

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

DISTRIBUCION ESPACIAL DE (*Copturus aguacatae*) Kissinger EN EL
CULTIVO DE AGUACATE EN MEXICO.

ARTICULO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

ALEJANDRA AVILA JARRA

(No. de cuenta 1570018)

(GENERACION 43)

MODALIDAD: ARTICULO ESPECIALIZADO PARA PUBLICAR EN
REVISTA INDIZADA.

ASESORADA POR:

Dr. JOSE FRANCISCO RAMIREZ DAVILA

Dr. ROBERTO RIVERA MARTINEZ

CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO PIEDRAS
BLANCAS, MUNICIPIO DE TOLUCA, MEXICO

JULIO 2021

Distribución espacial de *Copturus aguacatae* Kissinger en el cultivo de aguacate en México

Alejandra Ávila Jarra¹, José Francisco Ramírez-Dávila², Roberto Rivera Martínez³ y Dulce Karen Figueroa Figueroa⁴.

^{1,3,4}Universidad Autónoma del Estado de México-Facultad de Ciencias Agrícolas, ²Universidad Autónoma del Estado de México-Facultad de Ciencias Agrícolas-Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión- Toluca. C.P. 50200- Estado de México.

Autor para correspondencia: jframirez@uaemex.mx

Resumen

Copturus aguacatae es una de las plagas de importancia en el cultivo de aguacate en el Estado de México, donde está catalogada como plaga cuarentenaria. La presencia de este insecto dentro de las áreas productoras de aguacate en el Estado de México representa un riesgo para la salida de este fruto a otros lugares, esto puede causar una reducción importante a la producción. Por consiguiente, es importante y necesario hacer estudios que permitan conocer los patrones de comportamiento de esta plaga y la distribución espacial del insecto dentro de este cultivo. El principal objetivo del presente trabajo fue estudiar el comportamiento espacial del índice de población de adultos de *C. aguacatae* mediante técnicas geoestadísticas en

el cultivo de aguacate en el Estado de México. Se encontró que el comportamiento espacial del insecto se presenta en agregados dentro de las parcelas. Las infestaciones del insecto en algunos meses se distribuyeron en el 100 % de la superficie, pero con densidades poblacionales variables. Estos resultados pueden mejorar los programas de detección y muestreo de la plaga, así como, las medidas de control sobre áreas específicas de infestación.

Palabras clave: infestación, krigeado, plagas, poblaciones, superficie infestada.

Abstract

Copturus aguacatae is an important pest in avocado cultivation in Mexico, where it is listed as a quarantine pest. The presence of *C. aguacatae* within avocado orchards in Mexico represents a limitation for the export of the fruit to other places, this coupled with the damage that can cause a significant reduction in production. Therefore, it is necessary to carry out studies that allow us to know the patterns of the spatial distribution of the insect within the avocado crop. The objective of this work was to study the spatial behavior of adult populations of *C. aguacatae* using geostatistical techniques in avocado cultivation in the State of Mexico. The spatial behavior of the insect was found to be patchy within the plot. The infestations of the insect in some months were distributed over 100% of the surface, but with variable population densities and located in patches. These results may improve pest detection and sampling programs, as well as control measures on specific areas of infestation.

Key words: infestation, infested surface, kriging, pests, populations

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es uno de los frutales de mayor importancia económica para el Estado de México ya que es proveedor de esta fruta hacia el mercado local, nacional, sin embargo, también destina una parte de su producción al mercado internacional (SIAP 2019).

De acuerdo con García *et al.* (1986) en el cultivo de aguacate existen una gran variedad de plagas, sin embargo, una de las más importantes es el barrenador de la rama, (*Copturus aguacatae*) el cual es nativo de México. Su presencia y daños solo se han manifestado el aguacate en sus diferentes variedades cultivadas. Esta plaga es una obstrucción para la exportación del fruto a Estados Unidos, ya que está catalogada como plaga de interés cuarentenario. Por tal razón, en México el manejo de este insecto se determina en la norma oficial mexicana NOM-066-FITO-2002, en la cual viene especificado el manejo fitosanitario y la movilización del aguacate, que se aplica con base a la campaña fitosanitaria de plagas reglamentadas del aguacatero.

Los adultos de *C. aguacatae* son activos durante el día, se desplazan sobre las ramas; su tamaño diminuto, color y movimiento rápido, dificultan su observación (GIIIA, 2013). Los principales síntomas de daño se pueden observar por la aparición de grumos de savia cristalizada de color blanco y consistencia polvosa en las ramas afectadas (García *et al.* 1967). Las larvas barrenan la rama hasta llegar a la médula, impidiendo la circulación de agua y nutrientes, por lo que se ocasiona defoliación, aborto de flores y frutos [González *et al.*, 2000; Equihua *et al.*, 2007]. El monitoreo de las regiones donde se ha reportado a la plaga es importante para poder llevar acabo un manejo apropiado. Para poder emplear de manera adecuada la información proveniente del monitoreo es preciso establecer un sistema de muestreo que origine datos confiables con los cuales, se podrá observar el

