

Distribución espacial de las poblaciones del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en el Estado de México, México

Spatial distribution of populations agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) in the State of Mexico, Mexico

 MELISA GONZÁLEZ DÁVILA¹  JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DÁVILA^{1*}  AGUSTÍN DAVID ACOSTA GUADARRAMA²
 DULCE KAREN FIGUEROA FIGUEROA²

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México. melisagd1.1@gmail.com, jframirezd@uaemex.mx

² Universidad Mexiquense del Bicentenario, Coatepec Harinas, México. agustin.acosta@umb.mx, dulce.figueroa@umb.mx

* Autor de correspondencia

Universidad Autónoma del Estado de México, Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, s/n, C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México. jframirezd@uaemex.mx

Citación sugerida

González Dávila, M., Ramírez Dávila, J. F., Acosta Guadarrama, A. D., & Figueroa Figueroa, D. K. (2024). Distribución espacial de las poblaciones del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en el Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 50(2), e13108. <https://doi.org/10.25100/socolen.v50i2.13108>

Recibido: 03-Ago-2023

Aceptado: 23-Feb-2024

Publicado: 15-Jul-2024

Editor temático

Jorge Alberto Molina Escobar, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

Open access



BY-NC-SA 4.0
creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)
<https://www.socolen.org.co>
Universidad del Valle (Cali, Colombia)
<https://www.univalle.edu.co>

Resumen: Los agaves son uno de los grupos vegetales más representativos de México. Su importancia radica por su valor ecológico, cultural y económico. Pese a esto, enfrenta limitaciones, como la afectación por las plagas, donde una de las más importantes es el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae). Esta plaga ha adquirido su importancia debido a que barrena las pencas hasta el interior de la planta, provocando lesiones que posteriormente son infectadas por hongos y/o bacterias hasta provocar la muerte de la planta. El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución espacial de las poblaciones del picudo del agave en dos localidades del municipio de Malinalco a través del análisis espacial, mediante índice de distancia SADIE. Los resultados mostraron que los índices de *Ia* y *Ja* de las poblaciones de picudo del agave presentan valores mayores a 1 lo que indica una distribución espacial tipo agregada en las dos parcelas donde se llevó a cabo el estudio. También se determinó la estabilidad espacial y temporal a corto plazo con el índice *Im*. Se generaron los mapas de densidad para cada muestreo en las dos parcelas; con los mapas que fueron elaborados se calculó la superficie infestada en cada parcela, los resultados nos muestran la distribución que presenta la plaga y se proponen las alternativas para un manejo sustentable de esta plaga.

Palabras claves: Agricultura de precisión, distribución espacial, estabilidad espacio temporal, krigeado, SADIE.

Abstract: Agave is one of the most representative plant groups in Mexico. Its importance lies in its ecological, cultural, and economic value. However, it faces several limitations, especially pest infestations, one of the most important of which is the agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Dryophthoridae), which has acquired importance because it bores the stalks into the interior of the plant, causing lesions that are subsequently infected by fungi and/or bacteria until the plant dies. The objective of this study was to determine the spatial distribution of agave weevil populations in two localities in the municipality of Malinalco using spatial analysis of the distance index, SADIE. The results showed that the *Ia* and *Ja* indices of the agave weevil populations present values greater than 1, which indicates an aggregated type spatial distribution in the two plots where the study was carried out. Short-term spatial and temporal stability was also determined with the *Im* index. Density maps were generated for each sampling in the two plots, with the maps that were elaborated, the infested surface in each plot was calculated, the results show us the distribution of the pest, and the alternatives for sustainable management of this pest are proposed.

Keywords: Kriging, precision farming, SADIE, space-time stability, spatial distribution.

Introducción

México es el país con mayor diversidad de especies de *Agave* spp. (Asparagaceae) en el mundo. Actualmente se reportan 159 especies de un total de 206 especies descritas, de las cuales 119 son endémicas (SENASICA-DGSV, 2016). El agave mexicano es de gran importancia económica, debido a la gran variedad de productos y subproductos que se pueden elaborar (SENASICA-DGSV, 2016). De los productos

que se obtienen del agave los más comercializados en el mercado internacional son el tequila y el mezcal; cabe destacar que la producción de este último ha tenido repuntes debido a la comercialización del primero (CRM, 2022). El mezcal es importante en la economía de poblaciones rurales de México, y el incremento de su producción se debe a las características distintivas que se logran mediante procesos artesanales (Olvera-Vargas et al., 2022). Según el Consejo Regulador del Mezcal (CRM, 2022), en los últimos diez años la producción y la demanda han aumentado considerablemente.

Como otros cultivos de México, la producción de agave es amenazada por el ataque de severas enfermedades y plagas. Una de las plagas más importantes es el picudo del agave. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae), este ha adquirido una gran importancia debido al daño ocasionado en las plantaciones (Barragán et al., 2022). Para el control de esta plaga se ha recurrido al uso de insecticidas comunes, sin embargo, su control no ha sido exitoso debido a que las larvas y fases adultas se alojan en tejidos profundos, siendo menor o nula la cantidad de insecticida que penetra hasta el sitio donde se alojan para causar la mortalidad deseada.

Valdés et al. (2004), plantearon la posibilidad de controlar esta plaga mediante el uso de trampas en las hojas, que contienen atrayentes naturales en combinación con insecticidas comerciales, de los cuales los más utilizados son Fipronil y Malation, ya que se encontró que las hojas ejercían una importante atracción sobre el insecto. También se reporta que el color de las trampas tiene un impacto positivo (trampas de color azul) sobre la efectividad de éstas en combinación con feromonas para diferentes especies de picudos (Ruiz-Montiel et al., 2017).

Actualmente, el agave ha ampliado su uso para obtención de productos industriales, bioenergéticos y nutracéuticos de alto valor económico, lo que ha conllevado a un incremento en la superficie sembrada en varias regiones de México; zona central de México, específicamente en el Estado de México ha aumentado la producción de agave o maguey (Arista, 2022). Los daños causados por el picudo del agave pueden causar pérdidas que se estiman del 24,5 % en agave tequilero (Solis-Aguilar et al., 2001), 30 % en el agave pulquero y hasta el 40 % en cultivos de henequén (Valdés-Rodríguez et al., 2004), sin embargo, no se tiene información sobre su distribución espacial. De acuerdo con lo anterior, el monitoreo de las poblaciones del picudo del agave es necesario para conocer cómo se distribuyen las poblaciones de este insecto plaga en las parcelas, y el impacto real que tiene sobre el cultivo de agave, así mejorar las estrategias de control. Una técnica de uso reciente encaminada a lo anterior es el análisis espacial por índices de distancia (SADIE) que mide la distancia a la cual pueden desplazarse los individuos de una muestra observada (Perry, 1998).

Los métodos de estadística espacial proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que consideran la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su localización espacial; además, permiten elaborar mapas para conocer la distribución espacial de los insectos, establecer los grados de infestación que requieran un control inmediato tomando decisiones sanitarias, y detectar posibles preferencias en su estructura de agregación y zonas que no presenten infestación (Esquivel & Jasso, 2014). Por tanto, el presente trabajo tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de *S. acupunctatus* en el cultivo de agave mediante las técnicas de índices del SADIE.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Malinalco, México, entre los paralelos 18°46' y 19°0' de latitud norte; los meridianos 99°26' y 99°34' de longitud oeste; altitud entre 1.000 y 2.600 m s.n.m., donde se eligieron dos zonas, una en la localidad de La Ladrillera (Parcela 1) y otra en la localidad de Puente Caporal (Parcela 2); en cada zona se estableció una parcela de 1 hectárea, las parcelas seleccionadas fueron de la especie *Agave angustifolia* Haw (Asparagaceae), las dos parcelas tuvieron el mismo manejo agronómico (sin aplicación de agroquímicos) con una edad aproximada de 3 años de haber sido trasplantadas y con una distancia entre planta y planta de 1,5 m y 2 m entre líneas. Para el muestreo se definieron transectos de forma lineal (Cortés, 2018). Las líneas fueron de 10 x 10 m con un total de 121 plantas cada uno. Cada planta fue marcada con un distintivo rojo (cinta plástica en una hoja del agave) y se georeferenció utilizando un GPS de la marca Garmin 66 sr para obtener sus coordenadas geográficas, dichas plantas seleccionadas se muestrearon por las mañanas y cada 15 días durante el mes de junio de 2022 hasta febrero de 2023. El conteo del número de picudos se realizó de manera manual, manipulando la planta y se contó el número de especímenes por planta de manera visual. Se colectaron 10 individuos del picudo, los cuales fueron identificados mediante la clave especializada de Thompson (1992) en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Los individuos fueron resguardados en el mismo laboratorio para próximas consultas.

