esta plaga en Michoacán ocurrieron durante la expansión del cultivo de agave, lo cual ocurrió al finalizar la década de los noventa e iniciar el siglo XXI, periodo que coincidió con un momento de alta demanda de plantas de agaves por empresas tequileras del estado de Jalisco (Téllez-Valencia, 2009). No obstante, fue hasta el año 2013 cuando el gobierno federal implementó en Michoacán una campaña fitosanitaria contra este insecto (DOF, 2013).

A la fecha, solo el estudio de Del Río-Mora (2015) menciona sobre los daños que este insecto puede provocar a las plantaciones de agaves en la región mezcalera de Etúcuaro, Michoacán, donde se indica que hay 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. Es importante señalar que la presencia de *S. acupunctatus* en el estado no solo se restringe a plantas de agaves que forman parte de las áreas cultivadas, sino también hacia plantas de traspatios y/o plantas silvestres que forman parte de los paisajes en el Eje Neovolacánico Transversal (datos no publicados). Hay que recordar que en Michoacán se tienen registrado a ocho especies de agaves (*Agave americana* L., *A. angustifolia* Haw, *A. cupreata* Trel & Berger, *A. filifera* Salm-Dyck, *A. hookeri* Jacobi, *A. inaequidens* K. Koch, *A. schindigera* Lem y *A. tequilana* Weber), algunas de estas se encuentran de manera silvestre, mientras que otras son cultivadas en grandes extensiones para la producción del tequila o del mezcal (Montoya-Martínez, 2014; Nápoles-Álvarez *et al.*, 2015). En el mismo estado, la mayoría de las poblaciones de agaves silvestres se ubican en zonas poco accesibles y en tierras ejidales y/o de comunidades indígenas, mientras que la menor proporción se encuentran en áreas de propiedad privada, donde los bosques y selvas bajas predominan (Gallardo-Valdez, 2020). Esto último permite entender que la distribución de *S. acupunctatus* en territorio michoacano está sujeto a registros aislados (georeferenciados con coordenadas) que se encuentran en la literatura y en cualquiera de las ocho especies de agave mencionadas (sin confirmar la especie) que tienen sus propios nichos ecológicos.

Es importante entender que el nicho ecológico de un insecto fitófago existe sólo cuando hay coincidencia de condiciones abióticas y bióticas necesarias para sus plantas hospederas

potenciales o alternas. En ocasiones para conocer la distribución de los insectos fitófagos que son poco conocidos se utiliza la distribución de sus hospederos. Con el modelado de nicho, se pueden producir mapas de distribución potencial con base a sitios conocidos de presencia de una especie, además de que proveen una comprensión más profunda de cómo las poblaciones de esta especie se distribuyen geográficamente y si están agrupadas o dispersas aleatoriamente. Para probar la validez de estos mapas, se requiere del conocimiento de sitios de presencia de los insectos relacionados. Ante esta situación, en Michoacán, a la fecha ningún estudio con tecnología innovadora ha mostrado un mapa que señale los sitios de ocurrencia de *S. acupunctatus*, y mucho menos que haya generado un modelo predictivo de la distribución potencial que tiene este insecto. Afortunadamente, hay antecedentes en otros insectos que muestran que, relacionando registros de ocurrencia con variables ambientales, en un software especializado como MaxEnt, se ha podido determinar el rango de distribución geográfica y potencial de las especies plaga. Por ejemplo, a nivel nacional, Sosa *et al.* (2018) modelaron la distribución potencial de insectos barrenadores, defoliadores, y descortezadores en bosques de coníferas. A nivel mundial se tiene el caso documentado del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Pacifi *et al.*, 2015; Shi *et al.*, 2020) y la cigarrita de dorso blanco del arroz, *Sogatella furcifera* (Horvath) (Hemiptera: Delphacidae), los cuales se realizaron en China (Hu *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2020); de la polilla gitana asiática, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), realizado en Canadá (Srivastava *et al.*, 2020) y de la cochinilla algodonosa, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), realizado en India (Kumar *et al.*, 2014). Estas estimaciones se realizaron bajo la premisa de nicho ecológico, en el cual se estipula que si se conoce los sitios de ocurrencia de una especie y las características de su entorno donde vive se puede predecir con gran precisión las áreas geográficas que cuentan con las condiciones o recursos necesarios para que sobreviva y prolifere dicha especie (Peterson *et al.*, 2001). Esto indica que el componente meteorológico es uno de los factores ambientales estrechamente relacionados con la distribución, aparición y desarrollo de plagas y enfermedades (Wang *et al.*, 2020).

En el actual estudio, con 1,293 registros de ocurrencia de *S. acupunctatus* (recopilados de diversas fuentes), combinado con 19 variables climáticas (descargadas de Worldclim) en MaxEnt, se logró predecir la distribución geográfica potencial de *S. acupunctatus* en el estado de Michoacán. Para evaluar la precisión de la predicción de MaxEnt se consideró el valor de la curva ROC, donde el valor del AUC de los datos observados (0.93) superó al de la proyección esperada, indicando con ello que el efecto de simulación fue bastante aceptable. En este estudio, cinco variables (Temperatura media del cuarto más frío, Estacionalidad de la temporada, Precipitación del cuarto más cálido, Temperatura mínima del mes más frío y Precipitación anual) fueron consideradas entre las más importantes, ya que sus tasas de contribución

porcentual acumulada y sus valores de importancia de permutación acumulada superaron en ambos parámetros el 70%, donde la variable Bio11 relacionada con la temperatura jugó un papel clave en la distribución de *S. acupunctatus*. De igual manera, un estudio similar realizado en China que estimó la distribución potencial *D. citri* encontró que la variable temperatura fue también la que mostró mayor impacto en el patrón de distribución (Wang *et al.*, 2020). Estos resultados encontrados coinciden con lo indicado por Shimin *et al.* (2018), quienes mencionan que la supervivencia, propagación y la migración de las plagas de latitudes bajas a latitudes altas se relacionan con los cambios en el clima (donde se incluye la variable temperatura). El clima es un factor que determina los límites geográficos y la distribución de las especies, por lo mismo rige el por qué una especie se encuentra en un lugar y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1991), por lo tanto se puede generalizar que cada especie tiene un perfil bioclimático, y *S. acupunctatus* no ha sido la excepción, puesto que las zonas con valores altos de idoneidad para esta especie se centraron en las variables climáticas y no en las variables ambientales (edafología y topografía), ya que las coberturas climáticas a diferencia de las ambientales minimizan o sobrestiman el nicho ecológico de una especie (Arenas-Navarro *et al.* 2020).

