



INCIDENCIA, FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE *Scyphophorus acupunctatus* EN MAGUEY PULQUERO EN EL NORESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

INCIDENCE, POPULATION FLUCTUATION AND SEVERITY PERCENTAGE OF *Scyphophorus acupunctatus* IN MAGUEY PULQUERO IN NORTHEASTERN STATE OF MEXICO

Esly Arista-Carmona¹, Héctor González-Hernández^{1*},
José L. Rodríguez-De la O² y Juan Cibrián-Tovar¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa de Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (hgzzhdz@colpos.mx)

RESUMEN

El picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, es la plaga más severa e importante en las especies comerciales del género *Agave*. El objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia (IN), fluctuación poblacional (FP) y porcentaje de severidad (SV) de *S. acupunctatus* en tres plantaciones comerciales con diferentes variedades de maguey pulquero, *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, en el noreste del Estado de México, México. La IN se calculó mediante un muestreo aleatorio simple por cuadrantes, FP se obtuvo a partir de un conteo y sexado quincenal de *S. acupunctatus* y se utilizó una regresión lineal para determinar la posible relación entre la humedad relativa (HR) y la temperatura (T) con FP de *S. acupunctatus*. El porcentaje de SV se midió con una escala diagramática de severidad y se evaluó con la prueba Kruskal Wallis y corrección de Bonferroni. La severidad por variedad se estimó usando los datos obtenidos del SV observado, más la adición de evaluación del agroecosistema, la cual se obtuvo del cálculo del índice de parcela agroecológica (IPA) y caracterización fitoquímica por variedad (CR). La IN de *S. acupunctatus* varió de 2 a 49 % en plantas; las tres plantaciones mostraron una proporción hembra:macho con tendencia a 1:1, y aunque hubo incremento de *S. acupunctatus* en los meses de mayo-junio y octubre-noviembre, no hubo influencia significativa de la HR y T sobre la FP de *S. acupunctatus*. El grado de SV estuvo relacionado con el variedad ($P = 2.6 \text{ E-}12$). La variedad Verde tuvo mayor SV en comparación con Manso ($P = 1.5 \text{ E-}7$) y Carrizo ($P = 8.4 \text{ E-}11$). La CR % proteína y % grasa mostraron correlación significativa ($P \leq 0.01$) con SV. Es posible encontrar a los adultos de *S. acupunctatus* durante todo el año en las plantaciones de maguey pulquero evaluadas con una incidencia de plantas infestadas hasta del 50 %. Las variedades de maguey pulquero se comportan diferente, siendo Verde la variedad con mayor SV.

Palabras clave: Agaves pulqueros, variedades de agave, dinámica poblacional, incidencia, picudo del agave, severidad.

SUMMARY

The agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal is the most severe and important pest in commercial species of the genus *Agave*. The objective of this study was to evaluate the incidence (IN), population fluctuation (PF) and severity percentage (SV) of *S. acupunctatus* in three commercial plantations with different varieties of maguey pulquero, *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, in Northeast State of Mexico, Mexico. The IN was calculated by simple random sampling by quadrants; PF was obtained through a biweekly count and sexation of *S. acupunctatus* and a linear regression was used to determine the possible relation between relative humidity (RH)

and temperature (T) with PF of *S. acupunctatus*. The percentage of SV was measured with a diagrammatic scale of severity and evaluated with the Kruskal Wallis test and Bonferroni correction. The severity per variety was estimated using the data obtained from observed severity plus the addition of agroecosystem assessment, which was obtained from the calculation of the agroecological plot index (IPA) and phytochemical characterization by variety (CR). The IN of *S. acupunctatus* ranged from 2 to 49 % in plants; the three plantations showed a female to male ratio with a tendency to 1:1, and although there was an increase of *S. acupunctatus* in the months of May-June and October-November, there was no significant influence of RH and T on PF of *S. acupunctatus*. The degree of SV was related to the varieties ($P = 2.6 \text{ E-}12$). Variety Verde had higher SV compared to Manso ($P = 1.5 \text{ E-}7$) and Carrizo ($P = 8.4 \text{ E-}11$). CR % protein and % fat showed significant correlation ($P < 0.01$) with SV. Adults of *S. acupunctatus* can be found throughout the year in the maguey pulquero plantations evaluated, with an incidence of infested plants up to 50 %. Varieties of maguey pulquero behaved differently, being Verde the one with the highest SV.

Index words: Agave weevil, agave varieties, incidence, population dynamics, pulquero agave, severity.

INTRODUCCIÓN

Los agaves, comúnmente llamados magueyes pulqueros, son usados para la producción de aguamiel y pulque. Las principales especies usadas son *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck, *A. mapisaga* Trel., *A. atrovirens* Karw. Ex Salm-Dyck y *A. americana* L. En 2021 existían a nivel nacional 9,108 ha de agaves pulqueros en México, con una producción de 189,000 t. En ese mismo año, el estado de Hidalgo tuvo una producción de 110,400 t (58.4 % de la producción nacional), mientras que el Estado de México sólo produjo 18,500 t (9.8 %), con una superficie sembrada muy similar a la de Hidalgo (SIAP, 2022), lo que probablemente se debió al inadecuado manejo fitosanitario de las plantaciones, donde el principal problema es el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae) (Ríos, Com. Pers.)¹.

¹Ríos Luna, Arturo. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México, Comunicación Personal.

El picudo del agave, *S. acupunctatus*, es una especie cosmopolita (CABI, 2022), es la plaga más importante en varias especies del género *Agave*, que incluye al grupo de agaves para la producción de bebidas como el tequila, mezcal y pulque, además de agaves ornamentales y de distribución silvestre (Figuroa-Castro *et al.*, 2013; Romo y Morrone, 2012; Setliff y Anderson, 2011; Waring y Smith, 1986). Los daños directos son causados por la larva, de hábitos crípticos, al barrenar internamente la base de hojas y las piñas, mientras que las perforaciones que realizan los adultos al ovipositar o alimentarse pueden ser puntos de entrada de bacterias y hongos fitopatógenos (Solis-Aguilar *et al.*, 2001); se han aislado bacterias como *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas* sp. y los hongos *Aspergillus niger*, *Kluyveromyces marxianus* y *Pichia amethionina* del exoesqueleto de los adultos de este picudo (Molina, 2013; Terán y Azuara, 2013).