comportamiento espacial de *C. aguacatae* y determinar su distribución dentro de los campos de cultivo. Algo importante a señalar es que desde 2014 se viene realizando una campaña intensiva de control de adultos de este insecto utilizando Malathion para controlar adultos, además de podas y quemas para inmaduros, sin embargo, se sigue observando la presencia de este insecto de manera importante. La finalidad de este trabajo es determinar el comportamiento espacial de las poblaciones de adultos de *C. aguacatae* mediante procedimientos geoestadísticos en el cultivo de aguacate.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de enero a diciembre de 2019 en los municipios de Temascaltepec y Tenancingo, productores importantes de aguacate en el Estado de México. En cada uno de los municipios se seleccionaron cuatro parcelas de dos hectáreas cada una, cada parcela se dividió en cuadrantes de 20x20 m para tener un total de 50 cuadrantes por terreno. Bajo el sistema de muestreo por cuadrantes se tomaron 25 al azar y de cada cuadrante se seleccionaron cuatro árboles al azar para tener un total de 100 árboles por parcela, dando como resultado una suma de 400 árboles por municipio. Se comprobó que las plantaciones correspondieran al cultivar Hass (los árboles tenían una edad de 7 años) y que no hicieran aplicación de agroquímicos para el control de plagas. La entrada se caracteriza inicialmente por puntos blancos de consistencia polvosa y posteriormente

por la acumulación de aserrín y savia cristalizada que varía de color crema hasta café oscuro, (Urías y Salazar, 2008). Cada árbol estudiado fue etiquetado y georreferenciado mediante un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS). Los muestreos se realizaron los días 1 y 15 de cada mes y para el muestreo de adultos se colocaron bandas plásticas de color azul de 60 cm de largo por 20 cm de ancho (Gasca-Corona y Equihua-Martínez 1999) provistas de adhesivo Spider plus. Las bandas eran revisadas y se contabilizaba el número de adultos capturados y eran colgadas nuevamente para los siguientes muestreos. Se instaló una banda plástica en los tres estratos del árbol (estrato bajo, medio y alto) por cada punto cardinal teniendo un total de 12 trampas pegajosas por árbol. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones de *C. aguacatae* para cada muestreo, con el fin de determinar la normalidad de los datos, obteniendo como resultado que en todos los casos la distribución de los datos fue normal.

Análisis geoestadístico: Se obtuvo el semivariograma experimental a partir de los datos poblacionales de adultos capturados en cada muestreo con el programa Variowin 2.2 (Software for spatial data analysis en 2D. New York EEUU) (Journel y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989). Una vez elaborado el semivariograma experimental (y establecido los parámetros de pepita, meseta y rango) se le realizó un ajuste a un semivariograma teórico (esférico, gaussiano o exponencial) (Englund y Sparks 1988) con el mismo programa. Posterior al ajuste al semivariograma teórico se procedió a la

validación del modelo utilizando la validación cruzada, a través de los parámetros estadísticos, media de los errores de estimación, error cuadrático medio, error cuadrático medio adimensional y se consideró que la varianza de los errores fuese menor que la varianza muestral (Samper y Carrera 1996). Se determinó el nivel de dependencia espacial al dividir la pepita entre la meseta, expresando el resultado en porcentaje.

Elaboración de mapas: Se efectuó la interpolación de valores a través del kriging ordinario, para llevar a cabo estimaciones insesgadas de puntos que no fueron muestreados. Las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada fecha de muestreo mediante el programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc., Golden, CO, EEUU). En este trabajo se determinó el porcentaje de superficie infestada que presentó el insecto en cada una de las parcelas, con el objeto de conocer cómo se comporta en este sentido en campo y ayudar junto con los mapas elaborados a establecer estrategias de manejo de mayor eficiencia. Para tal efecto se utilizó el software Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc., EEUU).

Resultados

Las poblaciones de *C. aguacatae* arrojaron una distribución espacial agregada dentro de las parcelas de aguacate en los dos municipios estudiados. Los semivariogramas se ajustaron a los modelos Esférico y

Gaussiano, siendo el modelo esférico el que prevaleció en mayor proporción (Tabla 1).

En todos los modelos ajustados en el municipio de Temascaltepec se obtuvo un efecto pepita igual a cero, mientras que en Tenancingo existieron dos fechas en las que el valor del efecto pepita no fue de cero y logro valores de 0.04 y 0.006 en los muestreos de mayo 1 y septiembre 1, respectivamente. El tener valores de cero o muy cercanos en el efecto pepita es indicativo de que la escala de muestreo utilizada es la correcta y que el error de muestreo es mínimo. Los valores de rango en Temascaltepec estuvieron comprendidos entre 15 m y 37.80 m, para el municipio de Tenancingo estos valores fueron de 13.25 m el más bajo y 32.84 m el más alto. (Tabla 1). Todas las fechas de muestreo y modelos ajustados presentaron un nivel de dependencia espacial alto.

El promedio de las poblaciones de *C. aguacatae* en Temascaltepec fluctuó entre 0.12 en el primer muestreo de octubre a 4.42 individuos por árbol en el muestreo de julio 1, mientras que en Tenancingo los valores fueron de 0.14 en octubre a 4.19 individuos por árbol en julio (Tabla 2). Las densidades poblacionales más altas se presentaron en junio y julio. Todos los modelos de la distribución espacial del barrenador en las parcelas estudiadas se validaron con los parámetros estadísticos de validación cruzada (Tabla 2).

Los mapas diseñados mediante el krigado ordinario visualizaron la superficie infestada del barrenador e indican que los individuos de esta plaga se encuentran en agregados específicos. En Temascaltepec los parches con mayor infestación se situaron en la zona UTM oeste del mapa con una tendencia en ir hacia la parte UTM norte y/o UTM sur del mapa (Figura 1). Para el municipio de Tenancingo los centros de agregación se encontraron distribuidos en diferentes partes del mapa con una tendencia hacia los bordes, ya sea UTM norte o UTM sur y en algunos muestreos se situaron en la parte UTM este del mapa, siendo el caso de mayo 1, mientras que julio 2 y septiembre 1 los parches se ubicaron en la parte UTM oeste del mapa (Figura 2).