Si bien, es cierto que el primer mapa (generado con el programa Qgis) de este estudio mostró a los 41 municipios correspondientes del estado de Michoacán con registros de ocurrencia de *S. acupunctatus*, y que la mayoría de esos registros se ubicaron al noroeste del estado, su cercanía con el principal estado productor de tequila podría explicar esa situación, puesto que habría más presencia de este insecto en las plantaciones de esas zonas debido a la migración que tienen estos insectos cuando buscan su fuente de alimento. De acuerdo a los mapas generados de predicción existen también muchas áreas en el ENT, ubicadas al noreste del estado, que poseen condiciones propicias para que *S. acupunctatus* prolifere. Por ejemplo, el municipio de Álvaro Obregón fue uno de los 19 municipios que a la fecha no tenía registros de ocurrencia de *S. acupunctatus*, pero que con el modelo de predicción se pudo constatar que este municipio tiene las condiciones propicias. Desafortunadamente, por la falta de estudio en la zona noreste del estado sobre el daño que provoca este insecto no se le ha dado la importancia que corresponde, aunque se deduce que la plaga continúa propagándose hacia lugares nuevos donde se empiezan a establecer el cultivo de agave con fines comerciales. Se espera que las autoridades encargadas de cuidar la sanidad de los cultivos tomen medidas apropiadas para evitar que se disemine la plaga hacia esas áreas con condiciones climáticas y plantas hospedadoras potenciales. Finalmente, se puede inferir que explorar la distribución geográfica potencial de las especies es de gran importancia para la protección, el uso y la sostenibilidad de las especies.

6. LITERATURA CITADA

- Anderson, R. P., D. Lew, y A. T. Peterson. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162: 211-232.
- Arenas-Navarro, M., F. García-Oliva, A. Torres-Miranda, O. Téllez-Valdés, y K. Oyama. (2020). Environmental filters determine the distribution of tree species in a threatened biodiversity hotspot in western Mexico. *Botanical Sciences*, 98(2): 219-237.
- Cabrera, A., J.C. González, J.M. Ayala. (2005). Los suelos. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente.
- Chapman, A. D. y J. R. Busby. (1944). Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. *Mapping the diversity of nature*.
- Consejo Nacional del Agua (CONAGUA). (2012). Programa Hídrico Regional Visión 2030: Región Hidrológico-Administrativa IV Balsas, Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico.
- Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega y C. A. Ríos-Muñoz. (2010). Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83: 421-433.
- Cuervo-Parra J., V. Pérez-España, P. López-Pérez, M. Morales-Ovando, O. Arce-Cervantes, J. Aparicio-Burgos y T. Romero-Cortes. (2019). *Scyphophorus acupunctatus*: a weevil threatening the production of agave. *Florida Entomologist*. 102 (1).
- Davies R., C. Orme, D. Storch, V. Olson, G. Thomas, S. Ross, T. Ding, P. Rasmussen, P. Bennett, I. P. Owens, T. Blackburn y K. Gaston. (2007). Topography, energy and the global distribution of bird species richness. *Proceedings of the Royal Society B*. 274: 1189-1197.
- Del Río-Mora, A. (2015). Metodología y procedimientos para realizar inspecciones fitosanitarias en el cultivo del agave. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) UMSNH, Michoacán, México.
- Diario Oficial de la Federación. (2013). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/556458/Michoacan.pdf>
- Figueroa-De la Rosa, J. I., C. D. Gómez-Ibarra y S. Ramos-Ortiz. (2024). ¡Ahí viene plaga! *Milenaria, Ciencia y Arte*. (24) : 4-6.
- Fischer, J., D. Lindenmayer, H. Nix, J. Stein y J. Stein (2001). Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of*

- Fitzpatrick, M. C. y W.W. Hargrove. (2009). La proyección de modelos de distribución de especies y el problema del clima no analógico. *Biodivers Conserv* 18: 2255–2261.
- Gallardo, J. (2020). La producción del Mezcal en el Estado de Michoacán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Gobierno del Estado de Michoacán. 2 (1).
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climatic de koppen. No. 6. Quinta edición corregida y aumentada. 90 p.
- Green, R. (2010). An overview of the effects of climate change on birds. *BOU Proceedings - Climate Change and Birds*. 869-872.
- Hijmans, R.J., B. Condori, R. Carillo y M.J. Kropff. (2005). Un método cuantitativo y específico para evaluar el impacto potencial de nuevas tecnologías agrícolas: el caso de la papa resistente a las heladas en el Altiplano (Perú y Bolivia). *Agricultural Systems*. 76: 895-911.
- Hu, S. F. (2015). Projecting distribution of the overwintering population of *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae), in Yunnan, China with analysis on key influencing climatic factors. *Journal of Insect Science*. 15: 148.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22: 415-427.
- Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. (2003). Núm. 50 220-234.
- Kumar, S., J. Graham, A. M. West y P. H. Evangelista. (2014). Using district-level occurrences in MaxEnt for predicting the invasion potential of an exotic insect pest in India. *Computers and Electronics in Agriculture*. 103: 55–62.
- MacArthur, R. H. (1972). Geographical ecology: patterns in the distribution of species. *Harper & Row*.
- Leija, E. G., M. E. Mendoza, C. Rodríguez-Soto, E. López-Granados y V. Salinas-Melgoza (2023). Análisis espacial de los cambios en la cobertura vegetal y conectividad estructural del paisaje del bosque de niebla en el Occidente de México. *Revista de Geografía Norte Grande*. 86: 1-21.
- Lindenmayer, D. B., H. A. Nix, J. P. McMahon, M. F. Hutchinson y M. T. Tanton. (1991). The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): A case study of the use of bioclimatic modelling. *Journal of Biogeography*, 18: 371-383.
- Lóriga-Piñeiro, J. (2012). Diversidad, distribución geográfica y áreas prioritarias para la conservación del género *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) en Cuba. Tesis de maestría. Universidad de la Habana, Cuba.

- Mateo, R., A. Felicísimo y J. Muñoz (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Montoya-Martínez, A. (2014). Hongos micorrícicos como biofertilizantes y agentes Delaware control biológico contra *Fusarium oxysporum* en Agave tequilana. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Mota-Vargas, C., O. R. Rojas-Soto, C. Lara, C. Castillo-Guevara y C. Ballesteros-Barrera (2013). Geographic and ecological analysis of the Bearded Wood Partridge *Dendrotyx barbatus*: some insights on its conservation status. *Bird Conservation International*. 23: 371-385.
- Nápoles-Álvarez, C. (2015). Proceso de elaboración del mezcal artesanal en Michoacán. Aspectos sobre el Manejo y Conservación de Agaves Mezcaleros en Michoacán. A. Martínez-Palacios, J. L. Morales-García y S. Guillén-Rodríguez. Ed CECTI. Edit. UMSNH, SAGARPA. 117-124.
- Nix, H. (1986). Abiogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Australian Flora and Fauna*. 7: 4-15.
- Pacifici, M., W.B. Foden, P. Vicenti, J.E.M. Watson, S.H.M. Butchart y K.M. Kovacs. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change*. 5: 215-224.
- Peterson, A. y D. Vieglais. (2001). Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*. 51: 363-371.
- Phillips, S., R. Anderson y R. Schapire. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
- Qiao, H., X. Feng, L. Escobar, A. T. Peterson, J. Saberón, G. Zhu y M. Papes. (2019). An evaluation of transferability of ecological niche models. *Ecography*. 39: 86.
- Recéndiz-De la Mora M., S. Niño-Maldonado, V. Gómez-Moreno, J. Reyes-Muñoz, Y. Venegas-Solís, S. Valenzuela-Ceballos, H. Sánchez-Galván y L. Cano (2024). Situación actual de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (coleoptera: curculionidae) en México. *Folia Entomologica Mexicana*. 10 (1): 2448-4776.
- Rzedowski, J. (2020). Catálogo preliminar de especies de plantas vasculares de distribución restringida al Eje Volcánico Transversal. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología, A. C. Fascículo complementario XXXIV.
- Shi H., Q. Zhou, F.L. Xie, N.J. He y R. He. (2020). Disparity in elevational shifts of upper species limits in response to recent climate warming in the Qinling Mountains, North central Chin. *Science of The Total Environment*. 706: 135718.
- Shimin, G., P. Han, Z. Ye, L. Perkins, J. Li, R. Huiqing, M. P. Zahucki y Z. Z. Lu. (2018). Climate change favours a destructive agricultural pest in temperate regions: late spring

