

Modelización espacial de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) mediante técnicas geoestadísticas

Ana Verónica Lara Díaz¹
José Francisco Ramírez Dávila^{1§}
Martin Rubí Arriaga¹
Juan Campos Alanis²
Fatima Irais Maldonado Zamora¹
Roberto Rivera Martínez¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. AP. 5020. (sakua.02@hotmail.com; irita.3@hotmail.com; rob.m@live.com.mx; mrubia@uaemex.mx). ²Facultad de Geografía-Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. AP 5020. (juan.campos70@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: jframirezd@uaemex.mx

Resumen

Dentro de las plagas que afectan al cultivo de aguacate encontramos *Oligonychus perseae* o mejor conocida como araña cristalina. Este ácaro produce afectaciones en la epidermis de las hojas decolorando las áreas lesionadas, en ataques severos causan defoliación y baja producción, todo esto a consecuencia de la extracción del contenido celular de los tejidos. En el Estado de México, existen cerca de 10 000 ha plantadas con aguacate, con una producción promedio de 15.602 t ha⁻¹. Se determinó la distribución espacial de *O. perseae* en cuatro municipios productores de aguacate var. Hass mediante la aplicación de análisis geoestadístico y el krigado ordinario. Los resultados muestran que las poblaciones de araña cristalina se presentan de manera agregada ajustándose a modelos esféricos en su mayoría. La superficie infestada con el ácaro superó 73% del municipio en todos los muestreos y el número máximo de individuos encontrados fue de 1 445 organismos por árbol. Los municipios más afectados fueron Coatepec Harinas y Donato Guerra.

Palabras clave: araña cristalina, aguacate, krigado.

Recibido: mayo de 2019

Aceptado: septiembre de 2019

Introducción

Oligonychus perseae o araña cristalina es un ácaro nativo de México, descubierto en 1975 y descrito en 1976 por Tuttle, y hasta el momento se ha reportado su presencia en Estados Unidos de América, Costa Rica, Israel, España y Portugal (EPPO, 2003, 2006; Alcázar *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2006). El ácaro cristalino se encuentra en los cultivos de aguacate durante todo el año y la susceptibilidad a infestarse varía significativamente según la variedad (Kerguelen y Hoddle, 2000). El ácaro, que puede encontrarse en árboles de aguacate durante todo el año, requiere temperaturas de entre 10 y 25 °C siendo la temporada se sequía cuando sus poblaciones aumentan (Gallegos, 1983).

Las ninfas y adultos generan daños por la succión de savia que realizan en el envés de los folíolos, donde forman nidos sedosos de forma circular. Los daños característicos consisten en manchas de cafés a negras en el envés de las hojas (Hoddle, 2000). Se han detectado umbrales de daño severo cuando se presentan alrededor de 100 ácaros por hoja, lo que origina defoliación y por ende, mancha por golpe de sol en los frutos (Kerguelen y Hoddle, 2000).

El método de control químico más eficiente (95% de reducción) consiste en azufre al 80% aplicado mediante pulverización directa sobre los árboles, pero afecta a la entomofauna benéfica presente en el aguacatero. El control biológico para este ácaro se ha realizado con depredadores de la familia Phytoseiidae (Maoz *et al.*, 2011).

Por lo anterior, la agricultura de precisión se perfila como una nueva alternativa de control, ya que la aplicación dirigida a zonas específicas puede evitar afectaciones en la fauna benéfica y minimizar la contaminación de los huertos de producción; para tal efecto, se pretendió modelizar la distribución espacial de *Oligonychus perseae*, mediante el uso de la geoestadística para representarlo mediante mapas de densidad de poblaciones e ilustrar su presencia en los municipios.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en cuatro municipios del Estado de México (Coatepec Harinas, Temascaltepec, Donato Guerra y Tenancingo de Degollado) donde la producción de aguacate destaca entre otros cultivos. El municipio de Coatepec Harinas se encuentra a 18.9236 de latitud y -99.76866 longitud con una altitud entre 1 600 y 3 900 m. Donato Guerra se ubica a 19.3083 de latitud norte y -100.142 de longitud con una altitud media de 2 200 m.