En cada parcela se instaló un sistema de monitoreo marca HOBO con sensores de temperatura y lluvia, posteriormente se descargaron los datos en cada muestreo y se realizó una media por mes para cada factor mencionado (se realizó una media por día y por mes), además se obtuvo el error estándar de cada una de las medias. Antes de proceder al análisis espacial por índices de distancia (SADIE) los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de curtosis, presentando todos los datos una distribución normal.

Análisis espacial por índices de distancia (SADIE)

Esta herramienta identificó el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de la agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual incorporó un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asignó un territorio dinámico (Perry, 1995).

Principalmente, mediante el cálculo de los índices de agregación (I_a) se determinó el patrón espacial para las capturas de adultos en cada fecha de muestreo. Para el rendimiento y la incidencia de daño en cada una de las parcelas, SADIE determinó el patrón espacial de la variable objetivo, calculó la distancia mínima en el espacio (D) requerida para obtener la regularidad o valor promedio de la variable en todas las posiciones del área experimental (Perry, 1995).

Estimación de los índices I_a y J_a

Los datos obtenidos en los muestreos fueron ubicados en una cuadrícula prediseñada (conformada por unidades de muestreo), se tomó como un sistema de conteo de individuos, donde $i=1, \dots, n$ unidades de muestreo. Además, se acepta por el ser conocidas la posición bidimensional (x_i, y_i) de cada unidad de muestreo y su conteo asociado, N_i . El intervalo para la

regularidad, D , es el valor mínimo del intervalo total que los individuos en la muestra pueden haberse movido, de una unidad de muestreo a otra, por ello es por lo que todas las unidades de muestreo contuvieron un número idéntico de individuos. Si la distancia media aritmética para la regularidad de las muestras aleatorias se denota como E_a , entonces el índice de agregación, llamado I_a , está definido como $I_a = D/E_a$. Comúnmente, se dice que una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$. Un número total de 2000 aleatorizaciones son aptas para derivar los valores de los índices correspondientes.

C denota la distancia para el agrupamiento, que es el valor mínimo de la distancia total que los individuos de la muestra deberán moverse para congregarse en una unidad. Si la distancia media para el agrupamiento para muestras aleatorias se denota como F_a , entonces el índice de agregación J_a , se define como $J_a = F_a/C$. Como en el caso del índice I_a , valores de $J_a > 1$ usualmente indican una muestra agregada, $J_a = 1$ representarán datos espacialmente aleatorios y $J_a < 1$ muestras regulares. De este modo, los valores del índice J_a valen para corroborar los resultados obtenidos con el índice I_a . También, este índice se utiliza para discriminar entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay dos o más agrupamientos para los cuales su valor no es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella (Perry, 1998; Perry & Dixon, 2002).

Al establecer la significación con respecto a la unidad se adaptó su probabilidad respectiva (Q_a). Los valores de I_a y J_a para conteos aleatorios no están correlacionados, por lo que se pueden utilizar también 2000 aleatorizaciones en el software empleado para obtener sus respectivos valores (Perry, 1998; Perry et al., 1996).

Las estimaciones obtenidas mediante los índices del SADIE se mostraron en forma de mapa, mediante el programa Surfer 16.0. (Golden Software, 2024) Se realizó una regresión simple y los valores respectivos de I_a y J_a de los muestreos realizados en cada localidad experimental, con la meta de establecer si existe o no una relación significativa entre ellos. El utilizado en este trabajo para determinar los valores y las probabilidades de ambos índices fue el SADIE 1.22 (Conrad, 2001)

Krigeado

En cualquier trabajo geoestadístico, el principal objetivo es la caracterización de la variable investigada en todas las localizaciones a partir de la información generada desde los puntos muestrales (Moral, 2004). El método del krigeado se basa en la premisa que las variables espaciales de una determinada población (insecto plaga) se encuentran correlacionadas en el espacio, es decir, mientras más cercanos estén dos puntos sobre la superficie terrestre menor será la variación de los atributos medidos (Fernández et al., 2016).

El Krigeado tiene muchas variantes según los grados de estacionalidad de la función aleatoria que representa el fenómeno regionalizado. Sin embargo, la variante más utilizada es el Krigeado ordinario, a la cual está dirigida la presente investigación. Este proceso asume que la función aleatoria es estacionaria de segundo orden con media desconocida, lo cual indica la homogeneidad de las muestras en el área en la que se distribuye la variable, y además manifiesta que la correlación entre dos variables aleatorias depende únicamente de

la distancia espacial que las separa y es independiente de su ubicación (Fernández et al., 2016).

El método se basó en el conocimiento de la variable en el espacio, la covarianza entre cualquier punto a muestrear y un punto cuyo valor se predijo. El método evitó muestras innecesarias, ponderando de formas distintas las muestras que estén muy cerca entre sí y procedió de la misma región, que muestras que estuvieron en lados opuestos al punto que se quiera asignar un valor. El krigeado ordinario se utilizó para elaborar los mapas de densidad de las poblaciones del picudo del agave, y se empleó dicho método ya que se conoce la media y la varianza de los datos.

Superficie infestada

En la Agricultura de precisión uno de sus propósitos es dirigirlas medidas de control sobre las áreas específicas de infestación ya sea de enfermedades o insectos plaga (Maldonado et al., 2017), por lo tanto, esta investigación buscó la respuesta y medición a la variabilidad inter e intracampo. Esto determinó una reducción de la cantidad del volumen de plaguicidas para su control y un probable ahorro económico. Para llegar a este objetivo se ubicó la superficie infestada de los mapas elaborados, obtenidos del programa Surfer 16.0. (Golden Software, 2024).

Teniendo el porcentaje de superficie infestada de las plagas y enfermedades en cada uno de los mapas, se llevó a cabo el cálculo del costo de una aplicación normal, así como los productores de dichas zonas. Finalmente, la diferencia entre ambos valores nos indicó el ahorro económico obtenido con la metodología de precisión.

Estabilidad espacial y temporal

En este trabajo se analizó la presencia de una estabilidad espacio-temporal a corto plazo (9 meses). Para tal efecto se compararon los mapas obtenidos con el método de interpolación llamado Krigeado, para ello se usó el Programa Surfer 16.0. (Golden Software, 2024).

En el caso de los mapas elaborados mediante el método del SADIE, la comparación para establecer la estabilidad espacio-temporal de los mismos, se realizó con el índice de asociación del SADIE llamado I_m , con tal índice se consiguió realizar un contraste entre muestras tomadas al azar, para determinar una localización espacial. Las comparaciones se ejecutaron dentro de los 9 meses marcados. Si $I_m > 0$, expresa que existe una estabilidad espacio-temporal o una asociación entre los mapas, si existe un nivel de significación de $P_m < 0,025$. La determinación de esta estabilidad se realizó con el programa SADIE 1.22 (Perry et al., 1996).

Resultados y discusión

Los datos de temperatura y precipitación media mensual fueron registrados en las dos parcelas de estudio (Figuras 1 y 2), en la Parcela 1 fue donde se registró la temperatura media más alta durante el mes de junio con 19,8 °C, mientras que la temperatura media mensual más baja se registró en el mes de enero que fue de 15 °C, la precipitación se presentó solo en los meses de junio a octubre con lluvias aisladas en febrero de 2023, la precipitación más alta se registró en julio con 103 mm mensuales, mientras que en los meses de noviembre de 2022 a enero de 2023 no se registró lluvia en la parcela de estudio.