- cold matters. *Journal of Pest science*. 91: 1191-1198.
- Sosa-Díaz, L., J. Méndez-González, M. García-Aranda, V. Cambrón-Sandoval, J. Villarreal-Quintanilla, C. Ruiz-González, y J. Montoya-Jiménez. (2018). "Distribución Potencial De Barrenadores, Defoliadores, Descortezadores Y muérdagos En Bosques De coníferas De México". *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 9 (47): 187-208.
- Strivastava, V., V. C. Griess y M. A. Keena. (2020). Assessing the potential distribution of Asian gypsy moth in Canada: A comparison of two methodological approaches. *Scientific reports*. 10: 22.
- Téllez-Valencia, C. (2009). Estudios Michoacanos XIII. La Incurción del Agave Tequilero en el Paisaje Michoacano. *La desruralización como causa económica*. M. García-Sánchez. El Colegio de Michoacán. 258 p.
- Villaseñor, J.L., G. Ibarra-Manríquez, J.A. Meave y E. Ortiz. (2005). "Higher taxas surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country". *Conservation Biology*. 19(1): 232-238.
- Viviano, A., A. Cocco, P. Colangelo, G. Delitala, R. Pantaleoni y L. Loru. (2024). 1. Worldwide distribution and phylogeography of the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera, Dryophthoridae): the rise of an overlooked invasion. *NeoBiota* 90: 53-78.
- Wang, R. L. (2020). A simulation study of the geographical distribution of *Actinidia arguta* in China. *Polish Journal of Environmental Studies*. 29: 1889-1898.
- Yarza de la Torre, E. (1992), "Los volcanes del Sistema Volcánico Transversal", *Volcanes de México*, 4a ed. Corregida y aumentada. Instituto de Geografía, UNAM. pp. 82-83, 89-136.
- Zurell, D. y J. Engler. (2019). Ecological niche modelling. In *Effects of climate change on Birds*. 60-73.

CAPÍTULO III

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Scyphophorus acupunctatus*: ESTUDIO COMPARATIVO EN AGAVES SILVESTRES Y PLANTACIONES BAJO MANEJO CONVENCIONAL

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Scyphophorus acupunctatus* GYLLENAHL: ESTUDIO COMPARATIVO EN AGAVES SILVESTRES Y PLANTACIONES BAJO MANEJO CONVENCIONAL

RESUMEN

El estado de Michoacán se considera como el tercer productor de mezcal a nivel nacional, aportando el 8.57% y 12.84% del total nacional de superficie sembrada y de la producción, respectivamente. El picudo del agave se considera como la principal plaga del cultivo, puede provocar daños directos a las plantas, llegando inclusive a provocar la muerte de las mismas. El objetivo de esta investigación fue analizar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* en un hábitat natural con agave silvestres y en dos plantaciones de agaves bajo sistema de manejo convencional. La investigación se realizó durante julio-diciembre de 2023 en Acuitzio del Canje y Etúcuaro, Michoacán, y el monitoreo se realizó mediante un trampeo con atrayentes. Los resultados mostraron que las trampas son más efectivas para capturar hembras y las variaciones en el número de capturas de individuos determinaron los tiempos en que más abundan estos insectos en los tres sitios estudiados. Estos hallazgos también indicaron que las poblaciones de plagas varían significativamente entre los sistemas de cultivo de agave convencionales y silvestres.

Palabras clave: Picudo del agave, hospedero, cultivos, trampeo, feromona.

ABSTRACT

The state of Michoacán is considered the third largest producer of mezcal in Mexico, accounting for 8.57% and 12.84% of the total national planted area and production, respectively. The agave weevil is considered the main pest of the crop and can cause direct damage to the plants, even causing their death. The objective of this research was to analyze the population fluctuation of *S. acupunctatus* in a natural habitat with wild agave and in two agave plantations under a conventional management system. The research was conducted during July-December 2023 in Acuitzio del Canje and Etúcuaro, Michoacán, using traps with attractants. The results showed that the traps are more effective in capturing females and the variations in the number of individuals captured determined the times when these insects are most abundant in the three sites studied. These findings also indicated that pest populations vary significantly between conventional and wild agave cropping systems.

Keywords: Agave weevil, host, crop, trapping, pheromone.

1. INTRODUCCIÓN

El agave conocido también como maguey en México, es una planta que junto con el nopal y el maíz, han sido fundamental para el desarrollo y la evolución cultural del país a lo largo de su historia. Su importancia es tal que actualmente constituye el pilar de las cadenas productivas Agave-Tequila y Agave-Mezcal, lo cual genera empleos e ingresos significativos que la posicionan entre las agroindustrias más rentables del país (Gallardo *et al.*, 2020). Esta planta puede reproducirse tanto de manera sexual (por semilla) como asexual (por hijuelos) y se distribuye en altitudes entre los 1,850 y 3,400 msnm. Los agaves son un recurso forestal no maderable y bajo este criterio se regula su explotación. Se usa para la elaboración de fibras, alimentos, materiales de construcción, combustible, ornamentación, medicamentos, bebidas, además de ser útil en la restauración de suelos (García-Mendoza, 2007; Gallardo *et al.*, 2020). El estado de Michoacán destaca con el tercer lugar en el país en la producción de mezcal. Los productores de agave mezcalero establecen sus plantaciones principalmente en zonas agrícolas, aprovechando su accesibilidad y de topografía favorable así como en claros de zonas boscosas. El proceso incluye la preparación del terreno, establecimiento de la plantación y su mantenimiento hasta la cosecha (Gallardo *et al.*, 2020).

Entre los principales desafíos en el mantenimiento de las plantaciones de agave destaca la presencia de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), comúnmente conocido como “picudo del agave”, el cual es considerado la principal plaga (González *et al.*, 2007; Setliff y Anderson, 2011; Romo y Morrone, 2012; Aquino *et al.*, 2014). Este insecto se alimenta de las fibras blandas de la piña y del cogollo de estas plantas (Cuervo-Parra, 2019). Los daños más severos ocurren durante su estado larval, cuando el insecto barrena el interior de la base de las pencas y la piña. En su estado adulto, realiza perforaciones en las pencas para alimentarse y depositar sus huevos, creando puntos vulnerables que facilitan la entrada de bacterias y hongos fitopatógenos (Terán-Vargas y Azuara-Domínguez, 2013; Molina, 2013). Aunque el uso de insecticidas es una práctica muy común para controlar a *S. acupunctatus*, su efectividad es limitada debido a que tanto las larvas como los adultos se alojan en tejidos profundos del agave, donde los productos químicos difícilmente pueden alcanzarlos (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2004). Por esto, con la finalidad de establecer estrategias de control más efectivas, resulta fundamental comprender el comportamiento de colonización en las plantas hospederas de esta plaga y los periodos en que aparecen con mayor abundancia los adultos. En la localidad de Etúcaro, principal zona productora de mezcal en Michoacán, actualmente se carece de información sobre las fluctuaciones poblacionales de *S. acupunctatus* a lo largo del tiempo. El presente estudio busca generar información sobre estas variaciones mediante un sistema de monitoreo que utiliza trampas con atrayente alimentación y feromonas de

agregación, además de analizar las prácticas de manejo en los cultivos de agave donde se ha detectado la presencia de este insecto.

