

Comportamiento espacial del barrenador de la rama en aguacate utilizando el método del SADIE en el Estado de México

Roberto Rivera Martínez
José Francisco Ramírez Dávila[§]
Atenas Tapia Rodríguez
Dulce Karen Figueroa Figueroa
Agustín David Acosta Guadarrama
Rodolfo Serrato Cuevas

Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión-Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. Cerrillo Piedras Blancas s/n, carretera. Toluca-Ixtlahuaca km 15, entronque al Cerrillo, Toluca, Estado de México. CP. 50200. (rob_m@live.com.mx; atenastp@gmail.com; dk.figueroa@hotmail.com; davinn@hotmail.com; rserratoc@uaemex.mx).

Autor para correspondencia: jframirez@uaemex.mx.

Resumen

El cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) presenta diferentes problemas fitosanitarios que afectan su buen desarrollo y disminuyen la producción, uno de estos problemas es el barrenador de la rama (*Copturus aguacatae*), insecto que genera daños al barrenar la médula de la rama y en grandes infestaciones, causa aborto de flores y rompimiento de ramas, además está considerada como plaga de interés cuarentenario. Las poblaciones de este insecto y la importancia económica que representa, hacen importante implementar estudios que permitan conocer la distribución espacial del barrenador dentro de las huertas de aguacate, para de esta forma, aplicar medidas de control que sean eficaces. El objetivo de este estudio fue analizar la distribución espacial de *Copturus aguacatae* en el cultivo de aguacate utilizando la técnica del Spatial Analysis by Distance Indices. La estabilidad espacio temporal a corto plazo de la plaga se determinó con el índice de asociación de Spatial Analysis by Distance Indices, los resultados arrojaron que las poblaciones del barrenador de la rama se encuentran distribuidas de forma agregada dentro de las áreas de estudio en varios centros, con los mapas de densidad elaborados mediante la técnica del Krigado se corroboró la distribución antes mencionada. No se logró determinar una estabilidad espacial y temporal de las poblaciones del insecto en todas las fechas de muestreo. Las infestaciones no se presentaron en 100% de la superficie de las parcelas de aguacate, lo cual resulta importante, ya que así se pueden dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación.

Palabras clave: krigado, mapas de infestación, superficie infestada.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: marzo de 2022

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es la cuarta fruta más importante en el mundo (FAO, 2019). Su producción mundial se estima en 4.2 millones de toneladas, siendo México el principal con una producción promedio anual de 1 107 135.16 t en 134 322.12 ha (SIAP, 2019), de acuerdo con estos datos, se ha mostrado una tendencia creciente en superficie cultivada y volumen de producción, con predominio de la variedad Hass, la cual destaca por su demanda a nivel mundial (Naamani, 2007). De acuerdo con datos del SIAP (2019), el principal estado productor es Michoacán, seguido por Nayarit, Morelos y el Estado de México.

Por otro lado, el cultivo del aguacate presenta una gran diversidad de plagas, entre ellas, el barrenador de la rama (*Copturus aguacatae* Kissinger), el cual es nativo de México y sólo se ha reportado atacando al aguacate (*P. americana*) y sus diferentes variedades (García *et al.*, 1986). *Copturus aguacatae* se localiza en todas las plantaciones de aguacate de México, afectándolas considerablemente, con pérdidas aproximadas de 2 a 3 t ha⁻¹ (Sánchez *et al.*, 2012), la presencia de esta plaga representa un obstáculo para la exportación del fruto, por estar catalogada como plaga de interés cuarentenario, esta situación genera pérdidas económicas ya que el aguacate en lugar de exportarse y venderse a precios altos se tiene que comercializar localmente a precios diferentes a los exportados (Urías, 2007).

En México, la regulación de esta plaga se establece en la norma oficial mexicana NOM-066-FITO-2002 (SAGARPA, 2005), la cual tiene especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate, la cual se aplica bajo la campaña fitosanitaria de plagas reglamentadas de aguacatero (De Dios Ávila *et al.*, 2016).

Los adultos de *Copturus aguacatae* son de cuerpo romboideo miden de 3.77 a 5 mm de largo y de 2 a 2.5 mm de ancho, de color negro a rojizo, con pequeñas escamas de color blanco, rojo, naranja y negro que le dan tonalidades pardo-rojizas; las hembras son más grandes que los machos (SENASICA, 2010). El ataque se detecta por la presencia de pequeños puntos de color blanco de consistencia polvosa en las ramas (García *et al.*, 1967). Los daños consisten en lesiones producidas por las larvas que barrenan a través de la epidermis hasta llegar a la médula de la rama; asimismo, los adultos causan lesiones en los brotes tiernos, en las cuales ovipositan las hembras. Estos daños causan la defoliación de la planta provocando el aborto de flores y frutos, y consecuentemente la disminución de la producción (Talavera y Padilla, 2003).

El monitoreo de las poblaciones de las plagas es un procedimiento muy importante para poder llevar a cabo un manejo adecuado, ya que con ello se puede tener un panorama de cómo se encuentra distribuido dentro de las parcelas de estudio (Esquivel y Jasso, 2014). Para poder utilizar adecuadamente la información derivada del monitoreo es necesario establecer puntos de muestreos que generen datos fehacientes (Maldonado *et al.*, 2017) con los cuales, en este caso, se podrá visualizar el comportamiento espacial de *C. aguacatae*.