Temascaltepec se encuentra al sur del Estado a una altitud media de 1 720 m a 19.0444 de latitud norte y -100.045 de longitud oeste mientras que Tenancingo de Degollado tiene su ubicación a 18.9667 latitud norte y longitud -99.6 con una altitud media de 2020 msnm. El área de estudio consistió en doscientos árboles distribuidos y marcados a lo largo y ancho de los municipios evaluados usando el método de cuadrantes.

Los árboles muestreados se seleccionaron en plantaciones de 10 años. Se efectuaron recuentos quincenales de los estadios móviles de araña cristalina. Se seleccionaron 60 hojas del estrato bajo, medio y alto del árbol tomando de referencia los puntos cardinales del árbol. Cada árbol fue

georreferenciado con un navegador Garmin modelo eTrex Vista HCx2007. Esto de acuerdo con los ensayos hechos por González (2012). Para hacer las observaciones se usó una lupa de aumento de 20x, los muestreos se realizaron del 3 de enero al 18 de junio de 2017.

Análisis geoestadístico

Se realizó la estimación de los semivariogramas experimentales con los datos recopilados, el semivariograma se calculó mediante la siguiente fórmula: (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastava, 1989). Donde: $\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestreo x_i , y $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Cualquier función matemática se puede utilizar para un modelo de semivariograma siempre que sea positiva y definida (Armstrong y Jabin, 1981). Para la realización del semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo se empleó el programa Variowin 2.2 (Software para el análisis de datos espaciales en 2D. Spring Verlag, New York; EEUU).

Los modelos teóricos comúnmente usados para ajustar los semivariogramas experimentales son: el esférico, el exponencial, el gaussiano, el logarítmico, el de efecto pepita puro, el de efecto agujero y el monómico según Samper y Carrera (1996); Trematerra y Sciarretta (2004). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , efecto pepita, C , meseta y a , rango o alcance) se van modificando hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. Los valores de la validación cruzada son:

$$\text{Media de los errores de estimación: } MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Donde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medido de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación. La MEE no debe ser significativamente distinta de 0 (prueba de t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimadores no sesgados.

$$\text{Error cuadrático medio: } ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2$$

Un modelo de semivariograma se considera adecuado si, como regla práctica, el valor del estadístico es cercano a cero (Hevesi *et al.*, 1992).

$$\text{Error cuadrático medio adimensional: } ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]}{\sigma_k}$$

Donde: σ_k es la desviación estándar del error esperado en la estimación con el kriging. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2(2/N) 0.5$.

Nivel de dependencia espacial

Se calculó con el fin de determinar la fortaleza de la relación entre los datos del muestreo. Este valor se obtiene al dividir el efecto de pepita entre el borde inferior, expresado en porcentaje: menos de 25% se considera alto, entre 26 y 75% moderado y superior a 76% se considera bajo (Cambardella *et al.*, 1994; López *et al.*, 2002).

Elaboración de mapas

Los mapas se elaboraron mediante la interpolación de valores a través del krigado ordinario, este proceso permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados todo esto con base a lo establecido por Samper y Carrera (1996) mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA). Y finalmente, se estableció la superficie infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada municipio, con el uso del programa GIMP versión 2.8 e IMAGE J.

Resultados y discusión

Durante el análisis estructural de los datos, el variograma fue el proceso que mejor caracterizó la continuidad espacial. Se construyeron los variogramas para posteriormente ajustarlos a modelos teóricos. Los resultados muestran que la mayoría de los semivariogramas se ajustaron a modelos esféricos en los cuatro municipios evaluados (Cuadro 1). Los semivariogramas fueron sometidos al proceso de validación cruzada, sus valores reflejan los rangos adecuados para continuar el proceso. Este procedimiento se ha realizado en diversos estudios para corroborar que el modelo al que se ajustó la distribución de otras plagas es idóneo, ejemplo de ello tenemos los trabajos de Jiménez *et al.* (2013); Rivera *et al.* (2017); Acosta *et al.* (2017).