Objetivo

Analizar la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* mediante un estudio comparativo entre poblaciones de agaves silvestres (en su hábitat natural) y en plantaciones de agaves bajo sistema de manejo convencional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* en agaves que forman parte de la vegetación natural (silvestres) y en plantaciones de agaves bajo manejo convencional

2.1 Descripción del área de estudio

Para este estudio se seleccionaron tres áreas, dos correspondieron a plantaciones con agaves bajo manejo convencional y una a plantación con agaves en condiciones silvestres. Las primeras dos áreas, denominadas como Predio Agroforestal (PAgF = 2.5 Ha) y Predio Agrícola (PAg = 0.7 Ha), se ubicaron en la localidad de Etúcuaro, municipio de Madero, en las coordenadas de localización geográfica respectiva 19°24'10.1"N y -101°12'32.3"O a 1540 msnm y 19°24'30.3"N y -101°12'19.1"O a 1561 msnm; mientras que la última área fue denominada Predio Silvestre (PSv = 1 Ha), el cual se ubicó en el Rancho "El Tocuz", en Rincón de Tamanguio, Acuitzio del Canje. Esta última considerada como Área Voluntaria para la Conservación, tiene como coordenadas de localización geográfica latitud 19°29'11.1"N y 101°21'27.4"O a 2351 msnm (Figura 1).

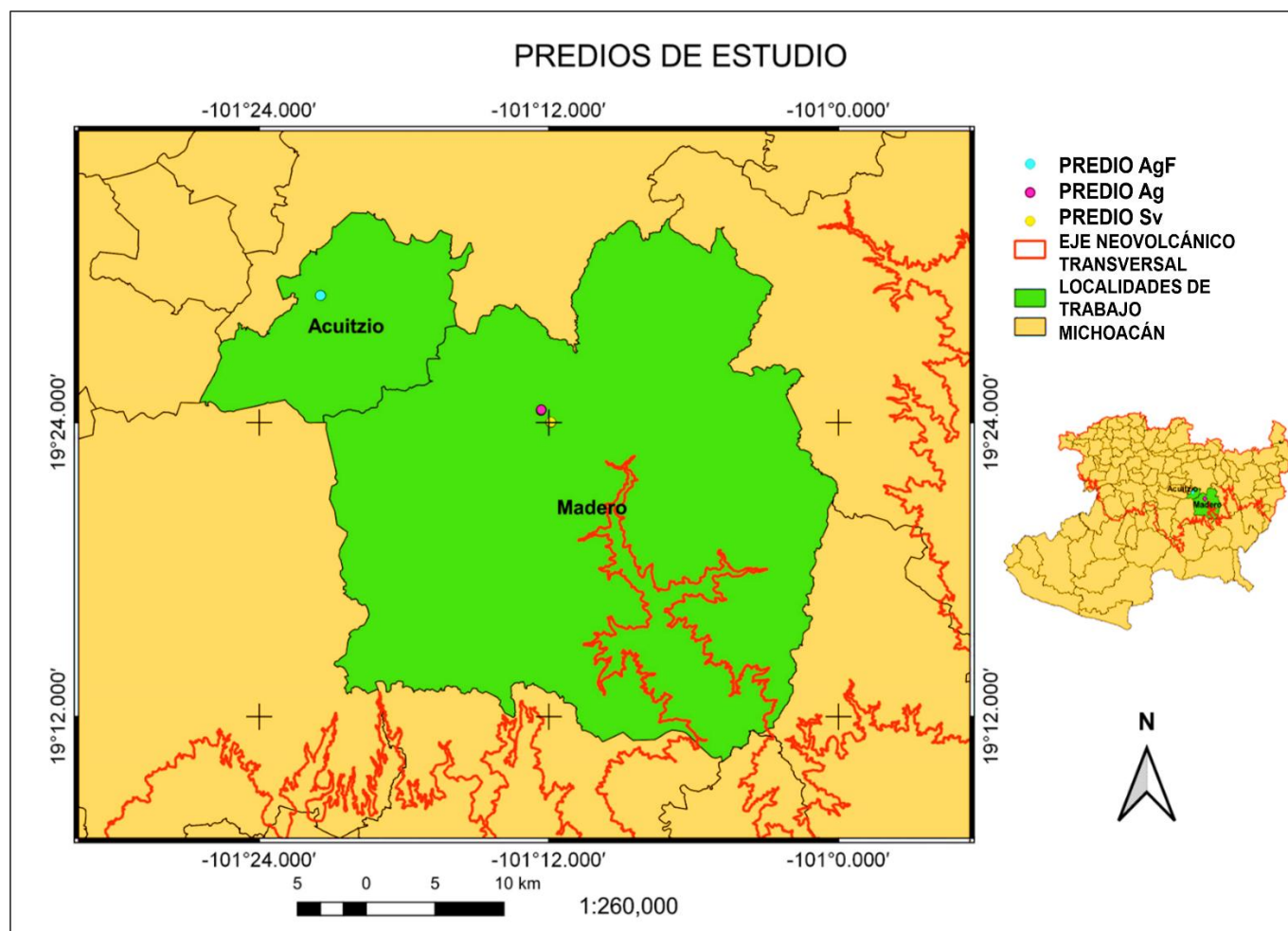


Figura 1. Macro-localización de las áreas de monitoreo.

2.2 Monitoreo de *S. acupunctatus*

Para este objetivo se utilizaron trampas específicas para la captura del picudo del agave. Estas trampas se diseñaron con cubetas de color blanco con capacidad de 10 L con tapadera, las cuáles se les hicieron en la parte superior cuatro recortes rectangulares equidistantes de 5 x 12 cm para facilitar la liberación efectiva de la feromona. Adicionalmente, para prevenir la acumulación de agua pluvial se incorporó un sistema de drenaje que consistió en cuatro perforaciones circulares (~0.5 cm de diámetro) ubicadas a 10 cm de la base. Para mejorar facilitar el acceso del picudo a las trampas, se recubrieron con malla sombra desde la base hasta el nivel inferior de los recortes rectangulares (Figura 2). La instalación de la trampa se efectuó al interior de las tres plantaciones descritas. Para esto fue necesario cavar un agujero en el suelo de aproximadamente 8-10 cm y enterrar a la trampa, esto con el propósito de fijar la trampa al suelo y evitar derramamiento de agua en caso de que algún animal moviera a la trampa.