La infestación de esta plaga hace importante implementar actividades que permitan conocer su ubicación dentro de las parcelas; por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el análisis espacial de *Copturus aguacatae* en el cultivo de aguacate utilizando las herramientas del SADIE.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en dos municipios productores de aguacate en el Estado de México: Coatepec Harinas y Donato Guerra. En cada municipio se establecieron cuatro parcelas de dos hectáreas cada una, cada parcela se dividió en cuadrantes de 20x20 m para tener un total de 50 cuadrantes por parcela. Bajo el método de muestreo por cuadrantes se tomaron 25 al azar y de cada cuadrante se seleccionaron dos árboles al azar para tener un total de 50 árboles por parcela, dando un total de 200 árboles por municipio (Figura 1). Se verificó que las plantaciones fueran de aguacate de la variedad Hass (árboles de siete años) y que no hicieran aplicación de agroquímicos para el control de plagas. En dichas parcelas se identificó la presencia de la plaga visualizando pequeños puntos de color blanco de consistencia polvosa en las ramas (García *et al.* 1967).

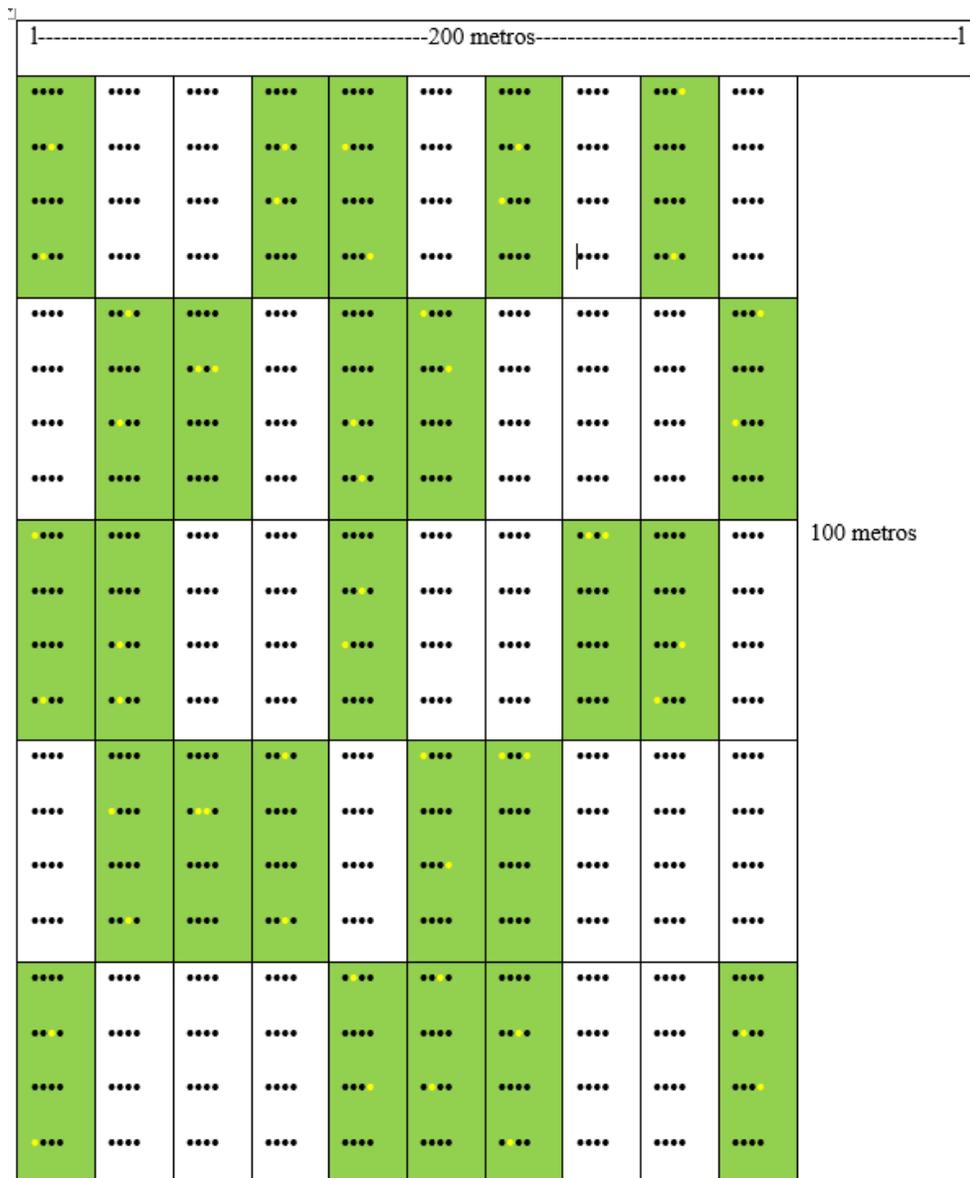


Figura 1. Representación del muestreo en campo para la interpolación de los datos.

Cada árbol muestreado fue etiquetado y georreferenciado mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS). Los muestreos se realizaron los días 1 y 15 de cada mes de enero a diciembre de 2019 y para el muestreo de los adultos de *C. aguacatae* se colocaron bandas plásticas de color azul de 60 cm de largo por 20 cm de ancho (Gasca-Corona y Equihua-Martínez, 1999) provistas con adhesivo llamado Spider plus.