El monitoreo de *S. acupunctatus* en plantaciones de agave tequilero y mezcalero es a través de un sistema de trapeo con una feromona de agregación sintética y un atrayente alimenticio (tejido de agave), al cual se le agrega insecticida para retener a los individuos en las trampas (Figuroa-Castro *et al.*, 2017; Piñero y Ruiz-Montiel, 2019).

En México, son pocos los estudios sobre la incidencia y grados de severidad que *S. acupunctatus* causa a los agaves pulqueros, el poco conocimiento sobre este picudo puede estar relacionado con problemas de mal manejo de la plaga y altos índices de severidad en las plantaciones de agave pulquero del Estado de México; por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivos determinar la incidencia y fluctuación poblacional de *S. acupunctatus* a través de un sistema de monitoreo con trampas, así como conocer el grado de severidad que causa el picudo en tres variedades de maguey pulquero *A. salmiana* en el noreste del Estado de México, considerando el sistema agrícola índice de parcela agroecológica (IPA,) por plantación y la caracterización fitoquímica por variedad (CR).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético y sitios experimentales

La presente investigación se desarrolló en tres plantaciones de maguey pulquero *A. salmiana* ubicadas en el noreste del Estado de México, durante los meses de enero a noviembre de 2021. Las plantaciones de maguey pulquero se seleccionaron con el apoyo de los técnicos de la Campaña de Manejo Fitosanitario del Agave, perteneciente al Comité de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM). En cada parcela estaban presentes las tres variedades de *A. salmiana*: Manso, Verde y Carrizo. Las plantaciones seleccionadas estuvieron ubicadas en el

Rancho Ahuatepec, en una parcela útil de 2 ha, localizada en el municipio de Otumba (19° 40' 12.3" N; 98° 43' 34" W, 2468 msnm); Hacienda Nerea, con una superficie de 3 ha en el municipio de Axapusco (19° 43' 251.6" N; 98° 41' 15.2" W, 2495 msnm) y en el Ejido Tepetitlán en el municipio de Teotihuacán (19° 39' 21.8" N; 98° 48' 59.8" W, 2324 msnm) en una superficie de 1 ha. El clima de las tres localidades corresponde al tipo Cw₀, que se caracteriza por ser templado subhúmedo, y corresponde al más seco de este grupo (INEGI, 2010).

Muestreo y levantamiento de información

En cada plantación se midió la incidencia del picudo del agave mediante un muestreo aleatorio simple (MAS) por cuadrantes, con base en la siguiente fórmula (Vivanco, 2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 Npq}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 pq} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde n = tamaño de muestra, N = número total de plantas por variedad, $Z_{\alpha/2}$ = valor de tablas para confiabilidad deseada, e = error máximo permisible y pq = valor de la varianza.

En este muestreo se contabilizaron 252 plantas en Hacienda Nerea, 171 en Rancho Ahuatepec y 117 en Ejido Tepetitlán. Cada cuadrante estuvo conformado por 16 plantas de maguey pulquero, en las cuales se registró la presencia/ausencia de picudo del agave.

La fluctuación poblacional de adultos del picudo del agave se registró de enero a noviembre de 2021 mediante el monitoreo con trampas con feromona de agregación sintética más cebo alimenticio (trozos de tejido de agave) (TAA). En cada parcela se colocó un sensor climático (Hobo Onset®, Bourne, Massachusetts, EUA) para el registro de humedad relativa (HR) y temperatura (T) con intervalos de 30 min. En total se establecieron siete TAA tipo "TOCCI" (trampas con orificios circulares y cono interno), propuestas por Figuroa-Castro *et al.* (2013). A cada trampa se le agregó, como fuentes de atracción, la feromona de agregación sintética (2-metil-4-octanona) (P440-Lure®), más 300 g de tejido de penca de maguey pulquero como atrayente alimenticio, cortado en pequeños trozos en una bolsa de polí papel con varias perforaciones (capacidad de 2 kg). Para retener a *S. acupunctatus* se usó el insecticida orgánico Senvicid® (2 %) (extracto de ajo, chile y anémoma). Las trampas se revisaron quincenalmente para registrar y recolectar los adultos del picudo capturados y hacer el cambio de Senvicid. La feromona de agregación se reemplazó cada dos meses y el tejido de agave cada mes. Los adultos capturados se llevaron a laboratorio

para sexado, con el uso de un microscopio de disección (American Optical®, Modelo 570, Vernon Hills, Illinois, EUA).

En cada plantación se midió el porcentaje de severidad (SV) en octubre de 2021, considerando 27 plantas de cada variedad (Manso, Verde y Carrizo), éste se calculó con una escala diagramática de severidad (Figura 1).

La severidad por variedad se estimó usando los datos obtenidos del porcentaje de severidad observado, más la adición de evaluación del agroecosistema, el cual se obtuvo del cálculo del índice de parcela agroecológica (IPA) y caracterización fitoquímica por variedad (CR). En la evaluación del sistema agrícola, el IPA se obtuvo a partir de la metodología propuesta por Sarandón y Flores (2009) y Palestina-González *et al.* (2021), con algunas modificaciones, considerando algunos componentes, indicadores y variables base (Figura 2).

El IPA se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$IPA_{Pi} = \frac{0.15(\sum S_{Pi}) + 0.35(\sum E_{Pi}) + 0.40(\sum A_{Pi}) + 0.10(\sum C_{Pi})}{100} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde *Pi* es parcela evaluada, el componente social es *S*, el económico es *E*, el agrícola es *A* y el ecológico es *C*.