En la Parcela 2 (Figura 2) se registraron en promedio temperaturas más altas al igual que precipitaciones, la temperatura más alta fue al igual que en la parcela 1 en junio, registrando 21,9 °C, mientras que la temperatura más baja también se presentó en enero de 2023 con 18,2 °C, el mes con mayor lluvia fue el mes de octubre con 121 mm mensual, los meses de noviembre de 2022 a febrero de 2023 no se presentaron lluvias.

Se registró la presencia de picudo del agave en las dos parcelas en los 18 muestreos realizados, para la Parcela 1 la incidencia mayor se presentó en el mes de octubre en el primer muestreo con 1,39 insectos plaga por planta, contrario a esto en el mes de diciembre en su segundo muestreo fue donde se registró menor presencia con 0,35 insectos plaga en promedio por planta (Tabla 1). Por otro lado, para la Parcela 2 la incidencia mayor se presentó en el mes de febrero en el primer muestreo con 1,96 insectos plaga por planta, y en el mes de noviembre en su segundo muestreo fue menor la presencia con 0,43 insecto plaga por planta (Tabla 2). Las precipitaciones no influyeron directamente en la presencia del insecto plaga ya que se registró su presencia todos los meses de muestreo, como se menciona inicialmente en la introducción, estos insectos colonizan en cogollo de la planta, y es por ello por lo que las precipitaciones no afectan su desarrollo. Con respecto a la temperatura, como se pudo observar en las Figuras 1 y 2

no existe una variabilidad importante de temperatura durante los meses de muestreo, es por ello por lo que no se modifican los ciclos del picudo. Datos similares fueron reportados por Arista et al. (2023) quienes registraron la presencia del picudo del agave durante todo el año.

Con los resultados de los muestreos fue posible estimar la modelización espacial y el mapeo de la distribución del picudo. Mediante la herramienta de SADIE se mostraron los diferentes valores de I_a y J_a en las dos localidades del municipio de Malinalco, Estado de México. Con respecto a el índice I_a en la Parcela 1 se encontró el índice más bajo en el mes de octubre primer muestreo con 1,30 (Tabla 1); siguiendo con la Parcela 2 el índice encontrado de I_a más bajo fue en el mes de agosto segundo muestreo con 1,41 (Tabla 2). El índice más alto encontrado para la parcela 1 fue en el mes de diciembre en el segundo muestreo con 1,73 (Tabla 1); por otro lado, en la Parcela 2 el valor más alto se mostró en el mes de febrero primer muestreo con 1,74 (Tabla 2). Se indica que una muestra es agregada si $I_a > 1$, por tanto, se observa un comportamiento agregado del picudo en las dos parcelas de estudio teniendo en cuenta que los índices encontrados de I_a fueron mayor a 1. Para el índice J_a en las dos localidades también fue superior a la unidad, por lo que se confirma la agregación de picudo.

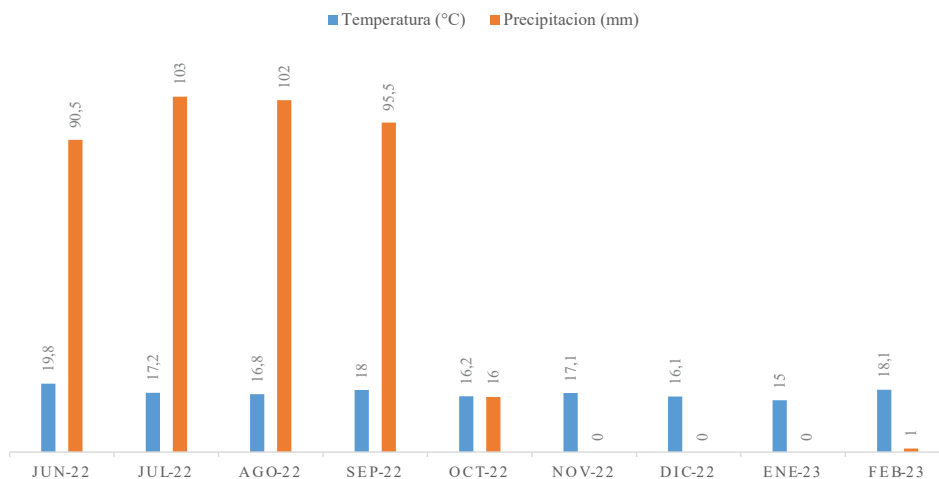


Figura 1. Temperatura y precipitación media registrada en la parcela 1.

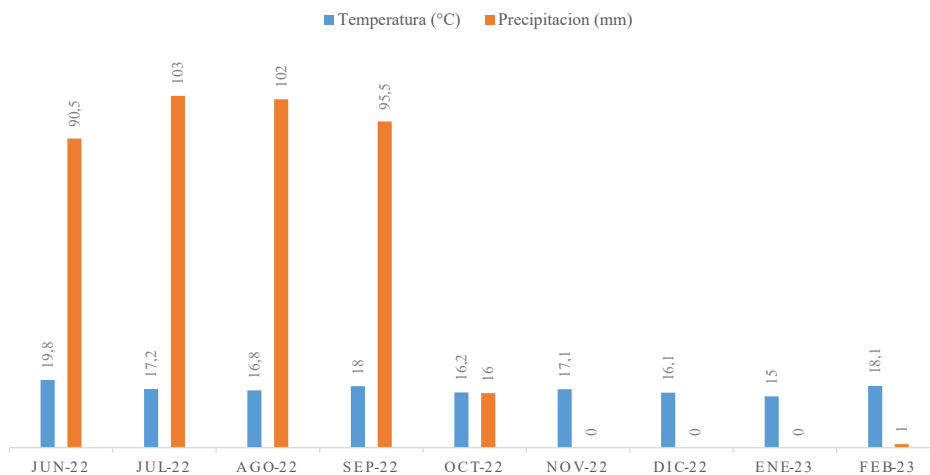


Figura 2. Temperatura y precipitación media registrada en la parcela 2.

Por otra parte, para la Parcela 1 el índice J_a se obtuvo un valor mayor en el mes de octubre, primer muestreo de 1,18 y el menor valor en los meses de junio y noviembre, primer y segundo muestreo respectivamente, con 1,07 (Tabla 1). Con respecto a la Parcela 2 el índice J_a tuvo el valor mayor en los meses de noviembre primer muestreo y enero primer muestreo con 1,17 y el valor menor en los meses de julio, diciembre y febrero todos en el primer muestreo con 1,10 (Tabla 2). La distribución agregada de las poblaciones del picudo se manifiesta en cada uno de los mapas obtenidos (Figuras 3 y 4), lo que corrobora lo establecido por los índices I_a y J_a .

Estos comportamientos espaciales también fueron observados por Esquivel & Jasso (2014) en gusano soldado *Mythimna unipuncta* (Haworth) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz, donde índices mayores a 1, mostraron una distribución de tipo agregada. Por otro lado, Reay-Jones (2012), observó que el escarabajo de la hoja en trigo *Oulema melanopus* (Linnaeus) (Coleoptera: Chrysomelidae) fue de tipo agregada en campos específicos con índices I_a -1,596 y J_a -1,569 para cada uno de los campos analizados. Gireesh et al. (2021), mencionaron que la distribución espacial de un insecto es un rasgo heredado, pero puede verse influenciado por el comportamiento del insecto y varios factores ambientales.

Tabla 1. Media muestral, índice I_a y J_a con sus respectivas probabilidades para la Parcela 1 en el municipio de Malinalco 2022-2023.