Las bandas eran revisadas los días 1 y 15 de cada mes para realizar el conteo de adultos capturados y se colgaban nuevamente para los siguientes muestreos. Se colocó una banda plástica en los tres estratos del árbol (bajo, medio y alto) por cada punto cardinal teniendo 12 trampas por árbol.

Análisis espacial por índices de distancia (SADIE)

SADIE ha sido desarrollada por el Dr. Joe N. Perry del Dpto. de Entomología y Nematología de Rothamsted Experimental Station (Reino Unido). Esta herramienta identifica 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 incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico. Perry (1995) desarrolló y extendió el uso del índice de la distancia para la regularidad (I_a) para el establecimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos. Además, introdujo dos diagramas de diagnóstico como ayuda a la interpretación y un índice nuevo para estimar el número de focos de agrupamiento de una población, el índice J_a .

Elaboración de mapas

Se realizó la interpolación de valores a través del krigeado ordinario que permite la estimación sin sesgos de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada fecha de muestreo mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc., Golden, CO).

Estabilidad espacial y temporal

Para llevar a cabo la comparación entre los diferentes mapas obtenidos con el krigeado se utilizó el índice I_m (índice de asociación) del SADIE para establecer la estabilidad espacio temporal (Perry Klukowsky, 1997). Esta comparación de fechas de muestreo puede dar indicaciones de la dinámica espacio temporal del insecto o de la posibilidad de encontrar una estabilidad numérica en el espacio y el tiempo. Si $I_m > 0$, es indicativo de que existe una asociación o una estabilidad espacio temporal entre los mapas. La determinación de la estabilidad se realizó con el programa SADIE 1.22.

Resultados

Con los datos obtenidos fue posible generar la modelización espacial y el mapeo de las poblaciones de *C. aguacatae* en las huertas de aguacate. Las medias poblacionales del insecto en el municipio de Coatepec Harinas fueron de 7.42 individuos por árbol en el mes de junio en su segundo muestreo, siendo este valor de infestación el más alto registrado en todos los meses de muestreo, mientras que la infestación con menor densidad fue en el mes de noviembre en el primer muestreo. Cabe mencionar, que en el segundo muestreo de noviembre y en el mes de diciembre ya no hubo presencia de adultos de *C. aguacatae*.

En cuanto al municipio de Donato Guerra los meses que registraron mayor presencia de adultos fueron mayo y junio, este último con una media de 6.05 insectos por árbol y el mes que hubo menor presencia de barrenador fue septiembre con una media de 0.29 adultos por árbol, en este municipio ya no se registró presencia del insecto en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Los resultados obtenidos con la aplicación de los índices del SADIE en el municipio de Coatepec Harinas mostraron los valores comprendidos entre 1.30 el más bajo y 1.77 el más alto. Para el municipio de Donato Guerra el valor más bajo fue de 1.29 y el más alto de 1.74 (Cuadro 1) en todos los casos el índice I_a fue significativamente mayor a uno, esto con respecto a su probabilidad P_a , lo que indica una distribución espacial agregada de *C. aguacatae* en el cultivo de aguacate en todos los muestreos realizados para los dos municipios. En el segundo muestreo de noviembre y los dos de diciembre no hubo captura de *C. aguacatae*.

Cuadro 1. Valor de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en las poblaciones de *Copturus aguacatae* en Coatepec Harinas y Donato Guerra 2019.

Muestreo	Coatepec Harinas				Donato Guerra 2017			
	I_a	P_a	J_a	Q_a	I_a	P_a	J_a	Q_a
Enero 01	1.4	0.1 s	1.08	0.145 ns	1.4	0.007 s	1.1	0.135 ns
Enero 15	1.5	0.002 s	1.15	0.168 ns	1.3	0.011 s	1.2	0.184 ns
Febrero 01	1.4	0.005 s	1.21	0.155 ns	1.6	0.014 s	1.1	0.143 ns
Febrero 15	1.6	0.017 s	1.18	0.185 ns	1.3	0.014 s	1.2	0.167 ns
Marzo 01	1.3	0.008 s	1.2	0.206 ns	1.4	0.005 s	1.3	0.208 ns
Marzo 15	1.6	0.011 s	1.25	0.166 ns	1.7	0.009 s	1.2	0.236 ns
Abril 01	1.7	0.007 s	1.16	0.217 ns	1.4	0.01 s	1.1	0.133 ns
Abril 15	1.5	0.006 s	1.14	0.158 ns	1.6	0.008 s	1.1	0.219 ns
Mayo 01	1.7	0.009 s	1.1	0.249 ns	1.6	0.015 s	1.1	0.153 ns
Mayo 15	1.6	0.016 s	1.13	0.193 ns	1.5	0.017 s	1.1	0.178 ns
Junio 01	1.8	0.01 s	1.18	0.252 ns	1.6	0.006 s	1.2	0.227 ns
Junio 15	1.3	0.003 s	1.2	0.149 ns	1.4	0.012 s	1.1	0.159 ns
Julio 01	1.7	0.005 s	1.24	0.271 ns	1.7	0.008 s	1.2	0.252 ns
Julio 15	1.8	0.003 s	1.09	0.174 ns	1.6	0.004	1.2	0.269 ns
Agosto 01	1.7	0.004 s	1.09	0.257 ns	1.7	0.015	1.1	0.277 ns
Agosto 15	1.4	0.012 s	1.09	0.266 ns	1.7	0.006	1.3	0.272s
Septiembre 01	1.5	0.013 s	1.23	0.221 ns	1.3	0.012	1.2	0.213s
Septiembre 15	1.3	0.008 s	1.21	0.21 ns	1.7	0.005	1.2	0.148s
Octubre 01	1.8	0.01 s	1.16	0.137 ns	-	-	-	-
Octubre 15	1.6	0.012 s	1.11	0.246 ns	-	-	-	-
Noviembre 01	1.7	0.009 s	1.07	0.234 ns	-	-	-	-