Para la caracterización fitoquímica de cada uno de las tres variedades se tomó una muestra compuesta de 600 g de tejido, de tal forma que en cada uno de los tres predios (Rancho Ahuatepec, Hacienda Nerea y Ejido Tepetitlán) se seleccionó una planta de cada variedad, de la que se obtuvieron 200 g de tejido de la base de hojas secundarias, y se enviaron al laboratorio Quibimex (Alfonso Toro 1207 Col. Sector Popular, Delegación Iztapalapa 09060, Ciudad de México) para analizar las variables % de carbohidratos calculado por diferencias con base en la NMX-F-807-NORMEX-2014; el de kcal/100 g de acuerdo con la NOM-051-SCFVSSA1-2010; el % de fibra cruda de acuerdo

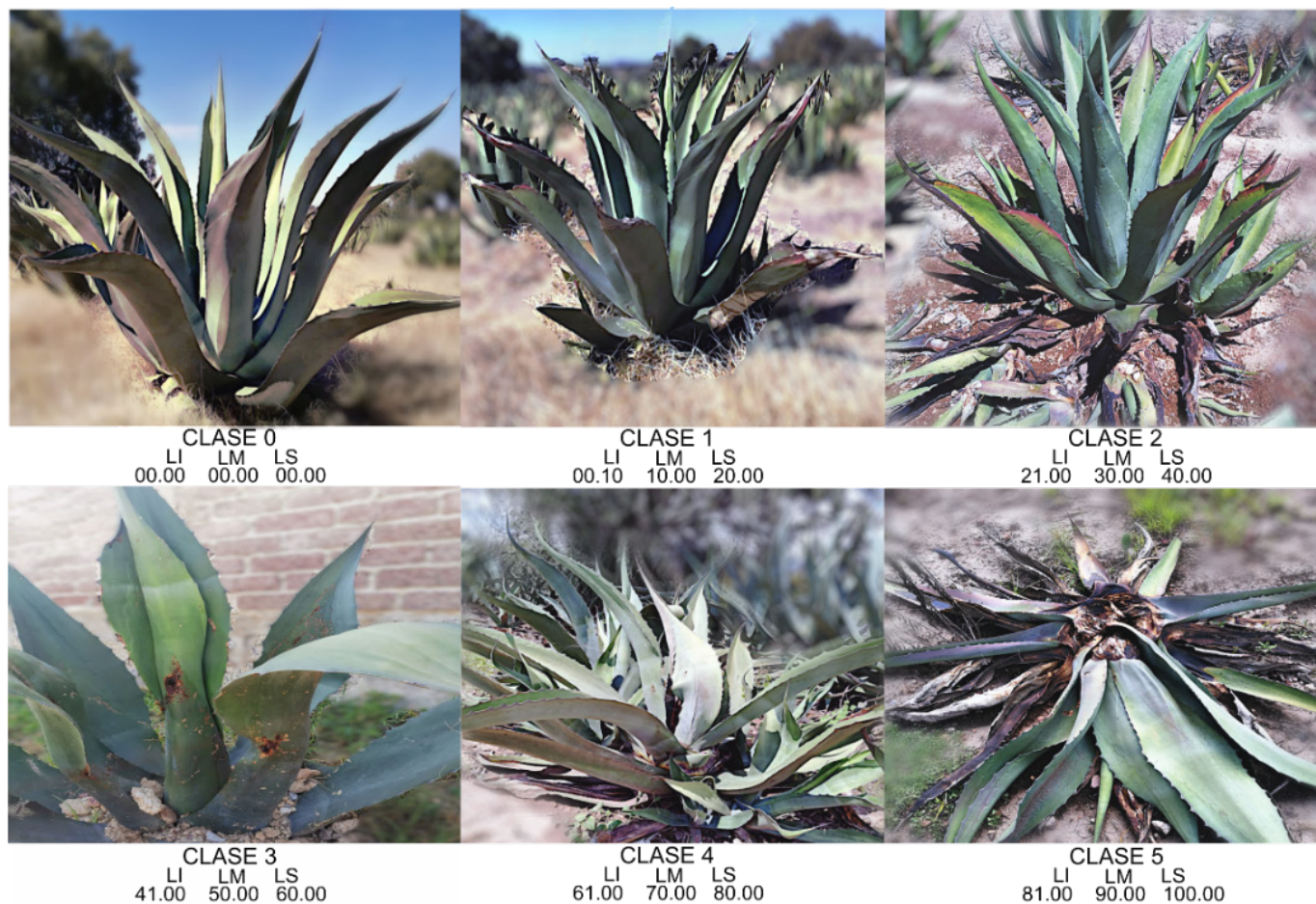


Figura 1. Escala diagramática del porcentaje de severidad en *A. salmiana* propuesta por el Consejo Regulador de Tequila, con modificaciones. LI es el límite inferior, LM es el límite medio y LS corresponde al límite superior.

COMPONENTE SOCIAL	COMPONENTE ECONÓMICO	COMPONENTE AGRÍCOLA	COMPONENTE ECOLÓGICO
Vinculación productor 1. Intercambio de información entre productores 2. Pertenece a alguna Asociación 3. Participación dentro de la Asociación	Producción 1. Productos aprovechados 2. Permanencia de productos en el año	Labores agrícolas 1. Labores agrícolas realizados 2. Labores agrícolas adicionales	Especies vegetales 1. Diversidad de biotipos de maguey 2. Diversidad de especies vegetales 3. Usos de especies vegetales
Vinculación municipal 1. Intercambio de información entre autoridades municipales 2. Apoyos municipales	Mantenimiento parcela 1. No. Jornaleros 2. Periodicidad de jornaleros 3. Labores agrícolas que se realizan 4. Delimitación de la finca	Manejo plantas 1. Planificación siembra 2. Fertilización 3. Riego de auxilio	Especies insectiles 1. Presencia de insectos benéficos 2. Diversidad de insectos
Vinculación estatal 1. Apoyo técnico 2. Seguimiento del trampeo 3. Seguimiento de recomendaciones 4. Certificación de plantación 5. Apoyos estatales		Manejo plagas y enfermedades 1. Acciones preventivas 2. Acciones de control 3. Capacitación	Otras especies 1. Diversas especies con algún uso definido
			Manejo de residuos 1. Eliminación apropiada de residuos de agroquímicos 2. Eliminación apropiada de residuos vegetales 3. Eliminación de residuos inorgánicos

Figura 2. Componentes, indicadores y variables evaluadas para obtención de IPA.

con la NMX-F-613-NORMEX-2017; el % de proteína de acuerdo con la NMX-F-608-NORMEX-2011 y el % de grasa de acuerdo con la NMX-F-615-NORMEX-2018.

Análisis de resultados

A partir del registro de los picudos adultos capturados en trampas, así como de la humedad relativa media (HRM) y la temperatura media (TM), se generó una gráfica de distribución para seguimiento de fluctuación poblacional; además, se realizó un análisis de regresión lineal para determinar la influencia de HRM y TM sobre la fluctuación poblacional del picudo del agave.