En Temascaltepec se encontraron diferentes porcentajes de infestación de *C. aguacatae*, el porcentaje más alto se registró en el primer muestreo de mayo (mayo 1) con un porcentaje de 99 % de infestación esto quiere decir que la plaga se distribuyó en el 99 % de la superficie de la parcela, mientras que el porcentaje más bajo se obtuvo en el segundo muestreo de febrero (febrero 2) con 40 % de infestación. Los otros meses también tuvieron una infestación alta con un rango entre 70 % y 80 %. Cabe mencionar que en enero, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre no hubo presencia de adultos en las parcelas, por lo que no se presentan datos para esos meses. Para Tenancingo en mayo y junio los datos indican un 100 % de infestación de la plaga, el porcentaje más bajo registrado fue en febrero 2 con un valor de 67 % de infestación mientras que, en enero 1, marzo, abril,

agosto 2, septiembre, octubre, noviembre y diciembre no se encontró presencia del insecto.

Discusión

La mayor presencia del insecto se presentó en junio y julio, esto indica que hay mayor emergencia de adultos, esta última etapa del desarrollo coincide con la época de lluvias ya que existen las condiciones óptimas tanto de humedad y temperatura para su reproducción y por lo tanto iniciar de nuevo su ciclo biológico. En las fases en los que no se encontró gran actividad de adultos es posible que se deba a que en esos meses el incremento del insecto se encuentre en estado larvario cuando se ubica dentro de las ramas del árbol. Gasca-Corona y Equihua-Martínez (1999) encontraron que los adultos del barrenador aparecen a principios de junio con una máxima actividad de adultos entre julio y septiembre.

Se logró realizar la modelización espacial del barrenador en las áreas de estudio, donde se observó una estructura agregada del mismo. Resultados similares fueron obtenidos por Silva *et al.* (2016) en poblaciones de *Vatiga* (Hemiptera), donde afirman que esta plaga se presenta en forma agregada en el cultivo de la yuca. Maldonado *et al.* (2017) informan que las poblaciones de trips en aguacate en el Estado de México también se dan de forma agregada en huertos comerciales evaluados durante 2015.

La geoestadística es una herramienta geotecnológica que permite la realización de mapas de densidad del comportamiento espacial de un

organismo (Rossi *et al.* 1992; Ribes *et al.* 1998). A diferencia de las estimaciones de distribución espacial que permite la estadística clásica, el proceso geoestadístico ayuda a determinar y analizar con mayor detalle información de la dependencia espacial de la variable estudiada, ya que este método toma en cuenta la distribución de los organismos a través de su precisa localización espacial (Samper y Carrera 1996). La incidencia de la plaga se logró representar con mapas de densidad elaborados mediante el krigado y en los cuales se puede visualizar la ubicación espacial de los centros de agregación en los que se distribuyó el insecto. La elaboración de mapas ha sido utilizada en otros trabajos en diferentes plagas como es el caso de los trips en el cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán (Solares *et al.* 2012).

El ajuste al modelo esférico en la mayoría de los semivariogramas señala que dentro de la zona de estudio existen áreas donde hay mayor incidencia de la plaga ubicando los centros de agregación con más individuos en lugares específicos, lo cual señala que la infestación parte de un punto principal y se extiende hacia diversas zonas. La distribución ajustada al modelo gaussiano refleja que los centros de agregación se presentan de forma continua en el área muestreada, con lo cual se infiere la presencia de diferentes factores que influyen en la dispersión del insecto (Ramírez y Porcayo 2008). Esta forma de comportarse del barrenador en agregados es muy similar a lo reportado en otros estudios al respecto como el de Solano *et al.* (2008) que estudiaron el comportamiento espacial del ácaro

Brevipalpus phoenicis (Geijskes) en plantaciones de naranja valencia en Colombia. Así mismo, Sciarretta *et al.* (2008) describieron un comportamiento agregado del lepidóptero *Lobesia botrana* Den. and Schiff. en parcelas de uva, en este caso describen un ajuste a modelos esféricos; Duarte *et al.* (2015) determinaron la distribución espacial de la polilla *Grapholita molesta* (Busk) y hallaron una distribución agregada con ajuste a modelos gaussianos, exponenciales y esféricos. Por el contrario, el estudio de Carrillo *et al.* (2004) describe que las larvas de escarabaeidos en plantas cultivadas no tenían una distribución agregada, esto pudo haber estado relacionado con la amplia polifagia de las larvas y la poca movilidad que tienen dentro del suelo.

El comportamiento del insecto en forma agregada proporciona información que se puede utilizar para optimizar métodos de muestreo y llevar a cabo tácticas de manejo dirigidas hacia las zonas específicas de infestación. De tal forma es posible reducir sus poblaciones evitando hacer aplicaciones generalizadas, lo cual traerá ahorros económicos al utilizar menos insumos y un menor impacto al medio ambiente. Lo anterior concuerda con Rong *et al.* (2006) quienes proponen el manejo de *Locusta migratoria manilensis* Linnaeus en áreas específicas de infestación. Milonas *et al.* (2016) recomiendan dirigir el control a áreas concretas de presencia de *Helicoverpa armigera* (Hübner) y *Pectinophora gossypiella* (Saunders) en el cultivo de algodón.

Los valores de cero o cercanos a cero obtenidos en el efecto pepita de los modelos ajustados, permite asegurar que la escala de muestreo utilizada fue la adecuada y además que el error de muestreo era mínimo (Oliver y Webster 1998). Acosta *et al.* (2017) y Maldonado *et al.* (2016) en estudios de la distribución espacial de trips en aguacate encontraron valores de cero en los modelos ajustados.