En cuanto al índice J_a los valores en el municipio de Coatepec Harinas fueron de 1.07 el más bajo y de 1.25 el más alto, mientras que en el municipio de Donato Guerra se obtuvieron valores entre 1.08 y 1.25 respectivamente (Cuadro 1). Este índice (J_a) en todos los muestreos de los dos municipios no fue significativamente mayor a uno, esto tomando en cuenta su probabilidad Q_a , este

resultado confirma la agregación encontrada por el índice I_a y además al tener datos que no fueron significativamente mayores a uno permite determinar que la distribución espacial del insecto dentro de las huertas de aguacate se concentra en más de un centro de agregación.

Los mapas de infestación mostraron que las poblaciones de adultos de *C. aguacatae* se ubicaron en centros de agregación; es decir, su localización se encuentra en puntos específicos, dentro de las huertas de aguacate. En el municipio de Coatepec Harinas en los meses de enero, febrero, marzo y abril (1) los centros de agregación se ubicaron en la parte central e izquierda del mapa; sin embargo, en los meses de abril (15), mayo, junio, julio y agosto los centros de agregación se distribuyen a lo largo del mapa, teniendo infestaciones tanto en las partes centrales izquierda y derecha como superior e inferior y para finalizar, en los meses de septiembre y octubre (1) los centros de agregación se ubicaron en la parte superior izquierda del mapa y en octubre (15) y noviembre los centros de agregación se situaron en la parte central e inferior del mapa (Figura 2).

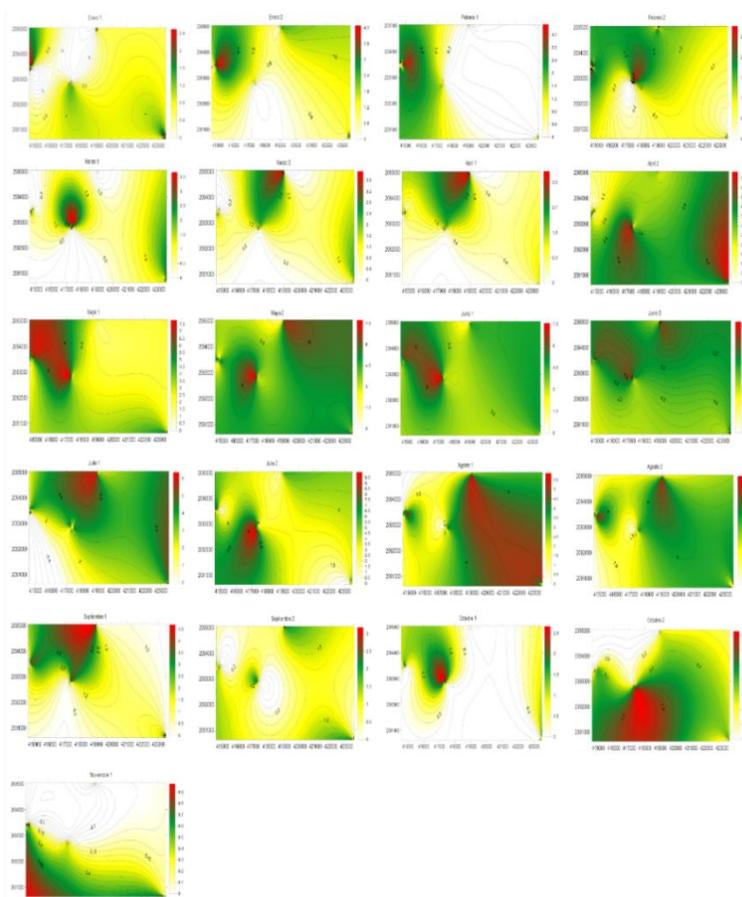


Figura 2. Mapas de densidad de poblaciones de *C. aguacatae* en aguacate de Coatepec Harinas.

En cuanto al municipio de Donato Guerra los centros de agregación más marcados se situaron en la parte central izquierda de los mapas; sin embargo, en algunos casos también se encontraron centros de agregación en el área derecha del mapa fue el caso de enero (15) y agosto (15) (Figura 3). En los mapas de densidad obtenidos con la técnica del krigeado se observan los centros de agregación de las poblaciones de *C. aguacatae* a este tipo de representaciones gráficas se les puede dar un uso por medio del cual se pueden dirigir las diferentes medidas de control ya sean químicas, biológicas, mecánicas, etc. de forma precisa hacia los puntos de infestación.