Figura 2. Diseño de la trampa para la captura del picudo del agave.

Por dentro de la trampa, en el centro de la tapadera, se suspendió con un alambre el liberador de feromona de agregación sintética Agavenol® (2-metil-4-octanona), el cual se utilizó para la atracción de los picudos. Para potencializar la atracción de la trampa, en su interior se colocó también un atrayente alimenticio suspendido en una bolsa red junto a la feromona. Dicho atrayente se preparó con piñas de agaves de la siguiente manera: en un recipiente de 20 L se vaciaron 10 L de agua y 0.5 L de melaza, posteriormente se agregaron los trozos de piña de un tamaño considerable (~ 100 g) y se dejó reposar por quince días con la finalidad de fermentar el material vegetal (Terán-Vargas, 2013) (Figura 3).



Figura 3. Feromona y atrayente alimenticio suspendido de la tapadera de la cubeta.

Al interior de la trampa se le agregó agua jabonosa con formaldehído con la finalidad de retener y conservar los picudos capturados dentro de la trampa. La proporción de jabón líquido y formaldehído fue de 1 ml de jabón líquido/L de agua y de 2 ml de formaldehído/L de agua, respectivamente (Figura 4).



Figura 4. Agua jabonosa con formaldehído en el interior de la trampa.

Finalmente, una vez instalada la trampa se le colocó una piedra sobre ésta para mejorar la fijación (Figura 5). La feromona se renovó a las 12 semanas (tomando en consideración el estudio de Hernández-González *et al.*, 2014).



Figura 5. Colocación y fijación de la trampa sobre el suelo.

2.3 Periodicidad del muestreo y número de trampas por plantación estudiada

El monitoreo de *S. acupunctatus* se realizó cada 15 días durante seis meses, de julio a diciembre de 2023. En la primera plantación de agave se instalaron cinco trampas (PAgF), en la segunda dos trampas (PAg) y en la tercera cinco trampas (PSv). La distribución de las cinco trampas en las plantaciones se realizó en forma de “cinco oros” y el número de trampas a instalar dependió del tamaño del área monitoreada, con un radio de separación entre trampas de 30 m (considerando la del centro). En el caso de la plantación donde solo se instalaron dos trampas, éstas se situaron a una distancia entre ellas de 50 m, esto porque se trató de una plantación con un área más pequeña (~ 0.7 ha) (Figura 9). La revisión y mantenimiento de las trampas se realizó cada 15 días, donde se registró el número de picudos adultos capturados. Todos los individuos capturados en las trampas se trasladaron en recipientes de plástico de 250 ml con alcohol al 70% al laboratorio de Entomología Agrícola (LEA) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), donde se realizó el conteo de adultos y se determinó el sexo de los mismos mediante el uso de un estéreo-microscopio.

2.4 Obtención de las variables climáticas: temperatura y humedad relativa y su correlación con el número de capturas

Las temperaturas (mínima y máxima) y humedad se trabajaron con datos de la base en línea de COPERNICUS

(<https://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/LegacyApplication.html#Browse;Root=520752;Time=>

NORMAL,NORMAL,-1,,,-1

y

<https://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/LegacyApplication.html#Browse;Root=514690;Collection=735733;Time=NORMAL,NORMAL,-1,,,-1>), correspondiendo a la información proporcionada de los pixeles donde se encuentra cada parcela (en coordenadas) y que son capturadas cada hora y de forma diaria por los satélites. Posteriormente, la información que proporcionan los pixeles se guarda en una base de datos en grados centígrados para temperatura y en porcentaje para humedad relativa. Una vez obtenida la base de datos para cada sitio de muestreo (PAgF, PAg y PSv), cada variable climática (temperatura y humedad relativa) con el número de captura de individuos de *S. acupunctatus* se sometieron a un análisis de estadístico de correlación de Pearson con el software MATLAB <https://la.mathworks.com/help/install/ug/install-products-with-internet-connection.html>.

3. RESULTADOS

3.1 Monitoreo y promedio de capturas de *S. acupunctatus*.

Durante el monitoreo con trampas cebadas con Agavenol y fruta fermentada en los predios PAgF (con agaves en condiciones agroforestales), PAg (con agaves en condiciones de cultivo) y PSv (con agaves bajo condiciones silvestres) se capturaron un total de 406, 115 y 14 adultos de *S. acupunctatus*, respectivamente. La proporción de hembras y machos capturados en cada predio fueron 372 vs. 34, 99 vs. 16 y 11 vs. 3, respectivamente (Figura 6, 7 y 8).

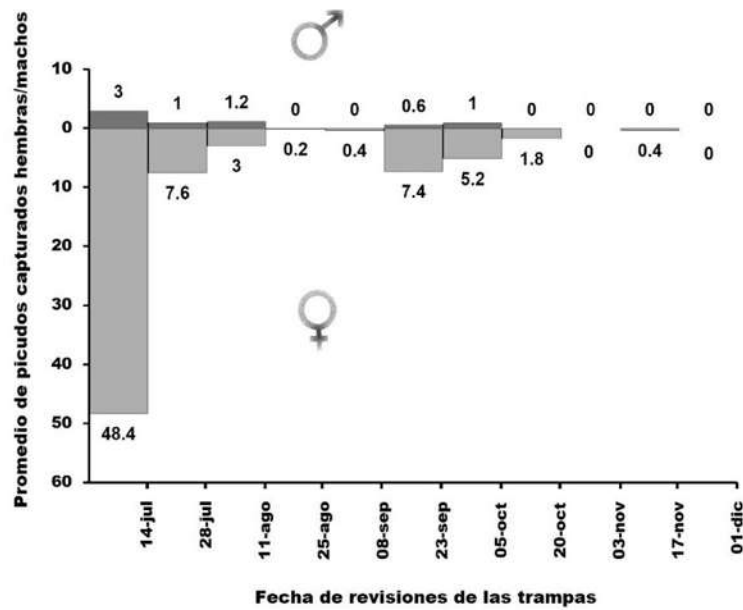


Figura 6. Promedio de capturas de *S. acupunctatus* hembras y machos en el predio Agroforestal (PAgF), en la localidad de Etúcuaro, Madero, Michoacán.

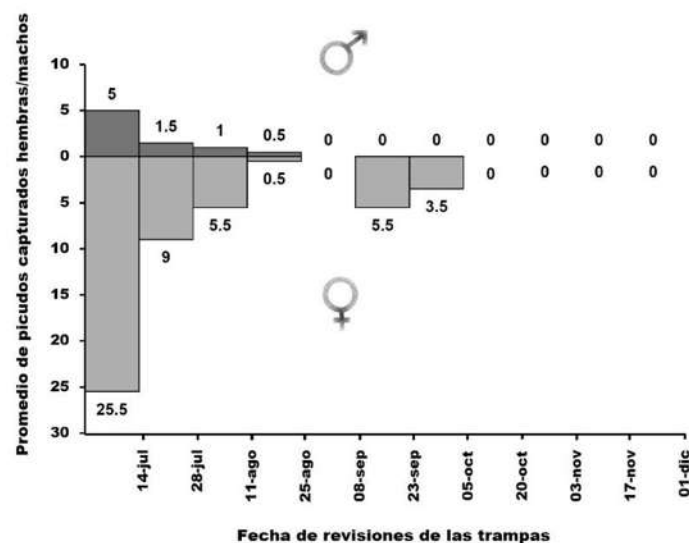


Figura 7. Promedio de capturas de *S. acupunctatus* hembras y machos en el predio Agrícola (PAg), en la localidad de Etúcuaro, Madero, Michoacán.