Muestreo	X	I_a	P_a	J_a	Q_a
Junio 1	1,01	1,41	0,010s	1,07	0,153ns
Junio 2	1,16	1,49	0,013s	1,12	0,195ns
Julio 1	1,23	1,32	0,009s	1,09	0,241ns
Julio 2	1,04	1,41	0,006s	1,14	0,170ns
Agosto 1	1,09	1,64	0,011s	1,16	0,225ns
Agosto 2	0,86	1,52	0,007s	1,11	0,211ns
Septiembre 1	1,08	1,57	0,015s	1,08	0,256ns
Septiembre 2	0,99	1,66	0,013s	1,15	0,273ns
Octubre 1	1,39	1,30	0,012s	1,18	0,145ns
Octubre 2	0,82	1,60	0,011s	1,13	0,284ns
Noviembre 1	0,90	1,72	0,016s	1,15	0,228ns
Noviembre 2	0,45	1,43	0,008s	1,07	0,267ns
Diciembre 1	0,41	1,54	0,006s	1,12	0,166ns
Diciembre 2	0,35	1,73	0,011s	1,10	0,206ns
Enero 1	0,57	1,35	0,010s	1,09	0,249ns
Enero 2	0,51	1,45	0,012s	1,11	0,237ns
Febrero 1	0,89	1,63	0,008s	1,10	0,183ns
Febrero 2	0,82	1,38	0,014s	1,13	0,219ns

Tabla 2. Media muestral, índice I_a y J_a con sus respectivas probabilidades para la Parcela 2 en el municipio de Malinalco, México, 2022-2023.

Muestreo	X	I_a	P_a	J_a	Q_a
Junio 1	1,16	1,42	1,007s	1,11	0,163ns
Junio 2	1,15	1,62	1,011s	1,16	0,211ns
Julio 1	1,13	1,53	1,010s	1,10	0,177ns
Julio 2	1,17	1,71	1,014s	1,13	0,150ns
Agosto 1	1,0	1,48	1,008s	1,12	0,204ns
Agosto 2	0,69	1,41	1,014s	1,11	0,190ns
Septiembre 1	0,90	1,45	1,012s	1,14	0,233ns
Septiembre 2	0,80	1,72	1,015s	1,12	0,251ns
Octubre 1	0,65	1,55	1,009s	1,15	0,223ns
Octubre 2	0,77	1,49	1,013s	1,14	0,247ns
Noviembre 1	0,55	1,60	1,013s	1,17	0,277ns
Noviembre 2	0,43	1,66	1,010s	1,13	0,172ns
Diciembre 1	0,57	1,69	1,011s	1,10	0,262ns
Diciembre 2	1,37	1,51	1,008s	1,11	0,228ns
Enero 1	1,37	1,57	1,016s	1,17	0,185ns
Enero 2	1,37	1,55	1,007s	1,13	0,241ns
Febrero 1	1,96	1,74	1,012s	1,10	0,199ns
Febrero 2	1,23	1,60	1,015s	1,15	0,217ns

Con respecto al índice I_m , se determinó si existe estabilidad espacial y temporal a corto plazo. En la Tabla 3 se concentraron los resultados de la comparación entre los mapas de la distribución espacial de las poblaciones del insecto plaga, en la Parcela 1. Para llevar a cabo la comparación entre los diferentes mapas se utilizó el índice I_m del SADIE; si los valores de este índice eran mayores que 0, esto indicaba que no existía diferencia significativa entre los mapas comparados.

Una vez realizadas las 17 comparaciones posibles entre los mapas elaborados de la Parcela 1 (Tabla 3), se estableció que en el mes de junio y el primer muestreo de julio existió una estabilidad o una asociación. Por su parte para el segundo muestreo de los meses de julio y agosto no se encontró una estabilidad, contrario al mes de septiembre en donde volvió a existir una estabilidad; sin embargo a partir del mes de octubre, segundo muestreo hasta febrero ya no se halló ninguna asociación espacial alguna entre las comparaciones realizadas. De acuerdo a lo anterior y al índice I_m esto indica que no fue posible detectar una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de la plaga. En estudios realizados por Aquino et al. (2007) reportaron la mayor cantidad de adultos del picudo del agave en época de lluvias (junio a septiembre), en muestreos realizados en Tlacolula, Santa del Valle y Matatlán ubicados en valles del estado de Oaxaca, contrario a esto Maldonado et al. (2017) que reportaron una estabilidad espacial y temporal para trips en el cultivo de aguacate para todas las especies.

Para la Parcela 2 se calculó el índice I_m después de realizar las 17 comparaciones posibles entre los mapas elaborados (Tabla 4), el índice muestra que solo en el mes de junio la plaga se mantuvo estable, sin embargo, a partir del mes de julio hasta febrero ya no se halló ninguna asociación espacial entre las comparaciones realizadas. De acuerdo con el índice

I_m esto indica que no fue posible detectar una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de la plaga. En el trabajo realizado por Mejía (2022), en *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de aguacate en el municipio de Temascaltepec el índice I_m indica que en la mayoría de las comparaciones no existe estabilidad espacial y temporal. Sin embargo, trabajos como el de Rivera-Martínez et al. (2017) reportan estabilidad espacial y temporal a corto plazo en *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) en tomate de cáscara.

Los índices SADIE se corroboran con precisión en los mapas de densidad elaborados con el método del Krigeado Ordinario, se detallan los datos obtenidos de los muestreos de las dos localidades de superficie infestada, donde las poblaciones de picudo se ubicaron en centros de agregación, es decir su distribución se localiza en puntos específicos o focos de incidencia distribuidos en la zona de estudio. En los mapas realizados se alcanzan a apreciar los diferentes focos de agregación o de agrupamiento de las poblaciones del insecto en las dos parcelas estudiadas. De igual manera, se distingue de forma general una cierta relación entre el número de centros de agregación existentes y el promedio de picudos detectados en cada caso.

En lo que se refiere a la Parcela 1 dentro de los primeros cuatro meses de muestreo (Figura 3) se observan más centros de agregación del insecto plaga en la región norte de los mapas con tendencias hacia las orillas derechas del mapa. Para el caso de los meses restantes (Figura 4) se observan más centros de agregación del insecto plaga en la región sur de los mapas con tendencias al centro y otras hacia las orillas izquierdas del mapa. De esta forma, encontramos que los mapas resultantes ayudan a identificar de manera visual la localización de los centros de agregación para que los productores implementen

Tabla 3. Índice I_m para la Parcela 1 en Malinalco, México

Muestreos Comparados	I_m	Muestreos Comparados	I_m
Junio 1 vs Junio 2	0,672	Octubre 2 vs Noviembre 1	-0,519
Junio 2 vs Julio 1	0,321	Noviembre 1 vs Noviembre 2	-0,277
Julio 1 vs Julio 2	-0,839	Noviembre 2 vs Diciembre 1	-1,429
Julio 2 vs Agosto 1	-1,566	Diciembre 1 vs Diciembre 2	-1,988
Agosto 1 vs Agosto 2	-1,371	Diciembre 2 vs Enero 1	-0,635
Agosto 2 vs Septiembre 1	0,507	Enero 1 vs Enero 2	-0,840
Septiembre 1 vs Septiembre 2	1,369	Enero 2 vs Febrero 1	-1,627
Septiembre 2 vs Octubre 1	-0,616	Febrero 1 vs Febrero 2	-0,401
Octubre 1 vs Octubre 2	0,593		

Valores de $I_m > 0$ indican asociación espacial

Tabla 4. Índice I_m para la Parcela 2 en Malinalco, México.

Muestreos Comparados	I_m	Muestreos Comparados	I_m
Junio 1 vs Junio 2	0,35	Octubre 2 vs Noviembre 1	-0,69
Junio 2 vs Julio 1	-0,21	Noviembre 1 vs Noviembre 2	-0,52
Julio 1 vs Julio 2	-0,64	Noviembre 2 vs Diciembre 1	-0,19
Julio 2 vs Agosto 1	-1,15	Diciembre 1 vs Diciembre 2	-0,51
Agosto 1 vs Agosto 2	-1,76	Diciembre 2 vs Enero 1	-1,42
Agosto 2 vs Septiembre 1	-0,77	Enero 1 vs Enero 2	-2,27
Septiembre 1 vs Septiembre 2	-1,65	Enero 2 vs Febrero 1	-0,39
Septiembre 2 vs Octubre 1	-2,05	Febrero 1 vs Febrero 2	-1,63
Octubre 1 vs Octubre 2	-2,74		

Valores de $I_m > 0$ indican asociación espacial

medidas de control específicas, que conlleven a ahorros económicos y ecológicos.