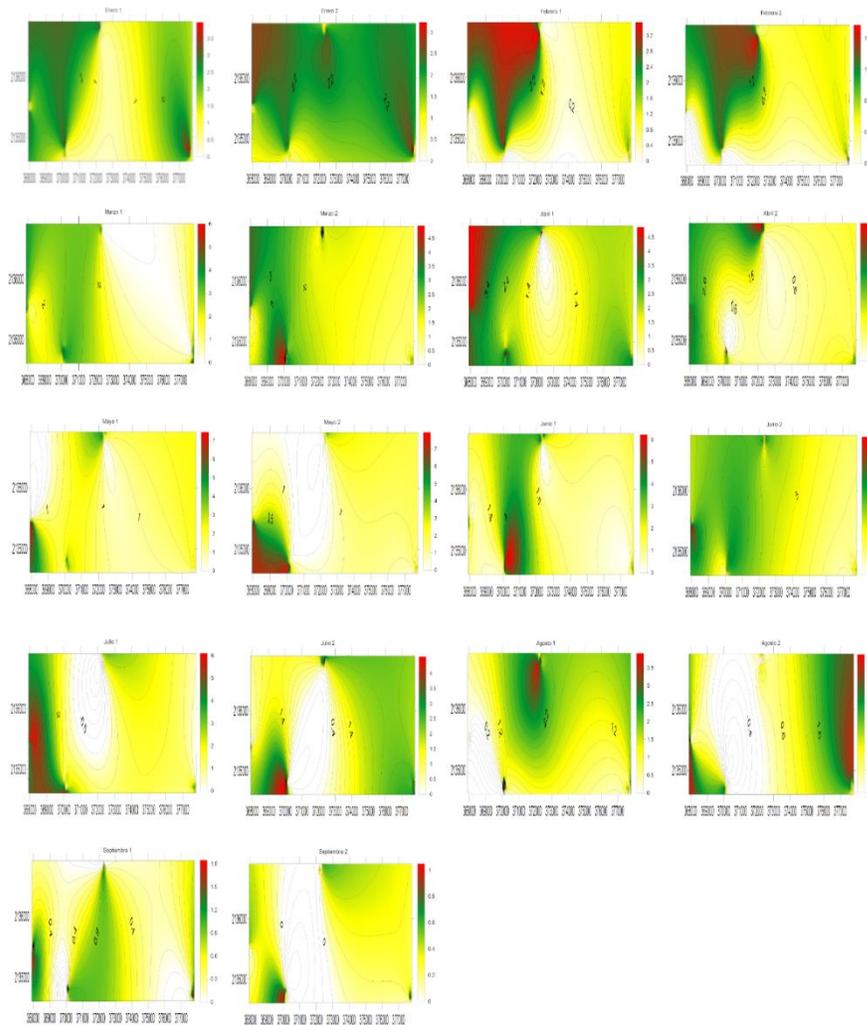


Figura 3. Mapas de densidad de poblaciones de *C. aguacatae* en aguacate de Donato Guerra.

Superficie infestada

En el municipio de Coatepec Harinas los porcentajes de infestación de 100% solo se dieron en los meses de mayo y junio; sin embargo, en los meses de julio y agosto también se obtuvieron porcentajes altos con una variación de 86% a 99% de infestación, por otro lado los meses en los que se obtuvieron niveles de infestación bajos, fueron los de febrero (1) con 41% y octubre con 40% de infestación, cabe mencionar que en el segundo muestreo de noviembre y todo el mes de diciembre no se encontró la presencia de *C. aguacate*, por lo que no se muestran resultados de esos muestreos.

Para el municipio de Donato Guerra en los muestreos de los meses de enero (15), marzo (15) y junio (15) fueron en los que se obtuvo 100% de superficie infestada en los demás muestreos fueron bajando los porcentajes de infestación siendo el porcentaje más bajo el obtenido en el mes de marzo (1) con 64% de infestación (los rangos de infestación estuvieron comprendidos entre 64% el valor más bajo y 100% el valor más alto).

Estos porcentajes de infestación son importantes para determinar el grado de incidencia del insecto en las parcelas de aguacate y de esta manera tomar las acciones necesarias para realizar un manejo de la plaga y según los meses en los que se tiene mayor o menor porcentaje de infestación se deben aplicar las diferentes medidas de control que ayuden a bajar las poblaciones del insecto plaga.

Estabilidad espacial y temporal

En el municipio de Coatepec Harinas las comparaciones entre fechas de muestreo indicaron que marzo 01 vs marzo 15, marzo 15 vs abril 01, abril 15 vs mayo 01, mayo 01 vs mayo 15, mayo 15 vs junio 01, junio 01 vs junio 15, julio 15 vs agosto 01, agosto 01 vs agosto 15 dieron como resultado un índice I_m mayor a 0, indicando con esto que no existió diferencia significativa; es decir, se detectó asociación espacial entre los mapas comparados por lo que fue posible detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo de las poblaciones de *C. aguacatae* entre esas fechas comparadas. Sin embargo, en las otras comparaciones realizadas no fue posible detectar una estabilidad espacial (Cuadro 2).

Para el municipio de Donato Guerra sólo se logró detectar estabilidad espacio temporal en las fechas comparadas enero 01 vs enero 15, febrero 01 vs febrero 15, abril 01 vs abril 15, abril 15 vs mayo 01 y junio 01 vs junio 15, ya que se obtuvo un índice I_m con valores mayores a cero, en las demás fechas comparadas los valores de este índice no fueron mayores a cero, por lo que es indicativo de que no existe una estabilidad espacio-temporal de *C. aguacatae* dentro de las huertas de aguacate (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de mapas con el índice I_m del SADIE en Coatepec Harinas y Donato Guerra.