La significancia del porcentaje de severidad por variedad se analizó bajo un diseño completamente al azar con una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, y para determinar diferencias entre variedades se usó la comparación de medias de Bonferroni ($P \leq 0.01$). Para correlacionar el porcentaje de severidad, de acuerdo con el IPA y el CR, se aplicó la prueba de Kendall. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico R v 4.1.0 (R Core Team, 2021).

RESULTADOS

El mayor número de plantas con picudo del agave se encontró en el Ejido Tepetitlán (48.7 %), seguido del Rancho Ahuatepec (30.5 %) y la Hacienda Nerea (2.4 %) (Figura 3A); de igual manera, hubo un mayor número acumulado de adultos del picudo del agave en el Ejido Tepetitlán ($n = 426$), comparado con el registro de adultos en la Hacienda Nerea ($n = 22.7$) (Figura 3B).

En el Ejido Tepetitlán se detectaron tres picos

poblacionales, el primero fue registrado a finales de febrero, el segundo entre mayo y junio y el tercero entre octubre y noviembre. La menor densidad poblacional del picudo se presentó de mediados de julio a finales de septiembre, período donde hubo una mayor HRM (Figura 4A). En relación con la proporción sexual de *S. acupunctatus*, en este predio se observó que el número promedio de hembras fue de 19.2 y de machos 21.3, con una proporción promedio de H:M de 1.0:1.1 (Figura 4B).

En el Rancho Ahuatepec se registraron tres picos poblacionales, el primero se registró a finales de abril, el segundo a mediados de junio y el tercero, el mayor de los tres, a principios de noviembre. Aquí también el período de menor densidad poblacional se presentó entre julio y septiembre, época de mayor HRM (Figura 5A). En este predio, el número promedio de hembras durante el estudio fue de 13.7 y el de machos 16.1, con una proporción sexual media H:M de 1.0:1.2 (Figura 5B).

En la Hacienda Nerea se detectaron tres picos de densidad poblacional del picudo del agave, el primero de finales de abril a finales de junio; el segundo de finales de julio a finales de agosto y el tercero a principios de noviembre; de la misma manera, con promedios menores de curculiónidos en la época de mayor HRM, entre mediados de julio a principios de octubre (Figura 6A). En este predio el número promedio de hembras y machos fue de 0.6 y 0.8, respectivamente, con una proporción sexual H:M, de 1.0:1.3 (Figura 6B).

La TM y HRM no mostraron influencia significativa en la fluctuación poblacional de adultos del picudo del agave en el Ejido Tepetitlán ($Y = -0.0132TM + 16.706$, $R^2 = 0.008$; $Y =$

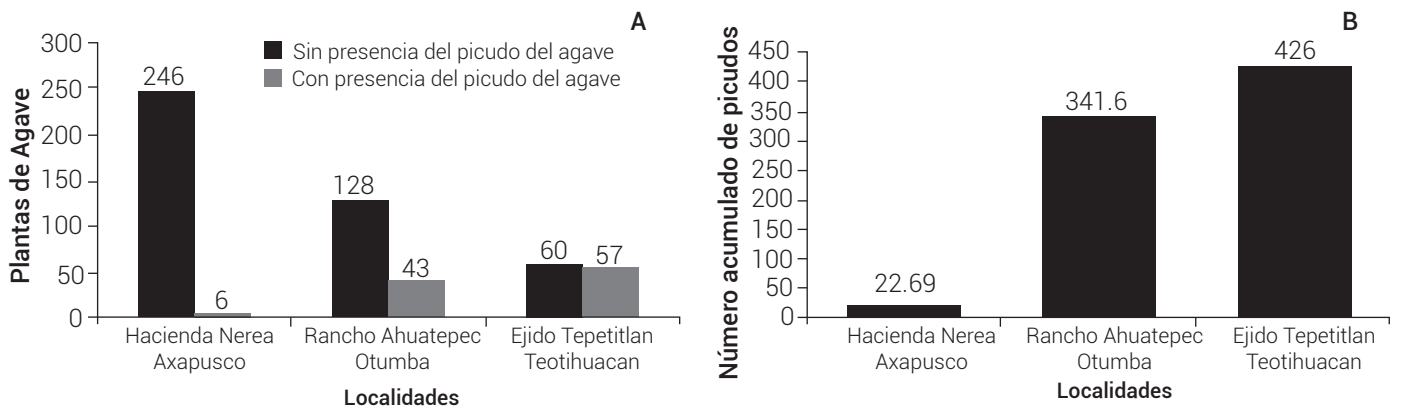


Figura 3. A) Número de plantas de agave con y sin presencia del picudo, B) número acumulado de picudos del agave capturados en trampas en tres variedades de maguey pulquero en el noreste del Estado de México.