El valor del efecto pepita en los 12 muestreos de los cuatro municipios tuvo un valor igual a cero, lo cual implica que la escala de muestreo aplicada para el ácaro fue correcta y que existe un mínimo error de muestreo en las observaciones realizadas para los 48 muestreos. Esto significa que 100% de la variación de la distribución de *O. perseae* se explica por la estructura espacial establecida en los semivariogramas correspondientes a cada muestreo, situación que concuerda con lo reportado por Rossi *et al.* (1992). La dependencia espacial se determinó alta para todos los casos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) por fecha de muestreo en cuatro municipios del Estado de México.

Fecha	Modelo		Rango (m)				Dependencia espacial		
	Coatepec Harinas	Donato Guerra	Temascaltepec	Tenancingo	Coatepec Harinas	Donato Guerra		Temascaltepec	Tenancingo
3 Ene	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	18	13	14	19	Alta
18 Ene	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	16.5	19.5	20.5	21.5	Alta
3 Feb	Gaussiano	Esférico	Esférico	Gaussiano	19	16	15	14	Alta
18 Feb	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	21	18	17	17	Alta

Fecha	Modelo		Rango (m)				Dependencia espacial		
	Coatepec Harinas	Donato Guerra	Temascaltepec	Tenancingo	Coatepec Harinas	Donato Guerra		Temascaltepec	Tenancingo
3 Mar	Esférico	Esférico	Gaussiano	Esférico	11	17	14	14	Alta
18 Mar	Esférico	Gaussiano	Esférico	Esférico	17.1	14.1	13.1	16.1	Alta
3 Abr	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	18.2	16.2	22.2	13.2	Alta
18 Abr	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	16.5	20.5	12.5	12.5	Alta
3 May	Gaussiano	Esférico	Esférico	Gaussiano	19.2	16.2	23.2	19.2	Alta
18 May	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	16.4	13.4	20.4	12.4	Alta
3 Jun	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	17.9	14.9	13.9	11.9	Alta
18 Jun	Esférico	Esférico	Gaussiano	Gaussiano	21	18	17	9.8	Alta

El valor del rango es indicativo de la distancia máxima hasta la que existe relación entre los datos y puede corroborarse en los mapas de distribución. Los valores del rango para los semivariogramas del municipio de Coatepec Harinas oscilaron entre los 11 a 21 m, mientras que los correspondientes a Temascaltepec mostraron rangos entre 12.5 a 23.2 m, para Tenancingo, el valor del rango mostró una variación entre 9.8 y 21.5 m diferenciando de Donato Guerra que presentó valores que van de 13 a 20.5 m (Cuadro 1).

El número máximo de ácaros encontrados en Coatepec Harinas fue de 1 250 ácaros por árbol durante los muestreos realizados en mayo, mientras que para Temascaltepec fue de 1 257 arañas por árbol. Para los municipios de Tenancingo y Donato Guerra se encontraron 1 445 y 1 244 arañas por árbol. La menor incidencia se presentó en junio, debido a la presencia de constantes y abundantes lluvias en las cuatro zonas de producción, mientras que la disminución de la temperatura tuvo injerencia en los meses de enero y febrero, iniciando un repunte en marzo con más de 350 ácaros por árbol.

En cuanto a la meseta, los valores variaron en los cuatro municipios de estudio, Coatepec Harinas de 12.5 a 609.7, Donato Guerra osciló entre 27.9 y 401, Temascaltepec mostró valores de 21.17 a 609.78 y Tenancingo de Degollado de 28.4 a 637; lo anterior, explica los tipos de agregación presentes en los cuatro municipios. La incidencia de la plaga se logró representar mediante mapas de distribución lo que permitirá su visualización gráfica y la ubicación espacial de los centros de agregación.