La distribución espacial de *C. aguacatae* obtuvo un nivel de dependencia espacial alto en todos los modelos ajustados. El alto nivel de dependencia espacial resultó de dividir el efecto pepita entre la meseta que fue menor a 25 %, para todos los semivariogramas. El tener un nivel de dependencia espacial alto es indicativo de que las agregaciones encontradas tienen un comportamiento muy estable en el tiempo y que por tal razón este insecto forme nichos ecológicos que debido a su estabilidad puedan ser utilizados como factor para encontrar mejores estrategias de manejo (Ramírez *et al.* 2011). Acosta *et al.* (2017) en un estudio de la distribución espacial de trips en aguacate utilizando la geoestadística encontraron que los trips mostraron una estructura espacial agregada con un nivel de dependencia espacial alto en todos los muestreos.

Los mapas permitieron visualizar la forma en cómo se distribuye *C. aguacatae* dentro del área de estudio. Se observó que la plaga en algunos meses no se distribuyó en el 100 % de la superficie estudiada y las densidades poblacionales de la misma son variables. Con el uso de estos mapas se pueden sugerir acciones a los productores para llevar a cabo un

manejo integrado de la plaga en la que se pueden emplear métodos de control tales como el control biológico con hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, o *Metarhizium anisopliae* (Coria *et al.* 2007) que son productos que ya se encuentran disponibles comercialmente. También se puede utilizar insectos parasitoides como *Urosigalphus avocadoe* Gibson, (Hernández *et al.* 2009), himenóptero que presenta alta especificidad por las larvas por lo cual es útil en el manejo de estas poblaciones y se puede liberar en las zonas con presencia de la plaga. Al mismo tiempo, se pueden utilizar otras alternativas, como control cultural con el uso de podas sanitarias de las ramas dañadas. Se tomaría como última opción el control químico con malathion en aplicaciones al follaje, las cuales tienen que realizarse en los meses donde hay mayor actividad de adultos.

La relevancia de este trabajo radica en que se han realizado mapas de presencia del insecto, con lo cual, es posible dirigir las medidas de control (sean estas químicas, biológicas o culturales) hacia zonas específicas de infestación de la plaga. Lo anterior, adquiere gran importancia ya que con la elaboración y el uso de los mapas realizados a partir del krigeado ordinario es viable reducir significativamente la aplicación de productos químicos (esto conlleva una reducción importante en cuanto al gasto económico que el productor realiza normalmente). Asimismo, existe una reducción en la contaminación ejercida sobre el medio ambiente, ya que la disminución en las aplicaciones de malathion (el cual es utilizado en la actualidad de forma irracional) reducirá considerablemente la

contaminación ya alarmante del aire, suelo y agua de la zona de estudio. Al reestructurar la forma en la que se manejarían las poblaciones de este insecto plaga, apoyándose en los resultados obtenidos en este estudio, es posible que las actividades encaminadas a reducir las poblaciones de este problema fitosanitario, llevadas a cabo por el personal técnico capacitado sean más eficientes y oportunas, obteniendo con ello, recomendaciones más óptimas para un adecuado manejo de las poblaciones de *C. aguacatae*, tomando en cuentas que estas recomendaciones pueden ser dirigidas a utilizar diversos métodos ya sean químicos o alternativos (biológico, cultural, etc.) (Ramírez *et al.* 2011)

La inclusión de métodos geoestadísticos en el manejo de este insecto plaga puede ser de gran impacto para los productores de aguacate, ya que permite conocer con mayor precisión el comportamiento espacial de este insecto. Una vez se tengan en cuenta y se comprenda la utilidad de estos métodos empleados en el actual estudio, los programas de manejo elaborados basándose en este tipo de información permitirán a los productores obtener mejores resultados en la disminución de las poblaciones de este insecto, con todas las consecuencias positivas que tal hecho permitiría, tomando en cuenta que la presencia de esta plaga limita la comercialización adecuada y eficiente del aguacate proveniente de la zona del Estado de México.

Se logró determinar que a pesar de la campaña intensiva que existe desde el año 2014 para tratar de reducir las poblaciones de este insecto en la zona estudiada, las poblaciones han disminuido, pero de ninguna manera se

puede decir que lo han hecho en la proporción esperada, aún existe presencia del insecto, esto resulta de gran relevancia al tener este una importancia cuarentenaria. Es interesante realizar trabajos de investigación donde se pueda incorporar al uso del control biológico de *C. aguacatae* y validar su eficiencia en combinación con otros métodos de control.

Referencias bibliográficas

ACOSTA-GUADARRAMA, A.D.; RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; RIVERA-MARTÍNEZ, R.; FIGUEROA-FIGUEROA, D.K.; LARA-DIAZ, A.V.; MALDONADO-ZAMORA, F.I. 2017. Distribución espacial de *Trips* spp. (Thysanoptera) y evaluación de su control mediante el depredador *Amblyseius swirskii* en el cultivo de aguacate en México. *Southwestern Entomologist* 42: 435-446.

<https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-42/issue-2/059.042.0214/Distribuci%c3%b3n-Espacial-de-Trips-spp-Thysanoptera-y-Evaluaci%c3%b3n-de-su/10.3958/059.042.0214.short>

CARRILLO, R.; PAPE, H.; NEIRA, M.; BALOCCHI, O. 2004. Distribución espacial de larvas de dos especies de escarabaeidos nativos en respuesta a plantas cultivadas. *Revista Chilena de Entomología* 30 (1): 59-64.