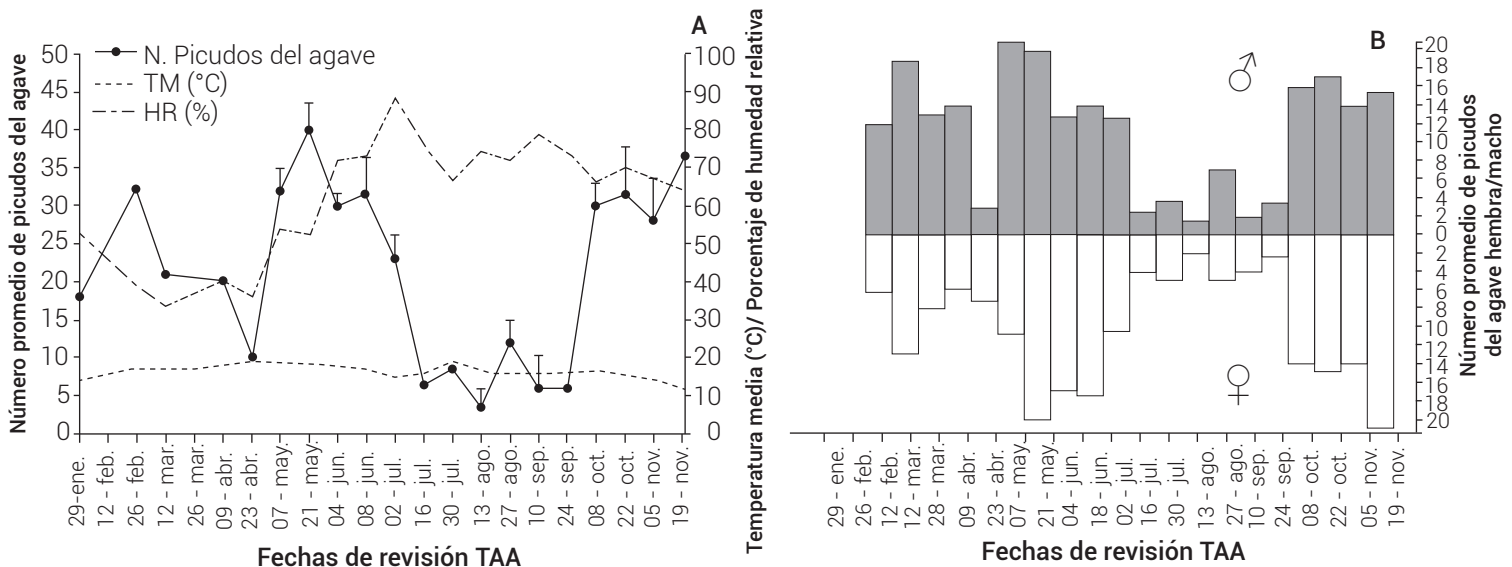


Figura 4. A) Número promedio de adultos y B) número promedio de machos y hembras del picudo del agave registrado en el Ejido Tepetitlán, Teotihuacán, Estado de México a través de fechas de revisión en 2021.

$-0.2783HRM + 68.512$, $R^2 = 0.04$), el Rancho Ahuatepec ($Y = -0.047TM + 17.468$, $R^2 = 0.0822$; $Y = 0.6312HRM + 48.567$, $R^2 = 0.1487$) y Hacienda Nerea ($Y = 0.4428TM + 15.773$, $R^2 = 0.1039$; $Y = 4.7158HRM + 54.338$, $R^2 = 0.1241$).

En la evaluación de los sistemas agrícolas de maguey pulquero, el IPA fue de 0.57 para el Ejido Tepetitlán, de 0.79 para el Rancho Ahuatepec y de 0.87 para la Hacienda Nerea. La principal diferencia entre las tres plantaciones fue el nivel de tecnificación y el manejo agronómico realizado, ya que en Hacienda Nerea se realizan de manera periódica actividades de limpieza del predio (huerta), manejo de residuos vegetales, deshierbe, y se da seguimiento a las indicaciones para el trampeo del picudo del agave. La vinculación entre productores, instituciones municipales y estatales fue similar en las tres plantaciones.

En la caracterización de CR, la variedad Manso mostró mayor porcentaje de carbohidratos, Kcal y fibra, mientras que Verde tuvo un porcentaje de grasa idéntico a Manso; sin embargo, tuvo valores más bajos de fibra y proteína; por otro lado, la variedad Carrizo presentó el menor porcentaje de carbohidratos, Kcal y porcentaje de grasa (Cuadro 1).

Con la prueba Kruskal-Wallis para la SV se encontró que al menos una variedad de agave pulquero fue diferente en porcentaje de severidad causado por *S. acupunctatus* ($P = 2.6E-12$); la SV de Verde fue diferente a la SV de Manso (Bonferroni, $P = 1.5 E-7$) y a la SV de Carrizo (Bonferroni, $P = 8.4 E-11$) (Cuadro 1). La correlación de Kendall muestra que los valores porcentuales de proteína y de fibra expresaron los mayores niveles de correlación negativa (P

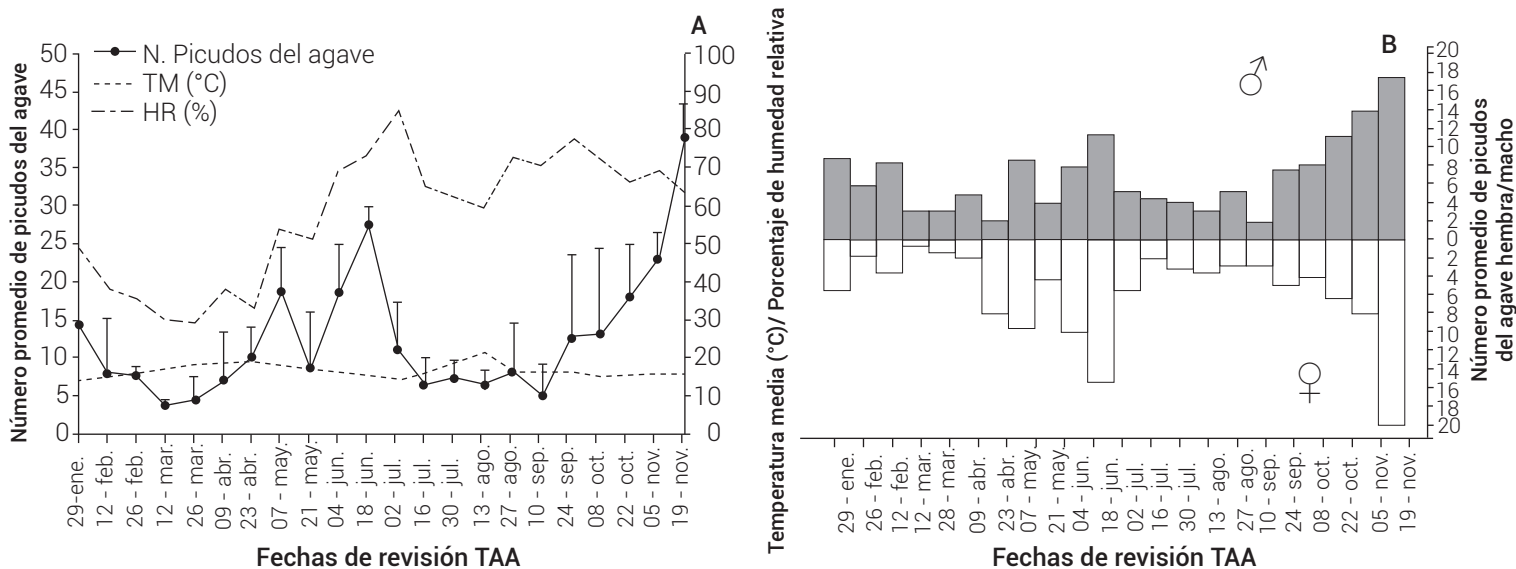


Figura 5. A) Número promedio de adultos y B) número promedio de machos y hembras de picudos de agave registrados en el Ejido Rancho Ahuatepec, Otumba, Estado de México a través de fechas de revisión en 2021