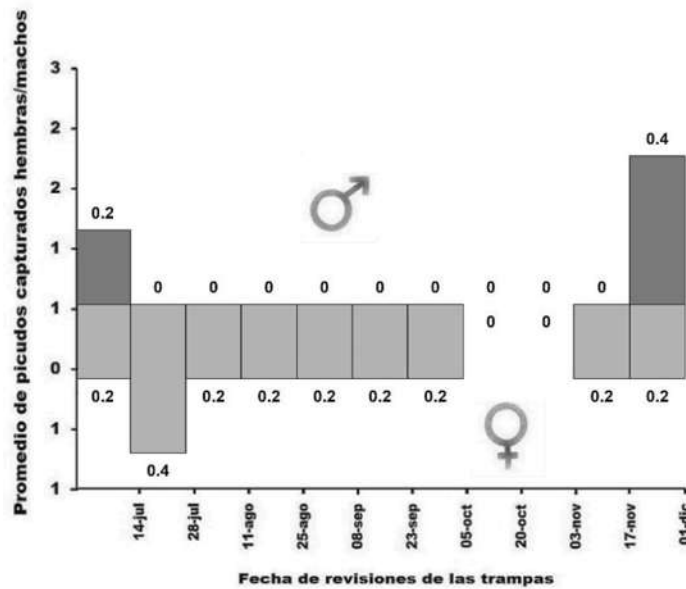


Figura 8. Promedio de capturas de *S. acupunctatus* hembras y machos en el predio Silvestre (PSv), en la localidad de Acuitzio del Canje, Michoacán.

La manera como fluctuaron las poblaciones de *S. acupunctatus* fue más evidente en las dos plantaciones bajo manejo convencional, que en la plantación bajo condiciones silvestres (Figura 9, 10 y 11). Los promedios más altos de individuos capturados en las plantaciones PAgF y PAg se detectaron durante la primera (14 julio: 51.4 y 30.5 individuos/trampa) y sexta recolecta (23 septiembre: 8 y 5.5 individuos/trampa) (Figura 9 y 10). En el caso del PSv los dos promedios más altos correspondieron a la primera (14 julio: 0.4 individuos/trampa) y 11^o recolecta (1 diciembre: 0.8 individuos/trampa), aunque los promedios estuvieron por debajo de un individuo por trampa (Figura 11).

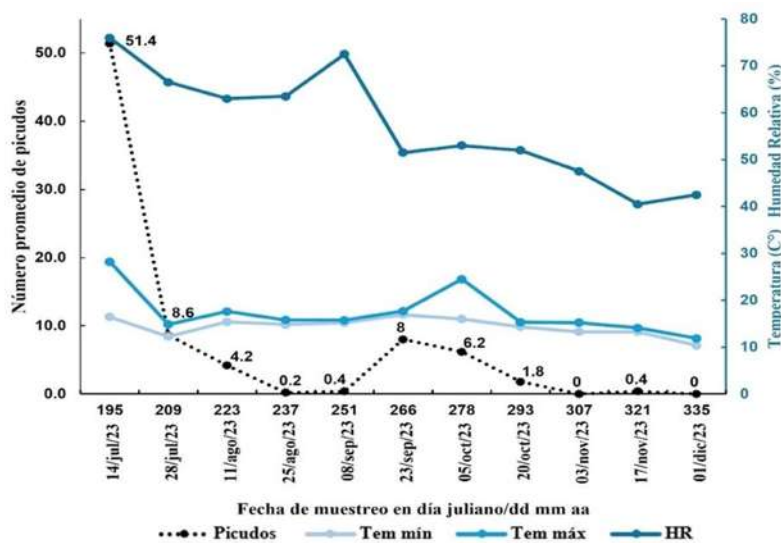


Figura 9. Promedio de adultos capturados de *S. acupunctatus* en el Predio Agroforestal (PAgF), Etúcuaro, Madero, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa.

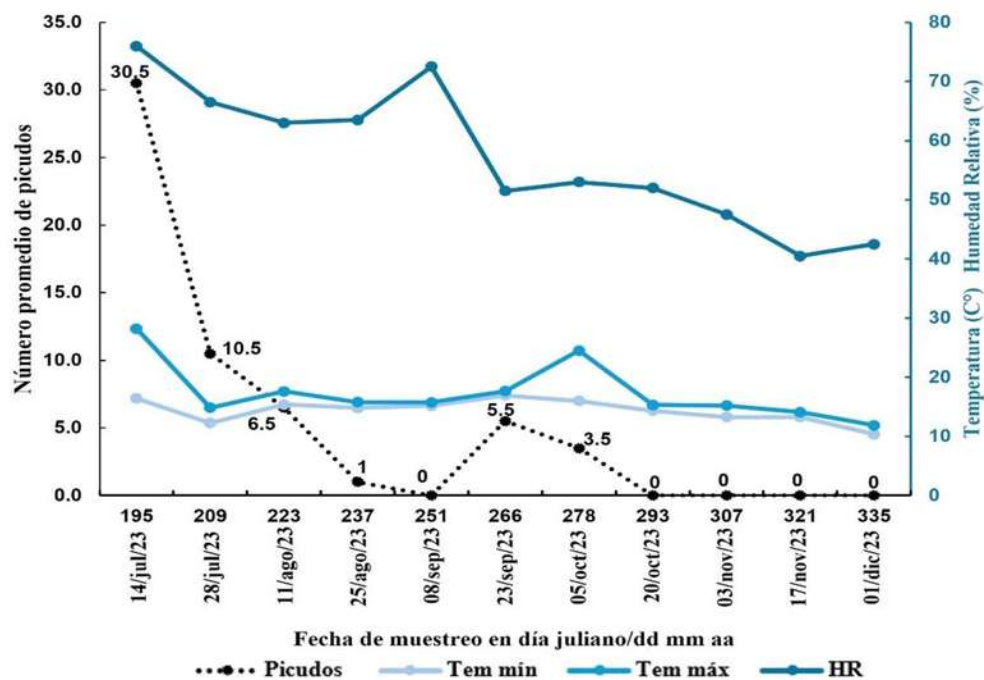


Figura 10. Promedio de adultos capturados de *S. acupunctatus* en el Predio Agrícola (PAg), Etúcuaro, Madero, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa.