CORIA, A.V.M.; PESCADOR, A.; LÓPEZ, E.; LEZAMA, R.; SALGADO, R.; LÓPEZ, M.; VIDALES, A.; MUÑOZ, J. 2007. Autoecología del barrenador de las ramas *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) del

aguacate en Michoacán, México. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Viña Del Mar, Chile. 12-16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.

DUARTE, F.; CALVO, M.V.; BORGES, A.; SCATONI, I.B. 2015. Geostatistics and geographic information systems to study the spatial distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in peach fields. Neotropical Entomology 44(4): 319-327.

ENGLUND, E.; SPARKS, A. 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's guide. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, EE.UU.

ESQUIVEL, H. V.; JASSO, G.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.

FLEISCHER, S. J.; BLOM, P. E.; EMMEN, D.; HOWER, A. 1999. Dynamics in the spatial continuity of insect density. Precision Agriculture p. 133-141.

GARCÍA, A.M.; MÉNDEZ, V.M.; MORALES, Y.A.G. 1967. El aguacatero: Plagas y enfermedades. Fotófilo 56: 12-14.

GARCÍA, M.C.; MÚJICA, R.; VÁZQUEZ, N.; ARANDA, Y.E. 1986. Fenología de *Copturus aguacatae* (Coleoptera: Curculionidae) en tres regiones del

Estado de Morelos. Memoria del XXI Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, Nuevo León. CONACYT, Colegio de Postgraduados, UANL.

GASCA-CORONA, L.; EQUIHUA-MARTÍNEZ, Y.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 p. 53-54.

HERNÁNDEZ, F.; SAAVEDRA, A.; URIAS, L.; LÓPEZ, A. 2009. Registro de *Urosigalphus avocadoae* Gibson (Hymenoptera: Branconidae) como parasitoide de *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) en México. Acta Zoologica Mexicana 25(3): 659-661.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. 1989. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. Mathematical Geology 20 (4): 313-341.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, Londres, Reino Unido 600 p.

MALDONADO-ZAMORA, F.I.; RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; RUBÍ-ARRIAGA, M.R.; XANAT, A.N.; LARA-DIAZ, A.V. 2016. Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(4): 845-856.

MALDONADO-ZAMORA, F.I.; RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; LARA-DIAZ, A.V.; RIVERA-MARTÍNEZ, R.; ACOSTA-GUADARRAMA, A.D.; FIGUEROA-

FIGUEROA, D.K.; TAPIA-ROGRIGUEZ, 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): 447-462.

[https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-42/issue-2/059.042.0215/Estabilidad-Espacial-y-Temporal-de-la-Distribuci%**3**n-de-Trips1-en/10.3958/059.042.0215.short](https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-42/issue-2/059.042.0215/Estabilidad-Espacial-y-Temporal-de-la-Distribuci%c3%b3n-de-Trips1-en/10.3958/059.042.0215.short)

MILONAS, P.; GOGOU, C.; PAPADOPOULOU, A.; FOUNTAS, S.; LIAKOS, V.; PAPADOPOULOS, N.T. 2016. Spatio-Temporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) in a cotton production area. *Neotropical Entomology* 45(3): 240-251.

NAAMANI, G. 2007. Developments in the avocado world. California Avocado Society pp. 71-76.

OLIVER, M.; WEBSTER, R. 1998. How geostatistics can help you. *Soil Use and Management* 7 (4): 206-217.

RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; PORCAYO-CAMARGO, E. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (2): 169-175.

RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; PORCAYO-CAMARGO, E.; SÁNCHEZ-PALE, J. R. 2011. Análisis de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc

(Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. en Donato Guerra, México. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 12 (1): 12-24.

RIBES, D.M.; BASCUÑANA, C.M.; AVILLA, H. J. 1998. Estudio de la distribución espacial de *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) en Torregrossa (Lleida) mediante métodos geoestadísticos. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 24 (4): 935-948.

RONG, J.; DIAN, M.L.; BAO, Y.X.; ZHE, L.; DONG, L. 2006. Spatial distribution of oriental *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for site-specific pest management. Environmental Entomology 35: 1244-1248. <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/35/5/1244/338738?redirectedFrom=fulltext>

ROSSI, R.E.; MULLA, J.D.; JOURNEL, A.G.; FRANZ, E.H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62 (2): 277-314.

SAMPER, F.J.; CARRERA, J. 1996. Geoestadística, aplicaciones a la hidrogeología. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, España, p. 484.

SCIARRETTA, A.; ZINNI, A.; MAZZOCCHETTI, A.; TREMATERRA, P. 2008. Spatial analysis of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) male population in a Mediterranean agricultural landscape in central Italy. Environmental Entomology 37 (2): 382-390.

<https://academic.oup.com/ee/article/37/2/382/500245>

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 35p.

SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> fecha de consulta: 7 de noviembre de 2017.

SOLANO, D.; ÁLVAREZ, H.; RODRÍGUEZ, J. 2008. Distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis* vector de la leprosis de los cítricos en el cultivo de naranja Valencia (*Citrus sinensis*) en Yopal, Casanare (Colombia). *Agronomía colombiana*. 26 (3); 399-410.

SOLARES, V. M.; RAMÍREZ, J. F.; SÁNCHEZ, J. R. 2012. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 12(2):1-12.

Tabla 1. Parámetros (rango meseta y efecto pepita) de los modelos ajustados a los semivariogramas de *C. aguacatae* en los municipios de Temascaltepec y Tenancingo, Estado de México asociados al aguacate.