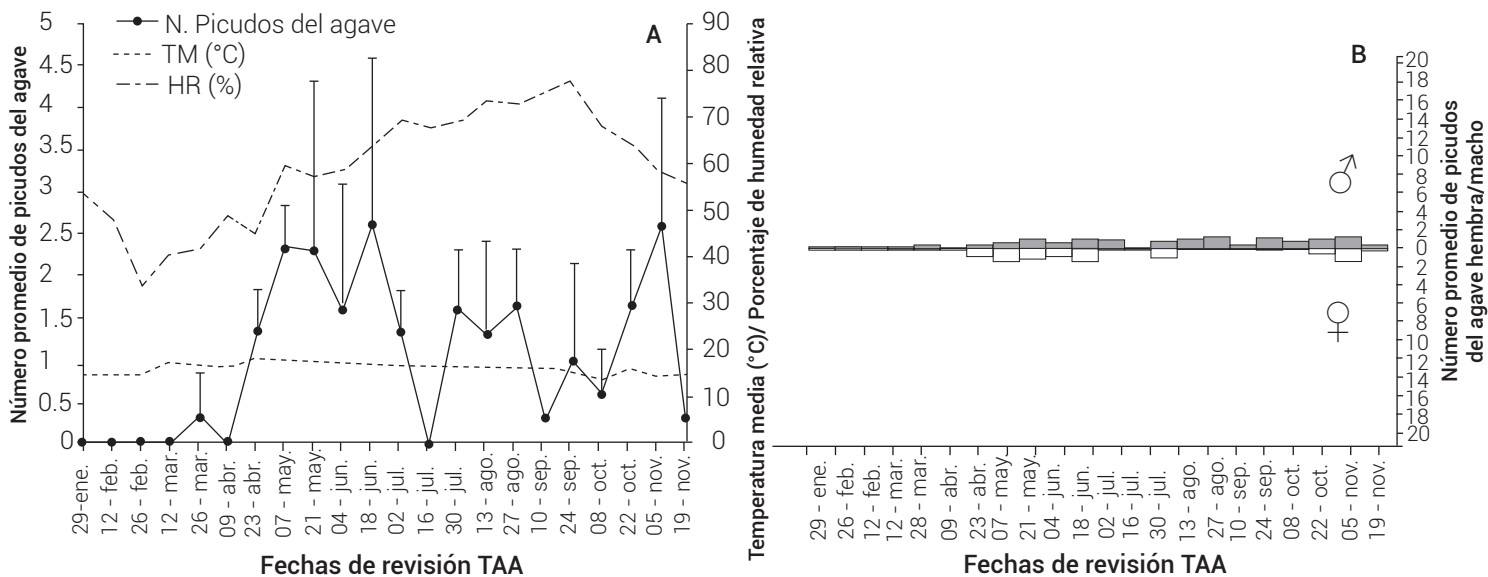


Figura 6. A) Número promedio de adultos y B) Número promedio de machos y hembras de picudos de agave registrados en Hacienda Nerea, Axapusco, Estado de México a través de fechas de revisión en 2021.

≤ 0.01), denotando una tendencia donde a mayor magnitud de estos valores, hay menor SV causada por el picudo del agave (Figura 7).

DISCUSIÓN

Durante el tiempo en que se realizó esta investigación, la incidencia del picudo del agave fue entre 2 y 49 % en las

plantaciones de maguey pulquero en el noreste del Estado de México. Posiblemente, el ciclo de vida del picudo del agave y la presencia estable de su hospedero influyeron en la incidencia. La proporción sexual de los adultos del picudo del agave (hembras a machos, H:M) capturados en trampas con feromona de agregación en las plantas de agave fue muy cercana a 1:1, lo cual es muy diferente a lo observado en estudios de este insecto en agave tequilero,

Cuadro 1. Porcentaje de severidad y caracteres fitoquímicos en tres variedades de maguey pulquero en el noreste del Estado de México.

Variedad	% Severidad	% Carbohidratos	Kcal/100 g	% Fibra	% Grasa	% Proteína
Manso	13.9 b [†]	11.97	51.1	1.31	0.35	0.076
Verde	53.2 a	4.6	21.5	0.86	0.35	0.025
Carrizo	20.6 b	4.1	19.4	1.03	0.33	0.076

[†]Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas (Bonferroni, $P \leq 0.01$).