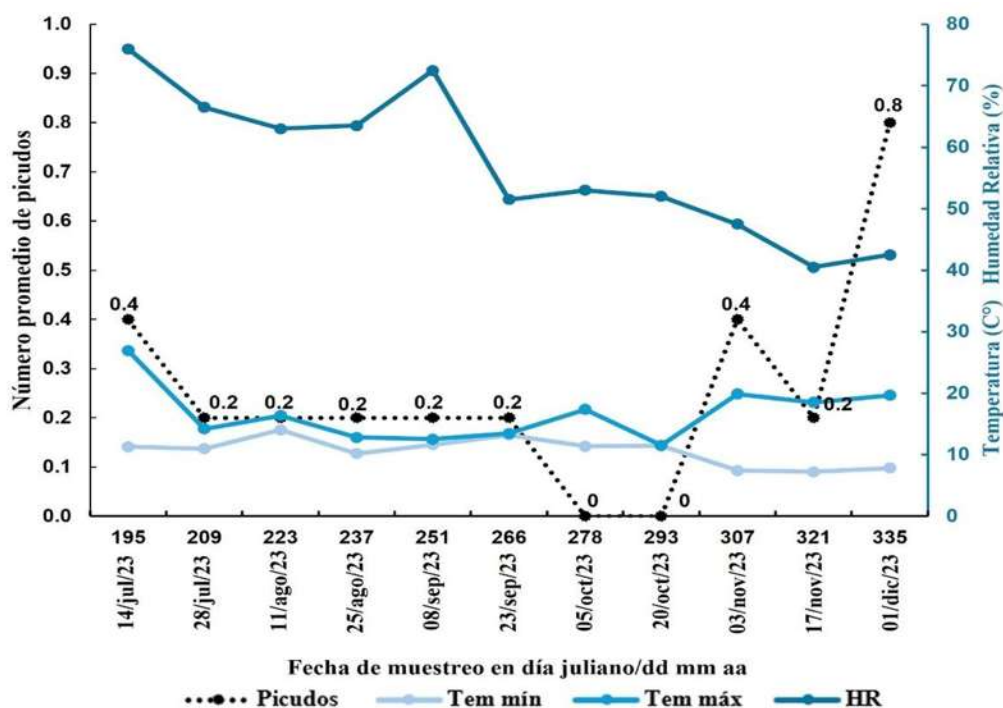


Figura 11. Promedio de adultos capturados de *S. acupunctatus* en el Predio Silvestre (PSv), Acuitzio del Canje, Michoacán; julio - diciembre de 2023. Tem min=Temperatura mínima, Tem más=Temperatura máxima, y HR=Humedad Relativa.

3.2 Relación de la temperatura y humedad relativa con la captura de *S. acupunctatus*.

La variable del número de individuos capturados de *S. acupunctatus* en los tres predios estudiados no se correlacionó con las variables climáticas de temperatura y humedad relativa ($P > 0.05$).

4. DISCUSIÓN

Esta sección proporciona una visión amplia del contenido de la tesis, con un énfasis en la importancia de los hallazgos y su posible integración en el manejo de *S. acupunctatus* en el cultivo de agave. El estudio establece la relevancia de conocer un mapa de distribución potencial y el monitoreo con trampas para conocer la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus*, un insecto plaga que representa una amenaza significativa para las plantaciones de agave en Michoacán (Del Río-Mora, 2015).

En este estudio se aborda un marco teórico sobre las implicaciones económicas de este insecto en la producción de mezcal, una bebida con gran valor comercial y cultural en la región. Se contextualiza el problema, justificando la necesidad de investigación sobre la distribución y manejo de esta plaga, así como la importancia de su modelación ecológica. En relación al diseño de un mapa de distribución (Capítulo II), se logró establecer un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* utilizando modelos predictivos como BIOCLIM, GARP y Maxent. Estos modelos permiten identificar áreas con condiciones climáticas adecuadas para la proliferación del insecto (Peterson et al., 2001), destacando que, a pesar de la falta de registros en algunos municipios productores de agaves, los modelos predicen su presencia. Esta información es fundamental para diseñar estrategias de control y monitoreo en regiones potencialmente afectadas, subrayando la importancia de la modelación ecológica en la gestión de plagas. Además, en el presente estudio se determinó la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* entre agaves silvestres (PSv) y aquellos cultivados bajo manejo convencional (PAgF y PAg, Capítulo III). Es claro que dicha fluctuación, así como cómo el tipo de manejo agrícola, impacta en la reproducción del insecto. La importancia de comprender la dinámica poblacional en diferentes contextos agroecológicos, puede guiar el desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y efectivas para mitigar el impacto de la plaga en este importante cultivo.

En conjunto, la tesis presenta un enfoque integral sobre la problemática de *S. acupunctatus*, combinando la modelación ecológica y el análisis de la fluctuación poblacional. A medida que se profundiza en la comprensión de la interacción entre el insecto plaga y los agaves se plantea un llamado a la acción para desarrollar prácticas de manejo que sean adaptativas y proactivas, garantizando la producción sostenible de mezcal en Michoacán.

5. LITERATURA CITADA

- Aquino, T., M. Iparraguirre y J. Ruiz. (2007). *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 7(1): 175-180.
- Aquino-Bolaños, T., E. Pozo-Velázquez, U. Álvarez-Hernández y J.R. Delgado-Gamboa (2014). Plantas hospedantes del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) en Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist*, 39: 163-169.
- Bailón-Ortiz, A. Z, S. Segura-Ledezma y P. Figuero-Castro. (2018). Dinámica Poblacional de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en *Agave angustifolia* Haw en el Sur de Oaxaca. *Entomología Agrícola* 2448-475X.
- Cuervo-Parra J., V. Pérez-España, P. López-Pérez, M. Morales-Ovando, O. Arce-Cervantes, J. Aparicio-Burgos y T. Romero-Cortes. (2019). *Scyphophorus acupunctatus*: a weevil threatening the production of agave. *Florida Entomologist*. 102 (1).
- Figueroa-Castro, P., J. Solís-Aguilar, H. González-Hernández, R. Rubio-Cortés, E. Herrera-Navarro, L. Castillo-Márquez y J. Rojas. (2013). Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue agave. *Florida Entomol.* 96: 1454-1462.
- Gallardo, J. (2020). La producción del Mezcal en el Estado de Michoacán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Gobierno del Estado de Michoacán. 2 (1).
- García-Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*. 87: 14-23.
- González-Hernández, H., J. del Real-Laborte y J. Solís-Aguilar. (2007). Manejo de plagas del agave tequilero. Tesis de doctorado. Texcoco. Sauza y Colegio de Postgraduados.
- Guerrero, A. y G. V. P. Reddy. (2001). Optimum timing of insecticide applications against diamondback moth *Plutella xylostella* in cole crops using threshold catches in sex pheromone traps. *Pest Management Science*. 57: 90-94.
- Hernández-González M., M.A. Fonseca-Ortega, A. Santiesteban-Hernández, J.J. Escobar-Aguayo y J.C. Rojas (2014). Evaluación de dos cebos feromonales comerciales para el monitoreo del picudo del agave. *Entomología Mexicana*. 1: 798-802.
- Mandujano, S. (2024). Índice de abundancia relativa y tasa de encuentro con trampas cámara: conceptos, limitantes y alternativas. *Mammalogy Notes*. 10 (1): 1-29.
- Molina, D. (2013). Contribución al conocimiento de la distribución actual de la especie invasora *Scypho-phorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthorinae) en la Península Ibérica. *Revista Galitana de Entomología* 4 (1): 11-16.