Mes	Modelo	Rango (m)	Meseta	Pepita	Nivel de Dependencia Espacial
TEMASCALTEPEC					
Febrero 2	Esférico	15	1.31	0	Alto
Marzo 1	Gaussiano	26.60	1.30	0	Alto
Mayo 1	Esférico	31.90	1.28	0	Alto
Mayo 2	Esférico	30	3.27	0	Alto
Junio 1	Esférico	37.80	4.16	0	Alto
Junio 2	Esférico	35.20	6.23	0	Alto
Julio 1	Esférico	28.80	8.48	0	Alto
Julio 2	Esférico	32	5.26	0	Alto
Agosto 1	Gaussiano	32.2	2.11	0	Alto
Agosto 2	Gaussiano	23.68	0.72	0	Alto
TENANCINGO					
Enero 2	Gaussiano	17.28	1.24	0	Alto
Febrero 1	Esférico	19.84	1.32	0	Alto
Febrero 2	Exponencial	13.25	0.60	0	Alto
Mayo 1	Esférico	32	1.89	0.04	Alto

Mayo 2	Esférico	15.50	3.97	0	Alto
Junio 1	Esférico	22	3.96	0	Alto
Junio 2	Esférico	32.84	5.65	0	Alto
Julio 1	Gaussiano	32	9.27	0	Alto
Julio 2	Esférico	30.10	4.13	0	Alto
Agosto 1	Gaussiano	24.83	1.91	0	Alto
Agosto 2	Esférico	17.42	0.72	0	Alto
Septiembre1	Esférico	15.40	0.24	0.006	Alto
Septiembre2	Esférico	14.72	0.23	0	Alto
Octubre 1	Gaussiano	17.16	0.11	0	Alto

Tabla 2. Media muestral y valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos en el municipio Temascaltepec y Tenancingo: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM y error cuadrático medio adimensional (ECMA)

Mes/Muestreo	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA
TEMASCALTEPEC						
Febrero 2	1.06	1.30	0.12 ^{ns}	1.15	0.12	1.10
Marzo 1	0.87	1.36	0.10 ^{ns}	1.29	0.14	1.09
Mayo 1	1.46	1.30	0.09 ^{ns}	1.20	0.05	1.05

Mayo 2	2.02	2.09	0.07 ^{ns}	1.77	0.11	1.09
Junio 1	3.02	4.33	0.11 ^{ns}	3.28	0.07	1.10
Junio 2	3.64	6.48	0.14 ^{ns}	5.47	0.13	1.11
Julio 1	4.42	8.81	0.05 ^{ns}	7.02	0.09	1.14
Julio 2	3.43	5.43	0.09 ^{ns}	4.11	0.14	1.12
Agosto 1	1.95	2.10	0.11 ^{ns}	1.84	0.12	1.05
Agosto 2	1.10	0.73	0.13 ^{ns}	0.69	0.15	1.11

TENANCINGO

Enero 2	0.89	1.22	0.11 ^{ns}	1.01	0.13	1.05
Febrero 1	1.10	1.42	0.10 ^{ns}	1.27	0.10	1.08
Febrero 2	0.56	0.60	0.08 ^{ns}	0.45	0.15	1.10
Mayo 1	2.04	1.93	0.14 ^{ns}	1.25	0.09	1.14
Mayo 2	2.49	4.02	0.05 ^{ns}	3.76	0.10	1.12
Junio 1	3.18	4.04	0.10 ^{ns}	3.28	0.07	1.13
Junio 2	3.41	5.97	0.13 ^{ns}	4.19	0.11	1.10
Julio 1	4.19	9.30	0.06 ^{ns}	7.05	0.14	1.08
Julio 2	3.13	4.17	0.12 ^{ns}	3.21	0.12	1.11
Agosto 1	2.0	1.91	0.10 ^{ns}	1.16	0.06	1.07
Agosto 2	0.85	0.70	0.14 ^{ns}	0.58	0.09	1.11
Septiembre 1	0.51	0.29	0.11 ^{ns}	0.21	0.11	1.09
Septiembre 2	0.35	0.22	0.13 ^{ns}	0.17	0.12	1.15
Octubre 1	0.14	0.12	0.11 ^{ns}	0.10	0.10	1.10

Tabla 3. Porcentaje de superficie infestada en los municipios de Temascaltepec y Tenancingo en 2019.

MUESTREOS	% INFESTADO
TEMASCALTEPEC	
Febrero 2	40
Marzo 1	82
Mayo 1	99
Mayo 2	98
Junio 1	81
Junio 2	75
Julio 1	88
Julio 2	86
Agosto 1	85
Agosto 2	90
TENANCINGO	
Enero 2	90
Febrero 1	99
Febrero 2	67
Mayo 1	100
Mayo 2	100
Junio 1	100
Junio 2	100
Julio 1	79
Julio 2	92
Agosto 1	98
Agosto 2	96
Septiembre 1	95
Septiembre 2	89
Octubre 1	65