Muestreos comparados	Coatepec Harinas	Donato Guerra
	I_m	I_m
Enero 01 vs enero 15	-0.24	0.29
Enero 15 vs febrero 01	-0.15	-1.77
Febrero 01 vs febrero 15	-2.45	2.75
Febrero 15 vs marzo 01	-0.19	-0.46
Marzo 01 vs marzo 15	1.27	-0.18
Marzo 15 vs abril 01	1.68	-3.28
Abril 01 vs abril 15	-0.33	2.08
Abril 15 vs mayo 01	1.67	4.05
Mayo 01 vs mayo 15	2.06	-0.44
Mayo 15 vs junio 01	1.2	-0.21
Junio 01 vs junio 05	3.11	2.93
Junio 15 vs julio 01	-3.82	-2.86
Julio 01 vs julio 15	-1.6	3.61
Julio 15 vs agosto 01	2.23	-1.13
Agosto 01 vs agosto 15	1.91	-1.7

Muestreos comparados	Coatepec Harinas	Donato Guerra
	Im	Im
Agosto 15 vs septiembre 01	-3.44	-2.94
Septiembre 01 vs septiembre 15	-1.56	-2.07
Septiembre 15 vs octubre 01	-3.62	-
Octubre 01 vs octubre 15	-2.88	-
Octubre 15 vs noviembre 01	-1.36	-

Valores de Im >0 indican asociación espacial.

La estabilidad espacio temporal a corto plazo en las poblaciones de *C. aguacatae* se logró detectar sólo en algunas comparaciones entre fechas muestreadas para los dos municipios en las demás fechas no se encontró una estabilidad espacial. Este fenómeno puede ser explicado debido a que las condiciones medioambientales fueron muy variables durante la época de muestreo lo que favoreció la movilidad de *C. aguacatae* a ciertas zonas en las que posiblemente se encontraban micro condiciones climáticas que le favorecían para su desarrollo, otra posibilidad puede ser que influya el tamaño de las parcelas en las cuales no se permita detectar similitudes en la forma de agregarse del insecto.

Discusión

El uso de la metodología del SADIE ha tenido resultados positivos en el estudio de organismos biológicos y su distribución espacial, tal como lo indican (Ferguson *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2001; Alexander *et al.*, 2005; Winder *et al.*, 2005; Conrad *et al.*, 2006; Ramírez-Dávila y González-Andujar, 2007). La distribución espacial de *Copturus aguacatae* dentro de las huertas de aguacatero en los municipios de Donato Guerra y Coatepec Harinas en el Estado de México, indicó que *C. aguacatae* se presentó en forma de parches en puntos geográficos específicos dentro del cultivo para los dos municipios estudiados, dichos resultados concuerdan con lo determinado por Reay-Jones (2012), quien encontró que las poblaciones del *Oulema melanopus* Linnaeus. (escarabajo de la hoja en trigo) se encuentran en una estructura espacial agregada, tanto los huevos, larvas y adultos. Maldonado *et al.* (2017) mostraron que las poblaciones de trips se distribuyen de forma agregada en diferentes centros de agregación dentro de las huertas de aguacatero, por otro lado, Ramírez *et al.* (2013) determinaron también la estructura espacial agregada de trips en diferentes centros de agregación en plantaciones de aguacatero en Michoacán, México.

Este tipo de trabajos también se han aplicados exitosamente en estudios de plantas parásitas como hicieron Ramírez y Porcayo (2009), quienes estudiaron la distribución espacial de *Arceuthobium* sp. (muérdago enano) utilizando los índices del SADIE y encontraron una estructura espacial agregada distribuida en diferentes centros de agregación, y en enfermedades del maíz como lo indican Ramírez *et al.* (2011) quienes encontraron que *Sporisorium reilianum* ((Kühn) Langdon y Fullerton) se encuentra distribuida en las parcelas de maíz de manera agregada ubicándose en varios centros de agregación.

El comportamiento espacial de las poblaciones de *C. aguacatae* en forma agregada, permite sugerir que se pueden manejar y por lo tanto, reducir al aplicar medidas de control hacia los centros de agregación o puntos específicos en los que se encuentra la plaga y con ello evitar aplicaciones

generalizadas o de cobertura total, lo cual lleva a un ahorro en los insumos, visualizando los focos de infestación a través de los mapas generados. Lo anterior, concuerda con Rong *et al.* (2006); Esquivel y Jasso (2014) quienes, respectivamente propusieron el manejo de *Locusta migratoria manilensis* Linnaeus (langosta migratoria) y de *Spodoptera exigua* Hübner (gusano soldado) en el cultivo de maíz en puntos específicos de presencia de la plaga.

Con el uso de los mapas de infestación se puede sugerir a los productores llevar a cabo un manejo integrado de la plaga en la que se pueden emplear métodos de control tales como el control biológico donde se pueden utilizar hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* Bassi o *Metarhizium anisopliae* Sorokin (Coria *et al.*, 2007), también se pueden utilizar insectos parasitoides como *Urosigalphus avocadoe* Gibson (Hernández *et al.*, 2009) el cual presenta alta especificidad de larvas por lo cual es útil en el manejo de estas poblaciones.

Tanto los hongos entomopatógenos como el parasitoide se aplicaría en los meses donde las poblaciones de adultos son menores y de esta manera regular poblaciones futuras, si estas alternativas no funcionan eficazmente se pasa al control cultural con el uso de podas sanitarias en las que las ramas tienen que ser incineradas para eliminar huevos y larvas de la plaga y tomando en cuenta que los productores de aguacate en el Estado de México tienden a reducir el uso de agroquímicos se tomaría como última opción el control químico con el producto Malathion en aplicaciones al follaje.