En los mapas de distribución el color rojo es indicativo del mayor número de individuos de *O. perseae* mientras que el color blanco refleja ausencia de ácaros. Esta técnica ha sido empleada en otras plagas como trips en el cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán (Solares *et al.*, 2012), trips en el cultivo de gladiolo en el Estado de México (Quiñonez *et al.*, 2015), Esquivel y Jasso (2014) con su estudio sobre la distribución espacial de gusano soldado en el Estado de México, Ramírez y Porcayo (2008) con la distribución de ninfas de *Jacobiasca lybica* en viñedos de Andalucía, España, entre otros.

En los diferentes mapas podemos observar que las poblaciones de *O. perseae* se presentan de manera agregada dentro de los municipios evaluados, esta situación también fue observada en las hojas del aguacatero, ya que en un mismo nido pudimos encontrar huevos, ninfas y adultos, lo cual corrobora la agregación de las poblaciones de araña cristalina. Estos mismos resultados fueron observados por Silva *et al.* (2016) en el estudio de la población de *Vatiga* spp., donde informa que esta plaga se presenta de forma agregada en el cultivo de la yuca. Maldonado *et al.* (2017) reporta que las poblaciones de trips en aguacate en el Estado de México también se presentan de forma agregada dentro de los huertos comerciales evaluados durante el año 2015.

Como se puede observar en la Figura 1, en los muestreos 1, 4, 7, 9, 10, 11 y 12 la ubicación de la plaga se encontró en la parte norte del municipio, mientras que en los muestreos 2, 3 y 6 la distribución se encontró en el centro de los municipios mientras que en el muestreo 5 se presentó el mayor número de ácaros en el este del municipio y en el muestreo 8 se presentaron más ácaros en el Sureste del municipio.

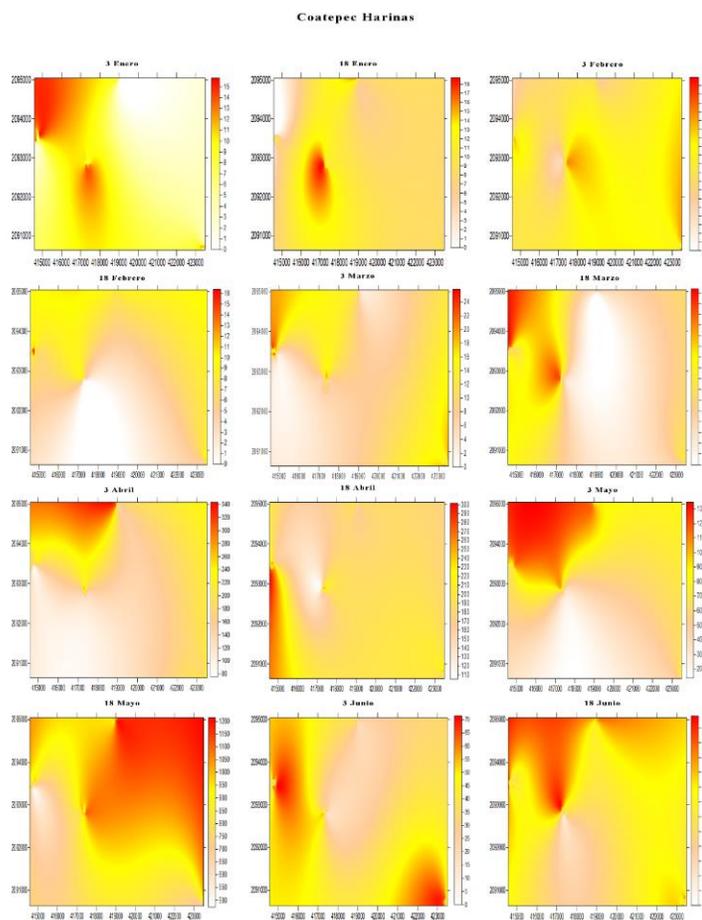


Figura 1. Mapas de densidad de las poblaciones de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) obtenidos en los muestreos en el municipio de Coatepec Harinas, México, semestre 2017-A.