En este sentido, diversos trabajos han demostrado que los mapas de infestación ayudan en la formulación de programas de manejo integrado para plagas como lo reportaron Rivera-Martínez et al. (2017) quienes realizaron mapas de infes-

tación de trips, pero de todo el conjunto de especies. Por otro lado, Lasmar et al. (2012) reportaron que los mapas que se realizaron con esta técnica son de gran utilidad a la hora de tomar decisiones para el control de plagas de hormiga en cultivo de eucalipto.

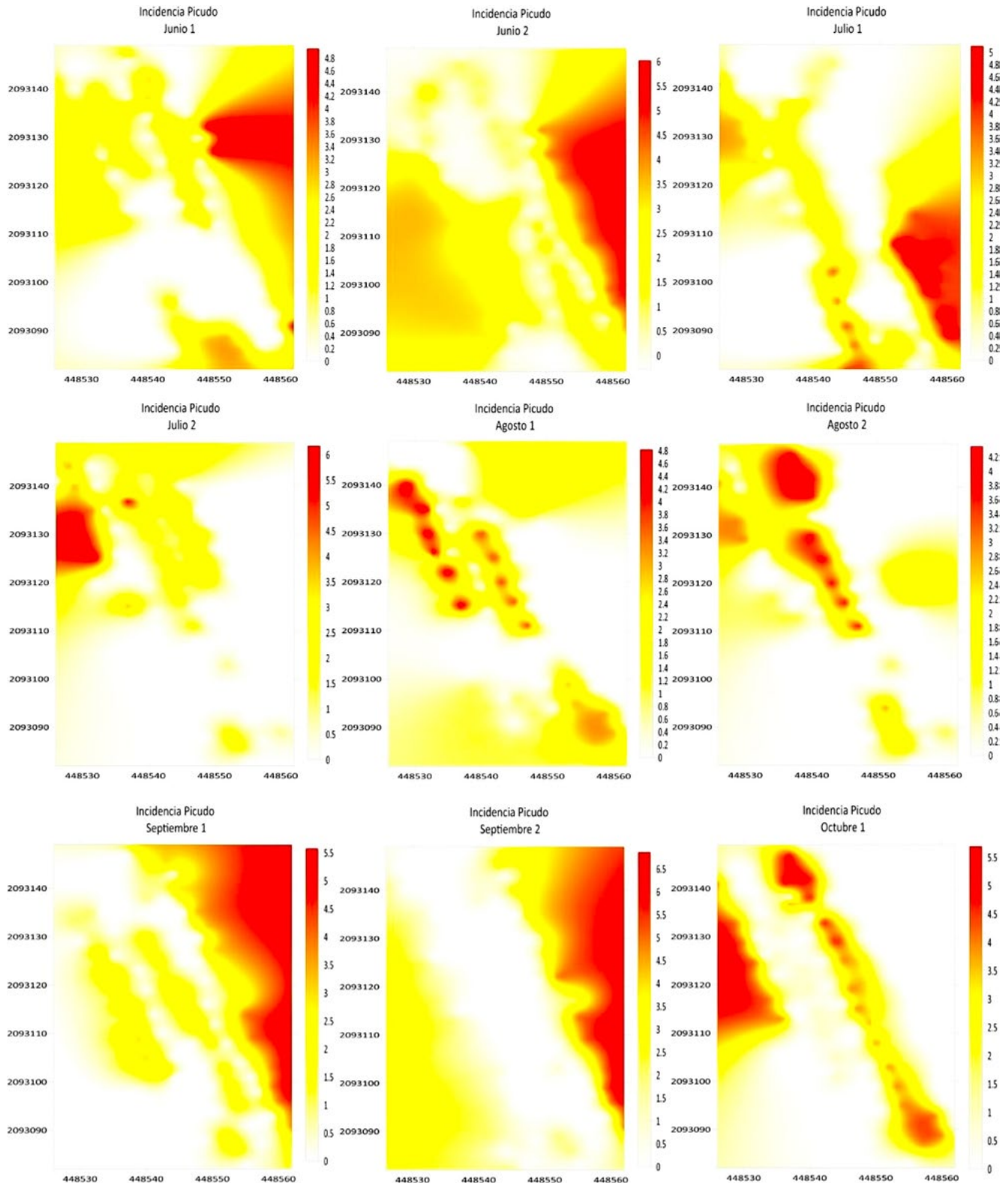


Figura 3. Mapas indicando los niveles de infestación de *Scyphophorus acupunctatus* correspondiente en la parcela 1, de junio a octubre 1 del año 2022 en Malinalco, México.

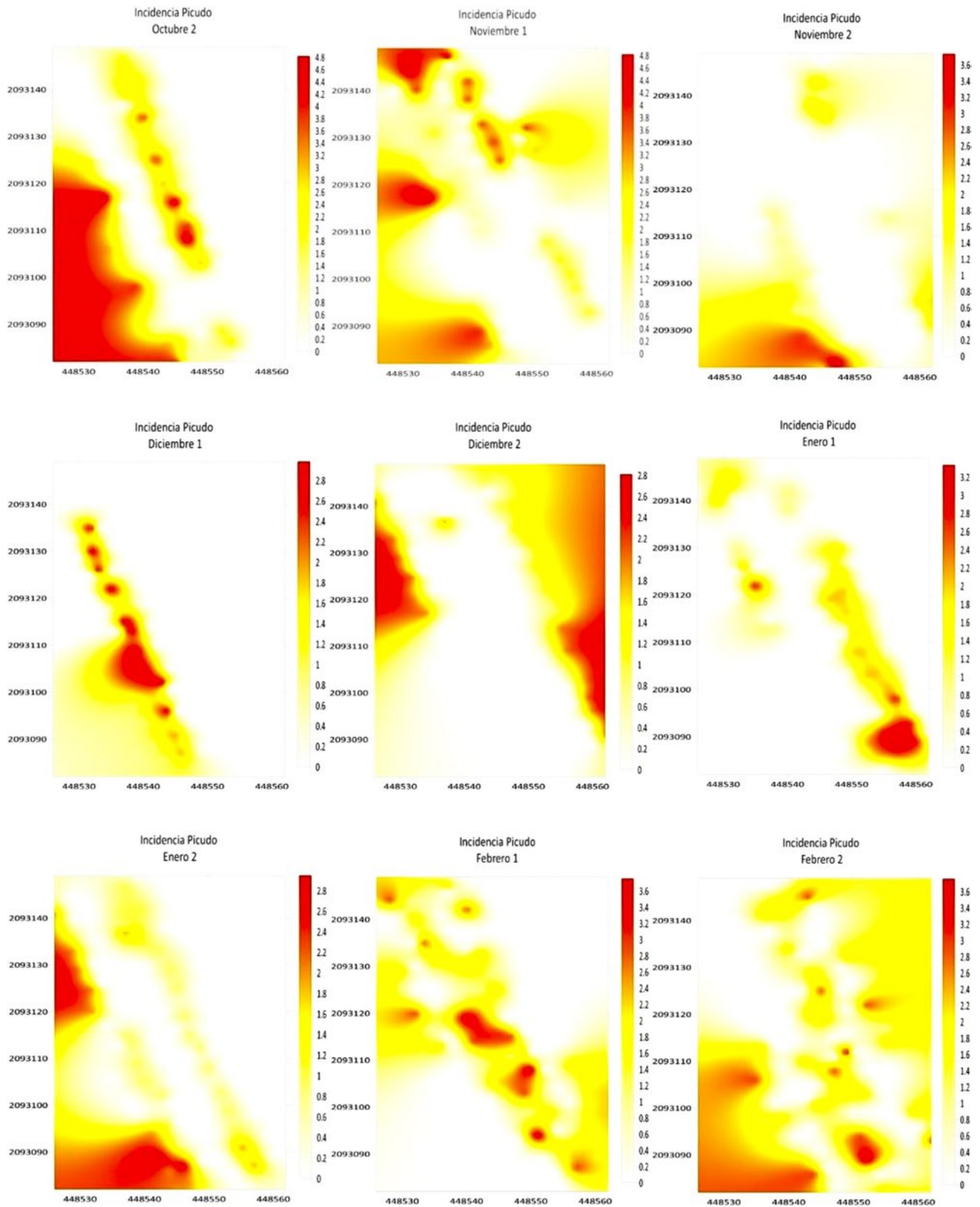


Figura 4. Mapas indicando los niveles de infestación de *Scyphophorus acupunctatus* correspondiente en la parcela 1, de octubre 2022 a febrero 2023 en Malinalco, México.