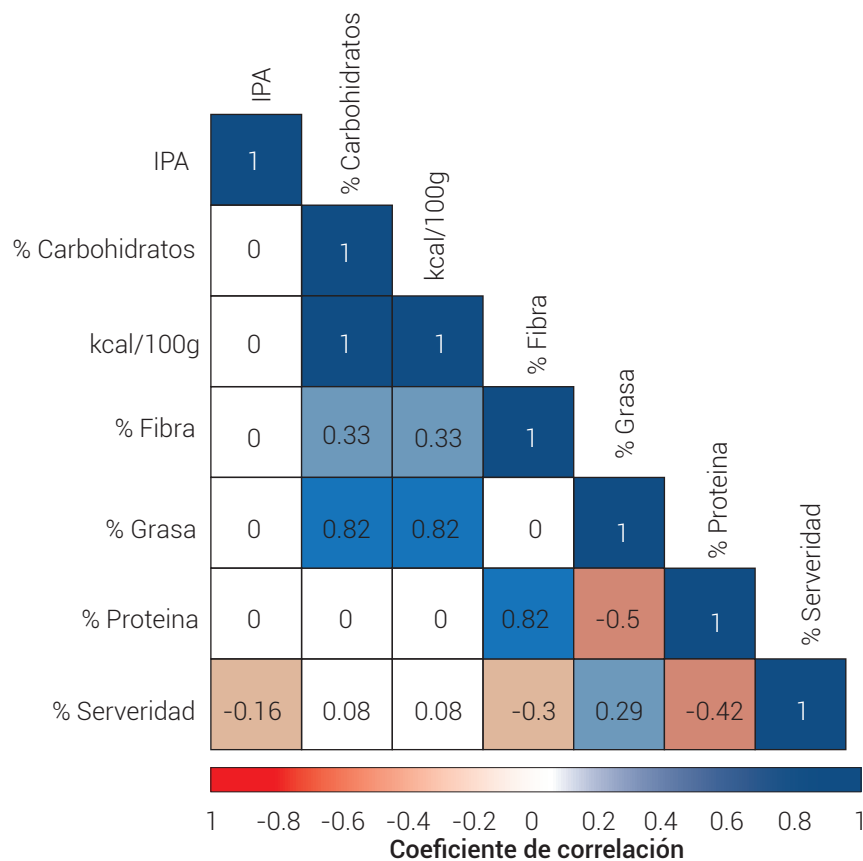


Figura 7. Correlación de Kendall entre el porcentaje de severidad y el porcentaje de proteína, fibra y grasa, y contenido energético en variedades de maguey pulquero causada por el picudo del agave.

donde la proporción de hembras capturadas en este mismo sistema de trampas fue mayor a la de machos (Figuroa-Castro *et al.*, 2013; Rodríguez-Rebollar *et al.*, 2012; Ruiz-Montiel *et al.*, 2008), no obstante que en las plantas de agave tequilero la proporción de H:M es de 1:1 (Figuroa-Castro *et al.*, 2013); en plantas de agave pulquero se ha estimado que hay mayor número de hembras que machos (Vergara, 2022; Com. Pers.)². Al capturar más hembra en

las trampas con feromona de agregación, se sugiere que éstas pueden tener potencial para establecer un sistema de trampeo masivo como táctica de control de esta plaga en agave tequilero (Ruiz-Montiel *et al.*, 2008); sin embargo, para el caso de plantaciones de agave pulquero la anterior propuesta pudiera no funcionar.

El ciclo de vida del picudo en agave tequilero se completa entre los 113 y 135 días (Terán y Azuara, 2013), no hay período de hibernación, y al contar con un ciclo

²Vergara Cortes, Lududhi Enrique (2022) Comité Estatal de Sanidad Vegetal. Estado de México. Comunicación Personal.

relativamente largo, se favorece su desarrollo durante todo el año (Figuroa-Castro *et al.*, 2013; Setliff y Anderson, 2011; Solís-Aguilar *et al.*, 2001), lo cual puede estar ocurriendo en plantaciones de agave pulquero. A la par, el noreste del Estado de México tradicionalmente cuenta con especies de agaves pulqueros, tanto en áreas naturales como en aprovechamiento en áreas de cultivo (Narváez-Suárez *et al.*, 2016), y aunado al reciente aumento de plantaciones de este maguey, se generan condiciones favorables para que *S. acupunctatus* cuente con un nicho ecológico relativamente estable.

En diferentes especies de insectos se ha demostrado que el factor ambiental juega un papel importante en la fluctuación poblacional (Piñero y Ruíz-Montiel, 2019). En *S. acupunctatus* se ha evaluado la influencia de algunos factores abióticos sobre el comportamiento estacional de las poblaciones del picudo del agave (Figuroa-Castro *et al.*, 2013). En Oaxaca, en magueyes mezcaleros, se observó un mayor aumento de este picudo en épocas con mayor humedad (Aquino *et al.*, 2007), mientras que en Jalisco, Figuroa-Castro *et al.* (2013) determinaron en *Agave tequilana* que la temperatura y la precipitación no tuvieron influencia significativa sobre la densidad poblacional del picudo; en cambio, la humedad relativa sí tuvo un efecto negativo en dicha densidad. En el presente estudio no hubo una relación significativa entre la fluctuación poblacional con la HRM y la TM, lo que puede implicar que además de estas variables, es necesario incluir en futuros estudios otras variables climáticas como la precipitación, radiación solar o la velocidad del viento, para determinar si existe relación con el comportamiento del insecto.

El porcentaje de severidad encontrado en las plantaciones varió del 10 al 100 %. En otros reportes se ha mencionado que *S. acupunctatus* puede ocasionar daños del 24 al 100 % en *A. tequilana*, del 46 % en *A. angustifolia*, del 50 % en *A. fourcroydes* y del 30 al 40 % en *A. salmiana* (Cuervo-Parra *et al.*, 2019), lo cual corrobora la necesidad de entender los factores bióticos y abióticos que influyen en los niveles de daño que causa *S. acupunctatus* en los magueyes. En la presente investigación se encontró que el manejo agrícola y la variedad de maguey pulquero son factores que influyen en el porcentaje de severidad en plantas causado por la alimentación de *S. acupunctatus*. El manejo agrícola en las plantaciones está relacionado con presencia de *S. acupunctatus* ya que, generalmente los residuos vegetales, resultados de las podas y de la eliminación de plantas enfermas, no son adecuadamente desechados, lo que representa un medio apropiado para el desarrollo del picudo del agave, ya que éste tiene atracción por los volátiles de fermentación de tejido vegetal, lo que representa un foco de infestación y un aumento en las densidades poblacionales de esta plaga (Piñero y

Ruíz-Montiel, 2019; Ruiz-Montiel *et al.*, 2017).

Respecto a los porcentajes de severidad que causa el picudo del agave, existe una relación con los compuestos fitoquímicos proteína, grasa y fibra. Waring y Smith (1986) indicaron que las concentraciones de compuestos generados en las plantas de agave por factor de estrés biótico, tipo de variedad y su fenología influyen en la susceptibilidad al ataque del picudo. Los diversos compuestos de agaves juegan diferentes roles en su desarrollo y pueden variar dependiendo de la fenología y época el año (Olvera *et al.*, 2015); si bien pueden ser útiles como mecanismos de defensa a insectos (Shegute y Wasihun, 2020), también lo pueden ser en la protección de la planta contra factores abióticos, como sequía o heladas (Pérez-López y Simpson, 2020); en otras especies de insectos, también pueden generar mayor preferencia de alimentación; de esta forma, se concluye que la variedad Verde muestra mayor severidad de daño por el picudo del agave, posiblemente por ser el que presenta menor porcentaje de fibra y menor contenido de proteína. Con estos resultados no es posible determinar si éste resulta atrayente para el picudo del agave o si presenta mecanismos de resistencia menos eficientes que le permiten resistir el ataque de este insecto.