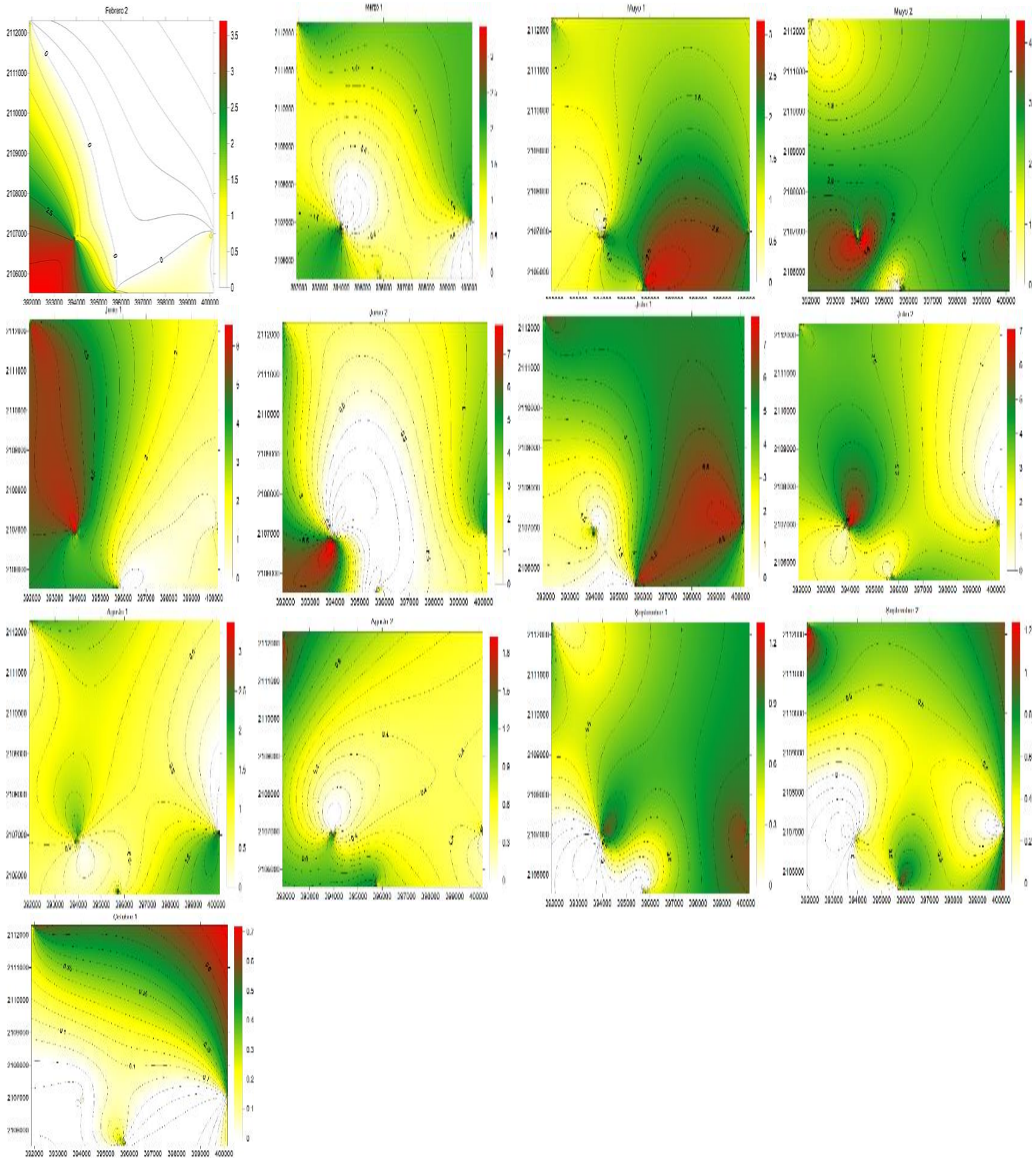


Figura 1. Densidades de las poblaciones de *C. aguacatae* obtenidos en los muestreos en 2019 en el municipio de Temascaltepec, México.