En los mapas generados a partir de los datos de los muestreos en la parcela 2 se aprecia que la superficie infestada, es decir en donde la distribución del picudo se localiza en puntos específicos de incidencia distribuidos en la zona de estudio, las poblaciones de picudo se ubicaron en centros de agregación. En el caso de la parcela 2 los primeros dos

meses (Figura 5) muestran centros de agregación en la región sur y norte de los mapas con tendencias al lado izquierdo. Para el resto de los meses no se muestra una gran presencia, hasta los meses de diciembre a febrero (Figura 6) en donde los centros de agregación en la región norte tienden a estar en el centro.

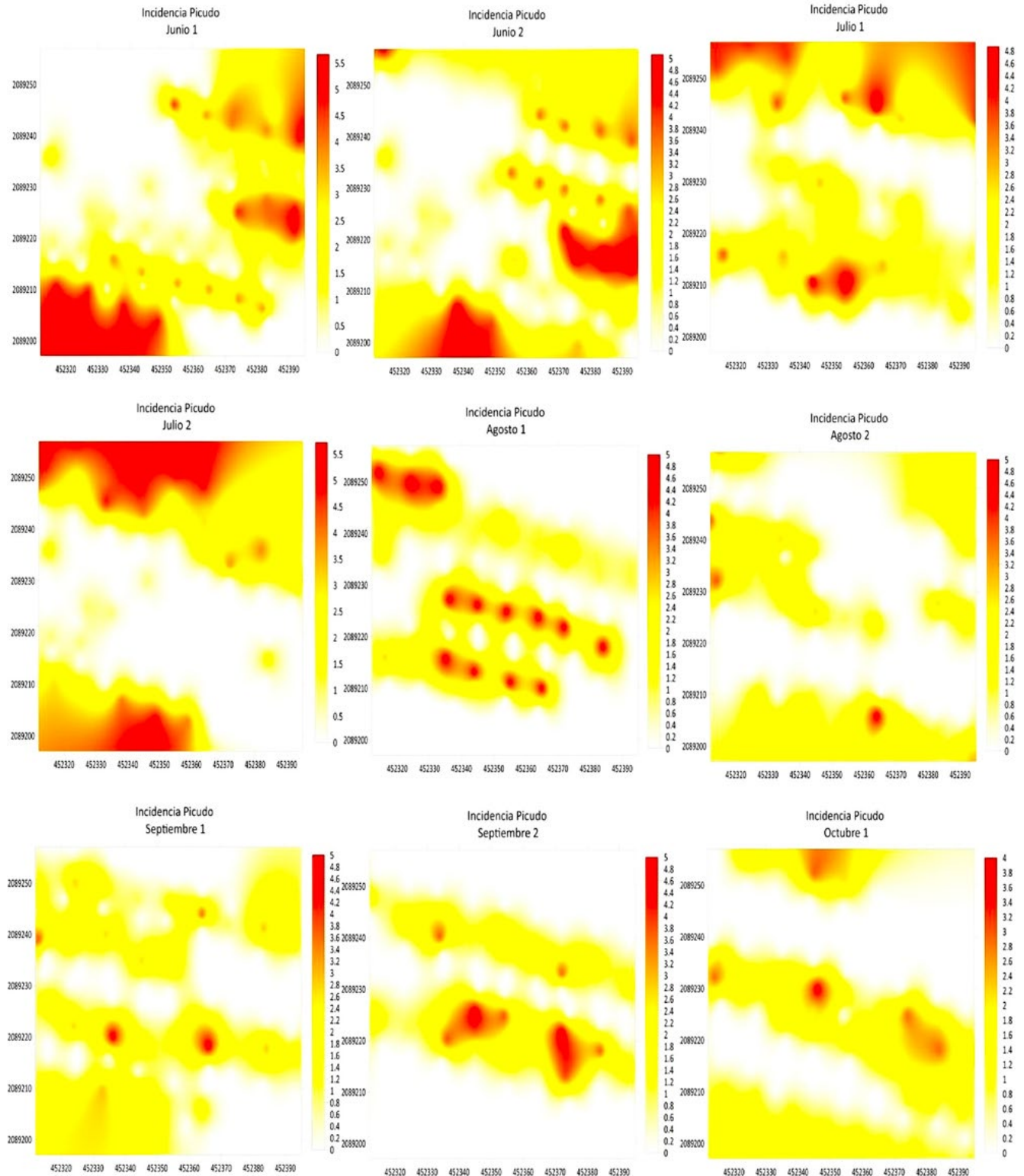


Figura 5. Mapas indicando los niveles de infestación de *Scyphophorus acupunctatus* correspondiente a la Parcela 2, de junio a octubre 1 del año 2022 en Malinalco, México.

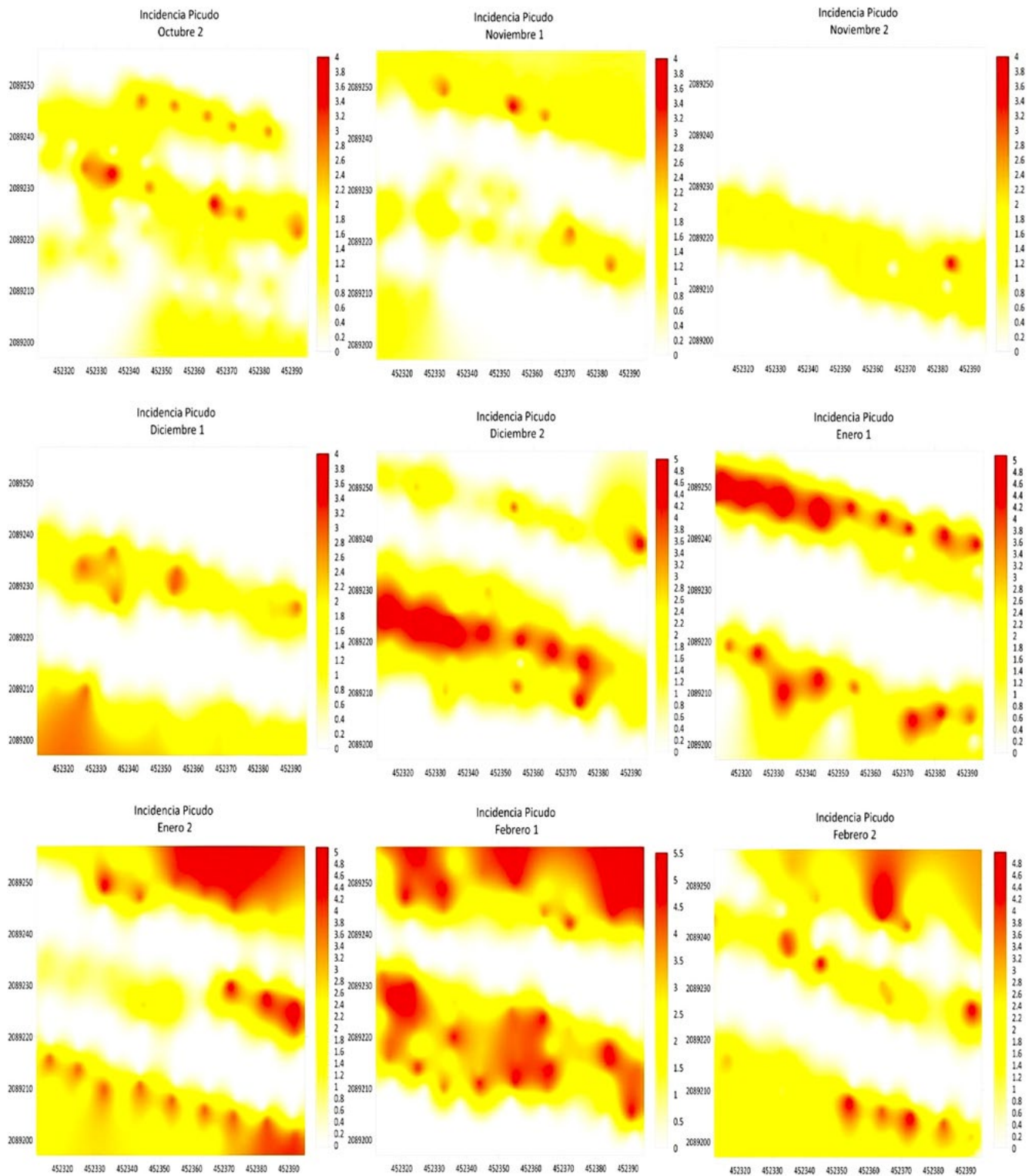


Figura 6. Mapas indicando los niveles de infestación de *Syphophorus acopunctatus* correspondiente a la Parcela 2, de octubre 2022 a febrero 2023 en Malinalco, México.