- Rodríguez, W. D. y Navarrete-Heredia, J. L. (2017). "Temporal Abundance of Agave Weevil, *Scyphophorus acupunctatus*, and Two Species of *Hololepta* in *Agave inaequidens*", *Southwestern Entomologist*. 42(4): 1095-1098.
- Setliff G. y J. Anderson. (2011). First record of the agave snout weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthorinae), in Puerto Rico. *Insecta Mundi*. 152: 1-3.
- Pedraza-Méndez, A. A., H. Vargas-Madríz, J. A. Rangel-Lucio, E. Pérez -Arriaga y A. Azuara-Domínguez. (2024). "Abundancia temporal e implicación de la temperatura y la precipitación en la aparición del escarabajo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal sobre el agave tequilero", *Southwestern Entomologist*. 49(1): 61-70.
- Prasad, Y. G. y M. Prabhakar. (2012). Pest monitoring and forecasting. *CABI*. 41-57.
- Romo, A. y J. Morrone. (2012). Especies mexicanas de Curculionidae (Nsecta: Coleoptera) asociadas con los agaves (Asparagaceae: Agavoideae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 1025-1035.
- Terán-Vargas, A. P. (2013). Control químico del picudo de la soya. INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, Tamaulipas, México. Ficha Tecnológica Generada.
- Terán-Vargas, A. P. y A. Azura-Domínguez. (2013). El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (*Agave tequilana* F. A. A. Weber) variedad azul. INIFAP. 28 p.
- Valdés-Rodríguez, S., J.L. Ramírez-Choza, J. Reyes-López y A. Blanco. (2004). Respuestas del insecto Max *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 20 (3): 157-166.
- Wall, C., D. G. Garthwaite, J. A. Blood Smyth y A. Sherwood. (1987). The efficacy of sex-attractant monitoring for the pea moth, *Cydia nigricana*, in England, 1980-1985. *Annals of Applied Biology*. 110: 223-229.

DISCUSIÓN GENERAL

Esta sección proporciona una visión amplia del contenido de la tesis, con un énfasis en la importancia de los hallazgos y su posible integración en el manejo de *S. acupunctatus* en el cultivo de agave. El estudio establece la relevancia de conocer un mapa de distribución potencial y el monitoreo con trampas para conocer la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus*, un insecto plaga que representa una amenaza significativa para las plantaciones de agave en Michoacán (Del Río-Mora, 2015).

En este estudio se aborda un marco teórico sobre las implicaciones económicas de este insecto en la producción de mezcal, una bebida con gran valor comercial y cultural en la región. Se contextualiza el problema, justificando la necesidad de investigación sobre la distribución y manejo de esta plaga, así como la importancia de su modelación ecológica. En relación al diseño de un mapa de distribución potencial (Capítulo II), se logró establecer un mapa de distribución potencial de *S. acupunctatus* utilizando modelos predictivos como BIOCLIM, GARP y Maxent. Estos modelos permiten identificar áreas con condiciones climáticas adecuadas para la proliferación del insecto (Peterson *et al.*, 2001), destacando que, a pesar de la falta de registros en algunos municipios productores de agaves, los modelos predicen su presencia. Esta información es fundamental para diseñar estrategias de control y monitoreo en regiones potencialmente afectadas, subrayando la importancia de la modelación ecológica en la gestión de plagas. Además, en el presente estudio se determinó la fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* entre agaves silvestres (PSv) y aquellos cultivados bajo manejo convencional (PAgF y PAg, Capítulo III). Es claro que dicha fluctuación, así como cómo el tipo de manejo agrícola, impacta en la reproducción del insecto. La importancia de comprender la dinámica poblacional en diferentes contextos agroecológicos, puede guiar el desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y efectivas para mitigar el impacto de la plaga en este importante cultivo.

En conjunto, la tesis presenta un enfoque integral sobre la problemática de *S. acupunctatus*, combinando la modelación ecológica y el análisis de la fluctuación poblacional. A medida que se profundiza en la comprensión de la interacción entre el insecto plaga y los agaves se plantea un llamado a la acción para desarrollar prácticas de manejo que sean adaptativas y proactivas, garantizando la producción sostenible de mezcal en Michoacán.

CONCLUSIONES GENERALES

Este estudio no solo amplía el conocimiento sobre la distribución de *S. acupunctatus*, sino que también resalta la importancia de la modelación ecológica en la conservación y control de especies plaga, además proporciona una base sólida para futuras investigaciones y estrategias de manejo de la plaga.

Se observó que la dinámica poblacional de *S. acupunctatus* varía significativamente entre sistemas de cultivo convencional y silvestre de agave en Michoacán, con mayores capturas en plantaciones manejadas convencionalmente durante la temporada de lluvias.

Las trampas con feromonas y atrayentes alimenticios mostraron una notable selectividad hacia las hembras, lo que sugiere su potencial efectividad como herramienta de control.

Tarímbaro, Michoacán, a 07 de abril de 2025.

ASUNTO: Carta de Revisión Anti plagio

DR. JUAN PABLO FLORES PADILLA
Coordinador de la Maestría en Producción Agropecuaria
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
PRESENTE.

Por este conducto, le informo que una vez concluido el trabajo para la obtención de grado de la estudiante C. ERIKA MARLENE MATA LÓPEZ del Programa de Maestría en Producción Agropecuaria y Forestales en la opción terminal Forestal, se ha sometido en el software iThenticate el día 07 del mes de abril año 2025, obteniendo los siguientes resultados: 17% similitud general, por lo que apoyado en este instrumento, doy fe de que el trabajo intitulado "Distribución potencial de *Scyphophorus acupunctatus* en el Eje Neovolcánico Transversal y su fluctuación poblacional en agaves bajo distintas condiciones en Acuitzio y Madero, Michoacán" es un documento original de la estudiante. Anexo el resultado impreso del proceso de revisión originario del software mencionado.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración o duda al respecto y le envío un saludo respetuoso.

ATENTAMENTE



JOSÉ ISAAC FIGUEROA DE LA ROSA

DIRECTOR DE TESIS

Erika Marlene Mata López

Distribución potencial de *Scyphophorus acupunctatus* en el Eje Neovolcánico Transversal y su fluctuac

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:446737321

Fecha de entrega

7 abr 2025, 12:04 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

7 abr 2025, 12:11 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

Distribución potencial de *Scyphophorus acupunctatus* en el Eje Neovolcánico Transversal y su flu...pdf

Tamaño de archivo

3.2 MB

67 Páginas

11,674 Palabras

62,768 Caracteres

17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

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	Maestría en Producción Agropecuaria	
Título del trabajo	Distribución potencial de <i>Scyphophorus acupunctatus</i> en el Eje Neovolcánico Transversal y su fluctuación poblacional en agaves bajo distintas condiciones en Acuitzio y Madero, Michoacán	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Erika Marlene Mata López	0453093j@umich.mx
Director	José Isaac Figueroa de la Rosa	jose.figueroa@umich.mx
Codirector	Selene Ramos Ortiz	selene.ramos@umich.mx
Coordinador del programa	Dr. Juan Pablo Flores Padilla	mae.prod.agropecuaria.forestal@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	Erika Marlene Mata López
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán, a 03 de abril de 2025