El cálculo de la superficie infestada con base a los mapas de densidad indica que la plaga no se distribuyó en 100% del área estudiada, por lo que la infestación del insecto no se da de manera uniforme. Este tipo de resultados concuerdan con los encontrados por Quiñones *et al.* (2015) quienes encontraron que las poblaciones de trips en el cultivo del gladiolo no infestaron 100% de la parcela y estos se encontraban en forma agregada en puntos específicos de infestación, Esquivel y Jasso (2014) realizaron un estudio de distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades en el Estado de México en maíz y encontraron que en ninguna de las localidades se presentó un área de infestación de 100% y el porcentaje máximo alcanzado fue de 94%; Jiménez *et al.* (2013) reportaron que las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripinae) en tomate de cáscara no se distribuyen en la totalidad de las parcelas.

Contrario a esto Jiménez *et al.*, (2008), determinaron la distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal (Coleóptera: Curculionidae) en *Quercus ilex* Linneo, ellos elaboraron cuatro mapas de densidad, uno por cada año, utilizando el método de la distancia inversa como interpolador del programa Surfer 7, estos mapas indican que el insecto se localizó por toda la parcela con una distribución espacial agregada.

La estabilidad espacio temporal de la distribución espacial de *C. aguacatae* en aguacatero, fue obtenida con el índice I_m del SADIE, con el cual se hicieron comparaciones entre fechas muestreadas para los dos municipios, en los cuales se encontró estabilidad espacial sólo en los meses de mayor infestación, el encontrar estabilidad espacial de las plagas dentro de un cultivo resulta interesante ya que de esta forma se puede hacer una predicción y con ello dirigir medidas de control hacia zonas futuras de infestación y puntos geográficos específicos que requieran un manejo y con esto abrir la puerta a las técnicas de la agricultura de precisión en el control de plagas.

Este tipo de estudios también han sido realizados por Maldonado *et al.* (2017) quienes encontraron estabilidad espacial de trips en el cultivo de aguacate solo en ciertas fechas de muestreo, dichas fechas corresponden a los meses en los que se encontró mayor incidencia. Esquivel y Jasso (2014) encontraron que el gusano soldado en el cultivo del maíz tiene una estabilidad espacio temporal a corto plazo. Ramírez *et al.* (2011) encontró que *Sporisorium reilianum* en el cultivo de maíz tenía una estabilidad espacial en algunas fechas de muestreo y en otras no se encontraba dicha estabilidad. Ramírez y Porcayo (2009) encontraron que las larvas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* Bergenin & Zanon (Homóptera: Cicadellidae) tuvieron una estabilidad espacial y temporal a corto plazo en un viñedo de Andalucía España.

Conclusiones

Se logró determinar la distribución espacial de *Copturus aguacatae* dentro de las huertas de aguacatero en los municipios de Donato Guerra y Coatepec Harinas en el Estado de México, utilizando los índices del SADIE (Ia y Ja), los cuales indicaron que *C. aguacatae* se presentó en forma de parches en puntos geográficos específicos dentro del cultivo.

La utilización de este tipo de técnicas para establecer la estructura espacial de los insectos plaga es de gran importancia, ya que así se puede conocer la distribución y fluctuación poblacional de los organismos dentro de los cultivos. Lo anterior, puede ayudar a la implementación de programas de manejo integrado de la plaga estudiada y poder dirigir las diferentes medidas de control, ya sea biológicas, culturales, físicas, químicas, etc. hacia zonas específicas de infestación, lo cual traerá como consecuencia la disminución del uso de agroquímicos, menor impacto ambiental, también evitar que las plagas generen resistencia y a los productores les redituará al tener un mayor beneficio económico.

Literatura citada

- Alexander, C. J.; Holland, J. M.; Winder, L.; Wolley, C. and Perry, J. N. 2005. Performance of sampling strategies in the presence of known spatial patterns. *Ann. Appl. Biol.* 146(3):361-370. Doi:<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.040129.x>.
- Conrad, K. F.; Perry, J. N.; Woiwod, I. P. and Alexander, C. J. 2006. Large scale temporal changes in spatial pattern during declines of abundance and occupancy in common moth. *J. Insect. Conservation.* 10(1):53-64.
- Coria, A. V. M.; Pescador, A.; López, E.; Lezama, R.; Salgado, R.; López, M.; Vidales, A. y Muñoz, J. 2007. Autoecología del barrenador de las ramas *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) del aguacate en Michoacán, México. *In: Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate)*. Viña Del Mar, Chile. 12-16. ISBN: 978-956-17-0413-8.
- De Dios-Ávila, N.; Cambero-Campos, J.; Coronado-Blanco, J. M.; Carvajal-Cazola, C.; Ríos-Velasco, C. y Peña-Sandoval, G. 2016. Primer registro de *Neocatolaccus tylodermae* Ashmead en México como parasitoide de *Copturus aguacatae* Kissinger. *Southwestern Entomologist.* 41(4):1203-1206.
- Esquivel, H. V. y Jasso, G. Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(6):923-935.