CONCLUSIONES

En el noreste del Estado de México, las plantaciones de maguey pulquero puede tener una incidencia de plantas infestadas por *S. acupunctatus* de 2.4 a 48.7 %, y es posible encontrar adultos durante todo el año. Las plantas de maguey pulquero con incidencia de picudo del agave, mostraron porcentaje de severidad del 10 al 100 %, aspectos que influyen en el manejo del sistema agrícola, donde las variedades con mayor IPA o de uso más eficiente de prácticas agrícolas muestran menores densidades poblacionales del insecto. Las variedades de maguey pulquero estudiadas muestran distinta influencia sobre el porcentaje de severidad, siendo la variedad Verde la que muestra el mayor porcentaje de severidad.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para llevar a cabo el actual proyecto de investigación. Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo por el financiamiento otorgado y por el uso de equipo e instalaciones para desarrollo de la investigación. Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México por su apoyo en la selección y acompañamiento de las parcelas. A los productores de maguey pulquero Antonio Julián Sacido, Julián Beltrán y Antonio Gutiérrez por permitir el uso de sus parcelas con fines experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aquino B. T., M. A. Iparraguirre C. y J. Ruiz V. (2007) *Scyphophorus acupunctatus* (= *interstitialis*) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) plaga del agave mezcalero: pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola* 7:175-180.
- CABI, Centre for Agricultural Bioscience International (2022) CABI Compendium Invasive Species. *Scyphophorus acupunctatus* (agave weevil). CABI Digital Library. Wallingford, UK. <https://www.cabidigitallibrary.org/action/doSearch?AllField=Scyphophorus+acupunctatus+&ConceptID=500060> (February 2022).
- Cuervo-Parra J. A., V. H. Pérez-España, P. A. López P., M. A. Morales-Ovando, O. Arce-Cervantes, J. E. Aparicio B. and T. Romero-Cortés (2019) *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae): a weevil threatening the production of Agave in Mexico. *Florida Entomologist* 102:1-9, <https://doi.org/10.1653/024.102.0101>
- Figueroa-Castro P., J. F. Solís-Aguilar, H. González-Hernández, R. Rubio-Cortés, E. G. Herrera-Navarro, L. E. Castillo-Márquez and J. C. Rojas (2013) Population dynamics of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) on blue agave. *Florida Entomologist* 96:1454-1462, <https://doi.org/10.1653/024.096.0425>
- Figueroa-Castro P., V. López-Martínez, F. Silva-García and H. González-Hernández (2017) Food attractants to increase pheromone-baited trap performance for *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) in mezcal maguey. *Florida Entomologist* 100:203-205, <https://doi.org/10.1653/024.100.0135>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010) Mapa Digital INEGI v 6.1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ciudad de México. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/> (Mayo 2022).
- Molina M. D. (2013) Contribución al conocimiento de la distribución actual de la especie invasora *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en la Península Ibérica. *Revista Gaditana de Entomología* 4:11-16.
- Narváez-Suárez A. U., M. A. Jiménez-Velázquez, T. Martínez-Saldaña y B. Cruz-Galindo (2016) Maguey pulquero (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck): opción para desarrollo rural. *Agroproductividad* 9:56-62.
- Olvera C. C., A. Ávila F., G. R. Bustillo A. and A. López-Munguía (2015) Processing of fructans and oligosaccharides from Agave plants. In: Processing and Impact on Active Components in Food. V. Preedy (ed.). Academic Press. Cambridge, Massachusetts, USA. pp:121-129, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00015-9>
- Palestina-González M. I., I. Carranza-Cerda, L. López-Reyes, E. Torres and S. E. Silva-Gómez (2021) Sustainability assessment of traditional agroecosystems in the high region of Yaonáhuac, Puebla, México. *Environments* 8:40, <https://doi.org/10.3390/environments8050040>
- Pérez-López A. V. and J. Simpson (2020) The sweet taste of adapting to the desert: fructan metabolism in Agave species. *Frontiers in Plant Science* 11:324, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00324>
- Piñero J. C. y C. Ruiz-Montiel (2019) Ecología química y manejo de picudos (Coleoptera: Curculionidae) de importancia económica. In: Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). Trillas y El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. pp:361-400.
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (May 2023).
- Rodríguez-Rebollar H., J. C. Rojas, H. González-Hernández, H., L. D. Ortega-Arenas, A. Equihua-Martínez, J. I. Del Real-Laborde y J. López-Collado (2012) Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana* 28:73-85, <https://doi.org/10.21829/azm.2012.281817>
- Romo A. y J. J. Morrone (2012) Especies mexicanas de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) asociadas con agaves (Asparagaceae: Agavoideae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:1025-1035, <https://doi.org/10.7550/rmb.30633>
- Ruiz-Montiel C., C. I. Ramón-Domínguez, L. Domínguez-Reyes, R. Ainsa-Zarate y M. R. Mendoza-López (2017) Efecto de la trampa y atrayente sobre *Scyphophorus acupunctatus* en Agave. *Southwestern Entomologist* 42:237-247, <https://doi.org/10.3958/059.042.0121>
- Ruiz-Montiel, C., G. García-Coapio, J. C. Rojas, E. A. Malo, L. Cruz-López, I. Del Real and H. González-Hernández (2008) Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 127:207-217, <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00703.x>
- Sarandón S. J. y C. C. Flores (2009) Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4:19-28.
- Setliff G. P. and J. A. Anderson (2011) First record of the agave snout weevil, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthorinae), in Puerto Rico. *Insecta Mundi* 152:1-3.
- Shegute T. and Y. Wasihun (2020) Antibacterial activity and phytochemical components of leaf extracts of *Agave americana*. *Journal of Experimental Pharmacology and Applied* 12:447-454, <https://doi.org/10.2147/JEP.S258605>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Mayo 2022).
- Solís-Aguilar J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez-Garza (2001) *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35:663-670.
- Terán V. A. y A. Azuara D. (2013) El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (*Agave tequilana* F.A.C. Weber) variedad Azul. Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. 37 p.
- Vivanco M. (2005) Muestreo Estadístico: Diseño y Aplicaciones. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 210 p.
- Waring G. L. and R. L. Smith (1986) Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agave. *Annals of the Entomological Society of America* 79:334-340, <http://doi.org/10.1093/aesa/79.2.334>