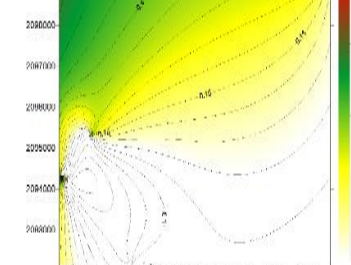
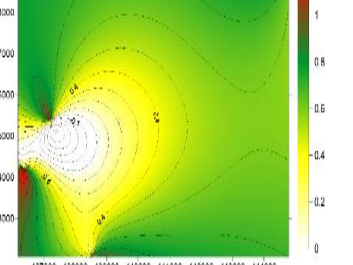
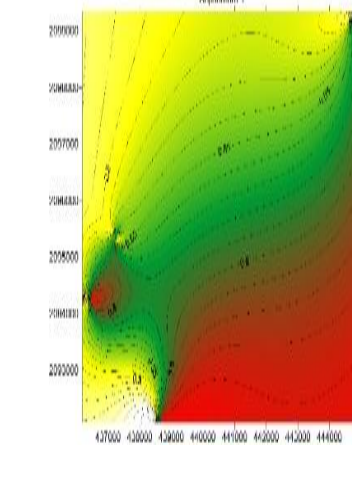
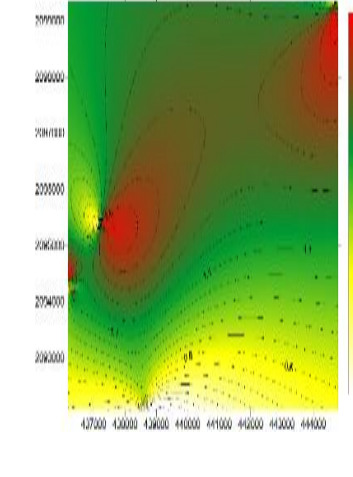
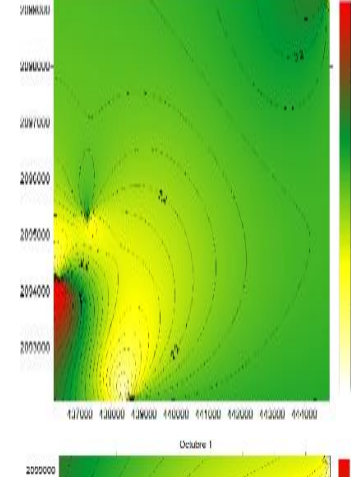
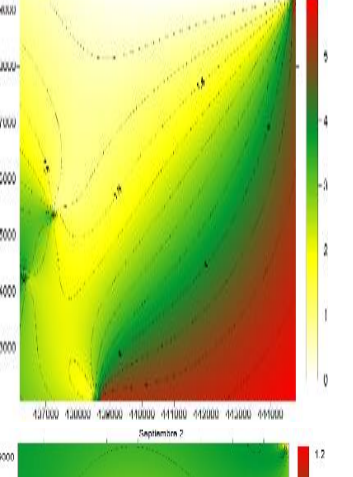
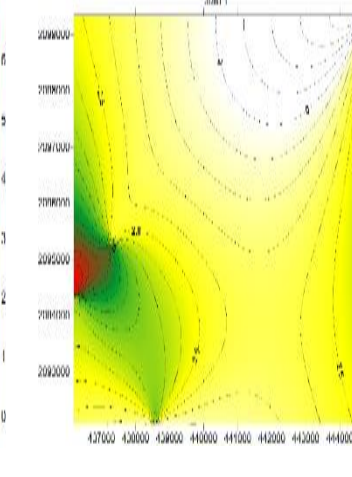
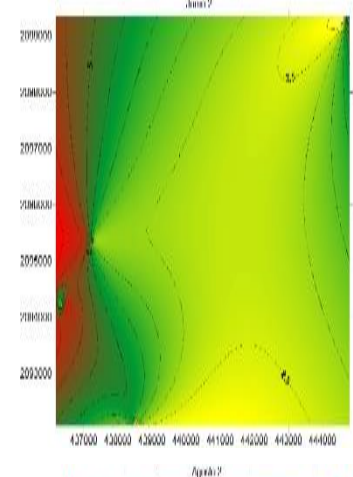
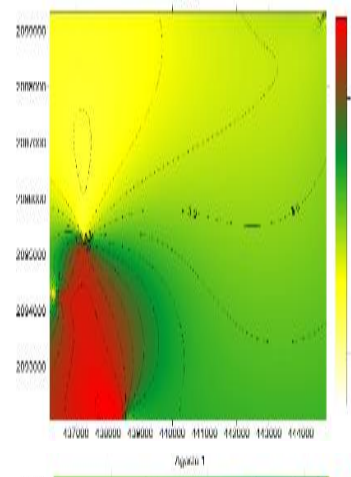
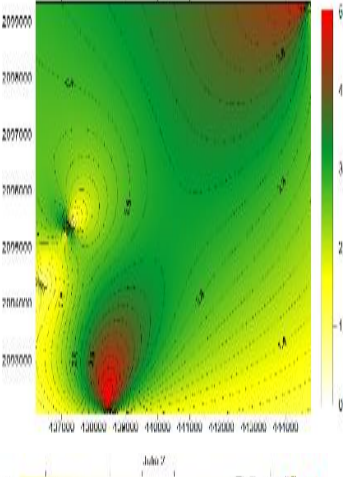
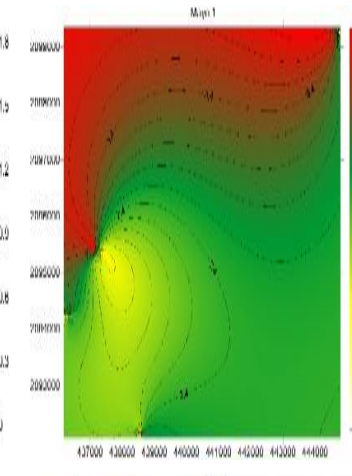
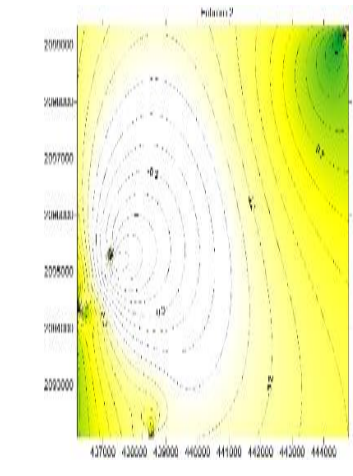
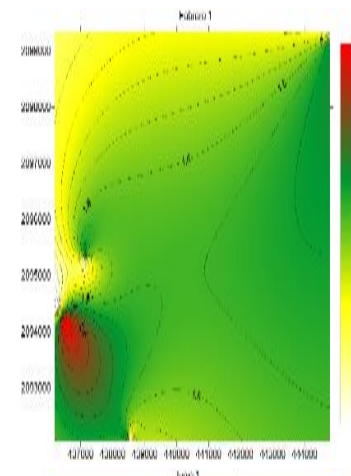
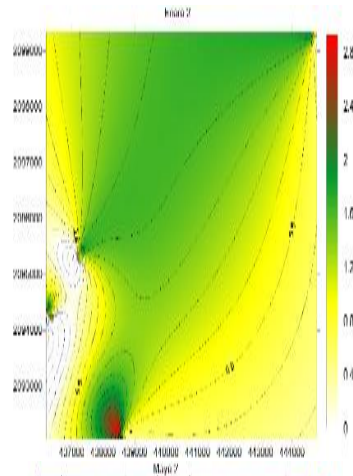


Figura 2. Densidades de las poblaciones de *C. aguacatae* en los muestreos en 2019 en el municipio de Tenancingo, México.