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Country indicators. <http://www.fao.org/3/y5143s/y5143s13.htm>.
- Ferguson, W.; Klukowski, Z.; Walczak, B.; Perry, J. N.; Mugglestone, M.; Clark, S. and Williams, I. 2000. The spatio-temporal distribution of adult *Ceutorhynchus assimilis* in a crop of winter oilseed rape in relation to the distribution of their larvae and that of the parasitoid *Trichomalus perfectus*. *Entomol. Exp. Appl.* 95(2):161-171. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00654.x>.
- García, A. M.; Méndez, V. M. y Morales, A. G. 1967. El aguacatero: plagas y enfermedades. *Fotófilo*. 56(1):12-14.
- García, M. C.; Mújica, R.; Vázquez, N. y Aranda, E. 1986. Fenología de *Copturus aguacatae* (Coleoptera: Curculionidae) en tres regiones del Estado de Morelos. *In: Memoria del XXI Congreso Nacional de Entomología*. Monterrey, Nuevo León. CONACYT, Colegio de Postgraduados, UANL. 40 p.
- Gasca-Corona, L. y Equihua-Martínez, A. 1999. Monitoreo del barrenador de ramas del aguacate (*Copturus aguacatae* Kissinger) y estudio de algunos aspectos de su biología y comportamiento en Ziracuaretiro, Michoacán, México. 53-54 pp.
- Hernández, L. M.; Saavedra, M.; Urias, M. A. y López, J. G. 2009. Registro de *Urosigalphus avocadovae* Gibson (Hymenoptera: Braconidae) como parasitoides de *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) en México. *Acta Zoológica Mexicana*. 25(3):659-661.
- Jiménez, A.; López, M.; González, A. J.; Ocete, M. y Soria, F. 2008. Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). *Agrociencia*. 12(1):35-43.
- Jiménez, R.; Ramírez, J. F.; Sánchez, J. R.; Salgado, S. M. y Laguna, C. A. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Rev. Colomb. Entomol.* 39(2):183-192.
- Maldonado, F. I.; Ramírez, J. F.; Ana, L. D.; Rivera, M. R.; Acosta, A. D. y Figueroa, D. K. 2017. Estabilidad espacial y temporal de la distribución de Trips en el cultivo de aguacate en el Estado de México. *Southwestern Entomologist*. 42(2):447-462. Doi: <https://doi.org/10.3958/059.042.0215>.
- Naamani, G. 2007. Developments in the avocado world. California Avocado Society. 71-76 pp.
- Perry, J. 1995. Spatial Analysis by distance indices. *J. Animal Ecol.* 64(1):303-314.
- Perry, N. and Klukowsky, Z. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. *In: VI Conferencia de la Sociedad de Biometría*. Córdoba, España. 103-108 pp.
- Quiñones, V. R.; Sánchez, J. R.; Pedraza, A. K.; Castañeda, V. A.; Gutiérrez, A.T. y Ramírez, J. F. 2015. Análisis espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el cultivo de gladiolo en la región sureste del Estado de México, México. *Southwestern Entomologist*. 40(2):397-408.
- Ramírez, J. F. y González, A. J. L. 2007. Modelización y mapeo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera sur del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Geografía Agrícola*. 38(1):19-32.
- Ramírez, J. F. y Porcayo, C. E. 2009. Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México, utilizando el Método del SADIE. *Madera y Bosques*. 15(2):93-112.
- Ramírez, J. F.; Sánchez, J. R.; González, A. y De León, C. 2011. Modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* (Kühn) Langdon y Fullerton en Estado de México, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 43(2):157-173.

- Ramírez, J. F.; Solares, V. M.; Figueroa, D. K. y Sánchez, J. R. 2013. Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 29(3):545-562.
- Reay, F. P. 2012. Distribución espacial del escarabajo de la hoja del cereal (Coleoptera: Chrysomelidae) en el trigo. *Entomol. Amb.* 39(1):1943-1952.
- Rong, J.; Dian, M. L.; Bao, Y. X.; Zhe, L. and Dong, L. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: implications for site-specific pest management. *Environ. Entomol.* 35(5):1244-1248.
- Sánchez, S. M. G.; Cortez, M. H. y Ochoa, E. S. 2012. Parasitismo de larvas de *Copturus aguacatae* (Coleoptera: Curculionidae) por *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) en laboratorio. *Rev. Colomb. Entomol.* 38(2):200-207.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2005. Producción Agrícola de cultivos. México, DF.
- SENASICA. 2010. Programa de trabajo de la campaña plagas cuarentenarias del aguacatero a operar con recursos del componente de sanidad e inocuidad del programa soporte. SAGARPA-Gobierno del Estado de Michoacán, México. 35 p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Datos abiertos. Estadística de Producción Agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Talavera, C. M. y Padilla, C. M. 2003. Reconsideraciones técnicas al ciclo biológico del barrenador de ramas del aguacate (*Copturus aguacatae*, Kissinger). *In: Proceedings V World Avocado Congress*. 445-448 pp.
- Thomas, G.; Parkinson, L.; Griffiths, K.; Fernandez, G. and Marshall, J. 2001. Aggregation and Temporal Stability of Carabid Beetle Distributions in Field and Hedgerow habitats. *J. Appl. Ecol.* 38(1):100-116.
- Urías-López, M. A.; Salazar-García, S. y Johansen-Naime, R. 2007. Identificación y fluctuación poblacional de especies de trips (Thysanoptera) en aguacate 'Hass' en Nayarit, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 13(1):49-54. ISSN: 1027-152X. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=609/60913107>.
- Winder, L.; Alexander, C. J.; Holland, J. M.; Symondson, W. O.; Perry, J. N. and Wolley, C. 2005. Predatory activity and spatial pattern: the response of generalist carabids to their aphid prey. *J. Animal Ecol.* 77(1):443-454.