Como ya se mencionó, estos datos ayudan al productor a conocer el comportamiento del picudo, así como su estabilidad en tiempo y espacio, y de esta forma tomar acciones para prevenir o regular la plaga dentro del cultivo del agave, y establecer programas de manejo integrado. Enríquez (2019), mencionó que actualmente, para reducir las poblaciones de larvas y adultos de los picudos se aplican insecticidas de dife-

rentes ingredientes activos sobre las plantas. Sin embargo, la eficacia de los insecticidas sobre los picudos ha sido variable, en parte porque muchos de los insecticidas no llegan al interior de las plantas donde se encuentran las larvas.

En los mapas elaborados con el método del Krigeado Ordinario se observa que la superficie libre de infestación disminuyó conforme la densidad media del insecto plaga fue

mayor. En relación a los anterior, trabajos como (Esquivel & Jasso, 2014) reportaron cómo se realizó el mapeo de gusano soldado en maíz, *M. unipuncta*, el cual se comporta de manera agregada. Ferguson et al. (2003) mostraron cómo se comportan diferentes plagas en el cultivo de colza con mapas de infestación. Con estos mapas el productor puede decidir de manera rápida en donde debe de hacer sus aplicaciones de control.

En relación a lo anterior, la aplicación de insecticidas como único método de control ha provocado un alto impacto al medio ambiente y a la salud de los trabajadores agrícolas, en especial por los residuos que se generan durante y posteriormente de la aplicación de los insecticidas. Por esto es recomendable combinar con otras alternativas de control de los picudos como el control cultural (derribo y eliminación a tiempo de palmas y agaves infestados por los picudos), control etológico (uso de trampas cebadas con tejido de las plantas impregnadas con insecticidas y feromonas de agregación para capturar a los insectos) y el control biológico (Macedonio, 2015). Con respecto al control biológico algunos organismos benéficos para el control del picudo son los histeridos depredadores de larvas: *Hololeptera* spp., *Placodes ebeninus* Lewis y *Lioderma cacti* Maesul (Coleoptera: Histeridae) (Macedonio, 2015). Por último, se mencionan como entomopatógenos del picudo a los hongos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, y algunos nematodos como *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) (Macedonio, 2015).

El conocer el comportamiento espacial del picudo dentro de las unidades productivas del agave contribuye de manera directa con los productores, ya que puede realizar medidas de control dirigidas, estas acciones ayudan al desarrollo sustentable del agave en la región, ya que en los últimos años los productores han aumentado la producción.

La superficie infestada también se calculó con la ayuda de los mapas de infestación (Tablas 5 y 6), esta técnica ayuda a conocer en términos de porcentaje el nivel de infestación del insecto plaga dentro de la parcela. Para el caso de la parcela 1 (Tabla 5), en ningún mes muestreado se encontró un 100 % de infestación, sin embargo, para el mes de junio, segundo muestreo, se encontró el porcentaje más alto con un 76 % de infestación total de la parcela y el más bajo se encontró en el mes de enero, primer muestreo, con un 27 % de superficie infestada; para el resto de los muestreos los niveles fluctúan entre el 33 % y 65 % de la superficie infestada.

Para la parcela 2 (Tabla 6), el mismo caso, no se encontró en ningún mes un 100 % de infestación, por otro lado, para el mes de febrero segundo muestreo fue que se presentó el mayor porcentaje con un 69 % de superficie infestada y para el mes de noviembre segundo muestreo fue el más bajo con un 31 % de superficie infestada. Para esta misma parcela en el resto de los muestreos, la superficie infestada fluctuó entre 47 % y 68 %, cabe resaltar que en la mayor parte de los muestreos se mantiene de 60 % a 68 % de infestación, y solo 6 de los 17 muestreos se mantiene por debajo de 59 % de superficie infestada. En la interpretación de los datos es preciso no confundir el porcentaje de infestación con el número de insecto plaga por parcela, debido a que se pueden encontrar niveles de infestación elevados, pero con una fluctuación poblacional baja. En síntesis el nivel de infestación solo se refiere a si existe o no una presencia del insecto plaga dentro de la parcela y no al nivel de la población.

Tabla 5. Superficie infestada y no infestada (%) estimada mediante el muestreo de picudo en Malinalco, Estado de México (Parcela 1) en el año 2022 y 2023.

Mes	Muestreo	% Infestado	% No Infestado
Junio	1	56	44
Junio	2	76	24
Julio	1	61	39
Julio	2	57	43
Agosto	1	55	45
Agosto	2	49	51
Septiembre	1	60	40
Septiembre	2	61	39
Octubre	1	65	35
Octubre	2	33	67
Noviembre	1	48	52
Noviembre	2	44	56
Diciembre	1	33	67
Diciembre	2	47	53
Enero	1	27	73
Enero	2	34	66
Febrero	1	45	55
Febrero	2	59	41

Tabla 6. Superficie infestada y no infestada (%) estimada mediante el muestreo de picudo en Malinalco, Estado de México (Parcela 2) en el año 2022 y 2023.

Mes	Muestreo	% Infestado	% No Infestado
Junio	1	62	38
Junio	2	65	35
Julio	1	63	37
Julio	2	64	36
Agosto	1	54	46
Agosto	2	60	40
Septiembre	1	66	34
Septiembre	2	53	47
Octubre	1	58	42
Octubre	2	64	36
Noviembre	1	56	44
Noviembre	2	31	69
Diciembre	1	47	53
Diciembre	2	62	38
Enero	1	61	39
Enero	2	67	33
Febrero	1	68	32
Febrero	2	69	31

El método del SADIE demostró ser eficaz para conocer el tipo de distribución del picudo del agave, con los mapas obtenidos se puede realizar un manejo adecuado del insecto plaga ya que al conocer las zonas de infestación se pueden llevar a cabo controles en zonas específicas, con ello, disminuir el uso de agroquímicos que dañan el ecosistema y la salud humana, además se obtienen ahorros económicos para el productor. El manejo adecuado de los datos obtenidos permitirá dar recomendaciones específicas y oportunas a los productores de agave para contribuir a obtener productos más inocuos y mejorar la calidad tanto de productores como de consumidores.

Conclusiones

La distribución espacial del picudo del agave *S. acupunctatus* en el cultivo de agave fue de tipo agregada, en la mayor parte de los muestreos se registró más de un punto de agregación, esto se logró explicar mediante los índices de agregación *Ia* y *Ja* del método SADIE. Mediante el krigado se lograron establecer mapas de densidad del picudo en las dos localidades que fueron analizadas. En los mismos se pueden observar los centros de agregación y así mejorar el uso de las técnicas de la agricultura de precisión para el control de esta plaga. Se identificaron varias áreas con mayor presencia de la plaga, hacia donde se deben dirigir las medidas de control de manera focalizada hacia zonas con mayor infestación. Con los mapas obtenidos también se pueden realizar planes de manejo integrado del insecto plaga que ayuden a los productores a tomar decisiones oportunas y pertinentes en el manejo del picudo. De igual manera, al conocer la movilidad del insecto plaga podemos inferir su comportamiento en plantaciones futuras, lo cual ayudará a realizar un control sustentable de dicho problema. Finalmente, al conocer los centros de agregación los productores de agave mezcalero pueden realizar acciones de control dirigidas, lo cual se podría reflejar en ahorros económicos y medio ambientales.

Referencias

- Aquino, B. T., Iparraguirre, C. M. A., & Ruiz, V. J. (2007). *Scyphophorus acupunctatus (interstitialis)* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. *Revista UDO Agrícola*, 7, 175-180. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2550669>
- Arista, C. E. (2022). Incidencia del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal en cultivares de maguey pulquero en el noreste del Estado de México. [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. Repositorio: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4811/1/Arista_Carmona_E_MC_F_Entomologia_Acarologia_2022.pdf
- Arista-Carmona, E., González-Hernández, H., & Cibrián-Tovar, J. (2023). Incidencia, fluctuación poblacional y porcentaje de severidad de *Scyphophorus acupunctatus* en maguey pulquero en el noreste del estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 157-157. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.157>
- Barragán, F. E., Aguilar, J. H. A., Galicia, S. B. N., Juárez, R., Atonal, L. J. M. T., & Martínez, M. D. B. (2022). El picudo (*Scyphophorus scyphophorus*) un gran enemigo del agave en México. *Revista Frontera Biotecnológica*, 21, 26-33. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol21/index.html>
- CRM (Consejo Regulador del Mezcal). (2022). Informe Estadístico 2020. Recuperado febrero 2023 de <https://comercam-dom.org.mx/>
- Conrad. SADIEshell. Graphical User Interface (GUI). Versión 1.22; 2001
- Cortés, J. (2018). Métodos de estudio: transectos lineales. APC Asociación Primatológica Colombiana. <http://www.asoprimatologicacolombiana.org/notas-redprim/metodos-de-estudio-transectos-lineales>
- Enriquez, V. J. N. (2019). Control biológico de los picudos del agave y cocotero. El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). <https://www.ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Control-Biologico-de-los-Picudos-del-Agave-y-Cocotero/136>
- Esquivel Higuera, V., & Jasso García, Y. (2014). Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 923-935. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i6.879>
- Fernández-Díaz, M., Espinosa-Ramírez, J. G., & García-Jacas, C. R. (2016). Algoritmo paralelo para la interpolación espacial de Krigado Ordinario. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(3), 57-70. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992016000300005&script=sci_arttext&tlng=en
- Ferguson, A. W., Klukowski, Z., Walczak, B., Clark, S. J., Muggleston, M. A., Perry, J. N., & Williams, I. H. (2003). Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: implications for integrated pest management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95(2-3), 509-521. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00200-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00200-1)
- Gireesh, M., Rijal, J. P., & Joseph, S. V. (2021). SV Distribución espacial de los picudos cazadores (Coleoptera: Curculionidae). *Sod Farms Insects* 2021, 12(5), 402. <https://doi.org/10.3390/insects12050402>
- Golden Software. (2024). (Surfer 16.0) www.goldensoftware.com
- Lasmar, O., Zanetti, R., Santos, A., & Fernandes, B. V. (2012). Use of geostatistics to determine the spatial distribution and infestation rate of leaf-cutting ant nests (Hymenoptera: Formicidae) in eucalyptus plantations. *Neotropical Entomology*, 41, 324-332. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0040-1>
- Macedonio-Guevara, A. (2015). Abundancia estacional del picudo del agave en plantaciones de agave mezcalero en Guerrero. *Colegio de Posgraduados*. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2773>
- Maldonado-Zamora, F. I., Ramírez-Dávila, J. R., Lara-Díaz A. V., Rivera-Martínez, R., Acosta-Guadarrama, A. D., Figueroa-Figueroa, D. K., & Tapia-Rodríguez, A. (2017). Estabilidad espacial y temporal de la distribución de trips en el cultivo de aguacate en el Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 447-463. <https://doi.org/10.3958/059.042.0215>
- Mejía, C. D. (2022). Análisis espacial de las poblaciones de *Scirtothrips perseae* Nakahara en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) Utilizando el método de SADIE en México. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México,] Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137160>
- Moral-García, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*, 13(1), 78-86. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/582>
- Olvera-Vargas, L. A., Pardo-Núñez, J., Aguilar-Rivera, N., & Contreras-Medina, D. I. (2022). Detección de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* con técnicas geomáticas en Guerrero, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), e2241. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2241
- Perry, J. (1995). Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 64(3), 303-314. <https://doi.org/10.2307/5892>
- Perry, J., Bell, E., Smith, R., & Woivod, I. (1996). SADIE Software to measure and model spatial pattern. *Aspects of Applied Biology*, 46, 95-102. <https://repository.rothamsted.ac.uk/item/87734/sadie-software-to-measure-and-model-spatial-patterns>
- Perry, J. (1998). Measures of spatial pattern for counts. *Ecology*, 79(3), 1008-1017. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[1008:MOSPFC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[1008:MOSPFC]2.0.CO;2)
- Perry, J. N., & Dixon, P. (2002). A new method for measuring spatial association in ecological count data. *Ecoscience*, 9(2), 133-141. <https://doi.org/10.1080/11956860.2002.11682699>
- Reay-Jones, F. P. (2012). Spatial analysis of the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in wheat. *Environmental Entomology*, 41(6), 1516-1526.
- Rivera-Martínez, R., Acosta-Guadarrama, A. D., Ramírez-Dávila, J. F., Figueroa-Figueroa, D. K., Maldonado-Zamora, F. I., & Lara-Díaz, A. V. (2017). Distribución espacial de las poblaciones de adultos de *Bactericera cockerelli* Sulc. en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Southwestern Entomologist*, 42(4), 1057-1068. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68840/art+soutwestern+Distribuci%C3%B3n+Espacial+de+las+Poblaciones+de+Adultos+de+Bactericera.pdf?sequence=1>

- Ruiz-Montiel, C., Ramón-Domínguez, C. I., Domínguez-Reyes, L., Ainsa-Zarate, R., & Mendoza-López, M. R. (2017). Efecto de la Trampa y Atrayente sobre *Scyphophorus acupunctatus* en Agave. *Society of Southwestern Entomologists*, 42(1), 237-247. <http://dx.doi.org/10.3958/059.042.0121>
- SENASICA-DGSV. (2016). Picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal 1838) (Coleoptera. Dryophthoridae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México 13 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281890/Ficha_Tecnica_Picudo_del_agave_2016.pdf
- Solis-Aguilar, J. F., González-Hernández, H., Leyva-Vázquez, J. L., Equihua-Martínez, A., Flores-Mendoza, F. J., & Martínez-Garza, Á. (2001). *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*, 35(6), 663-670. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/149>
- Thompson, R. T. (1992). Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionoidea) with a key to major groups. *Journal of Natural History*, 26, 835-891. <https://doi.org/10.1080/00222939200770511>
- Valdés-Rodríguez, S., Ramírez-Choza, J. L., Reyes-Lopez, J., & Blanco-Labra, A. (2004). Respuestas del insecto max (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal [Coleoptera: Curculionidae]) hacia algunos compuestos atrayentes del henequén. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 20(3), 157-166. <https://doi.org/10.21829/azm.2004.2031589>

Origen y financiamiento

El origen del artículo es un trabajo realizado para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo Industrial por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad del Estado de México, dicho trabajo fue realizado por Melisa González Dávila, quien funge como primer autor del artículo de investigación. El apoyo con los materiales para realizar el trabajo fueron proporcionados por la Universidad Autónoma del Estado de México. Por otro lado, el Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMex, proporcionó lo necesario para la obtención de los resultados de cada muestreo.

Contribución de los autores

Melisa González-Dávila realizó la conceptualización de la investigación así como la escritura del borrador original, Dr. José Francisco Ramírez-Dávila participó en la investigación, supervisión y escritura y revisión y edición, Dr. Agustín David Acosta-Guadarrama participó en el tratamiento de datos, investigación, metodología y análisis formal, la Dra. Dulce Karen Figueroa-Figueroa participó en el análisis formal software y validación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.