En Donato Guerra, los muestreos mostraron infestación generalizada en la mayoría de los muestreos, siendo solo los muestreos 1, 8, 10 y 12 los que se encontraron con mayor infestación hacia los límites del municipio (Figura 2).

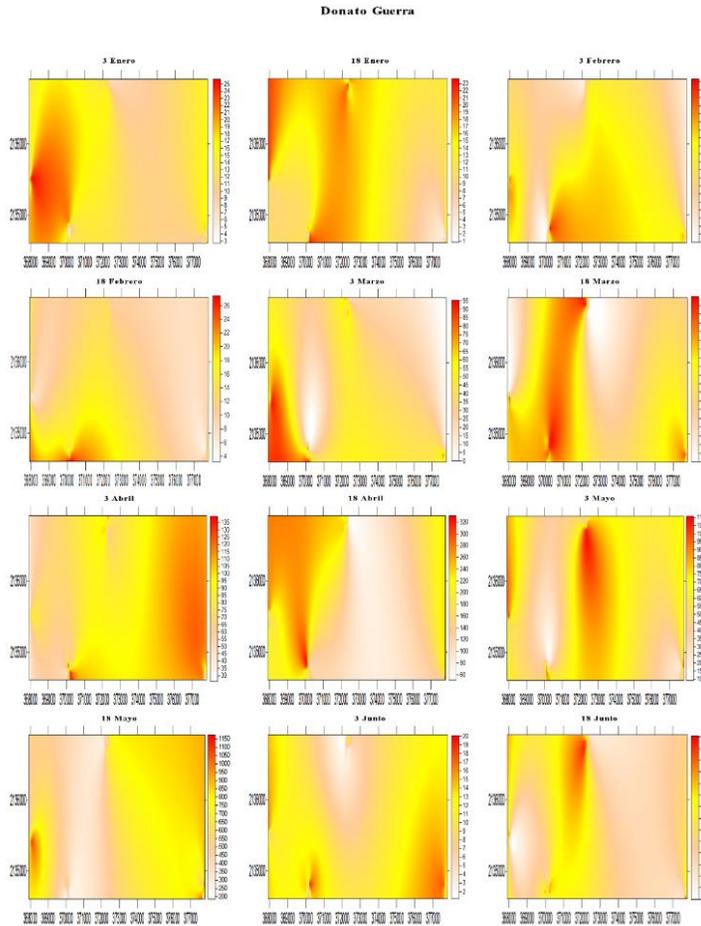


Figura 2. Mapas de densidad de las poblaciones de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) obtenidos en los muestreos en el municipio de Donato Guerra, México semestre, 2017-A.

En el municipio de Temascaltepec (Figura 3), la plaga mostró una preferencia por la parte Sur del municipio en los muestreos 1, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, mientras que en el resto de los muestreos se orientó más hacia el Noreste (2, 5, 7), en el muestreo 9 encontramos una infestación generalizada en el municipio.

La presencia de modelos esféricos en la mayoría de los semivariogramas refleja que dentro de los municipios existen zonas donde hay mayor incidencia de *O. perseae* permitiendo ubicar los centros de agregación con más individuos en lugares específicos como lo muestran las figuras correspondientes a los muestreos de cada municipio, lo cual indica que la distribución de éste ácaro parte de un foco principal y se expande a la periferia, este comportamiento muestra una similitud con la distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis* en plantaciones de naranja valencia en Colombia realizado por Solano *et al.* (2008).

Según Isaaks y Srivastava (1989) citado por Moral (2004), una variable como la densidad de insectos en una parcela probablemente se distribuya muy erráticamente en distancias reducidas, con lo que los modelos teóricos más apropiados para los variogramas deben ser el esférico o el exponencial.

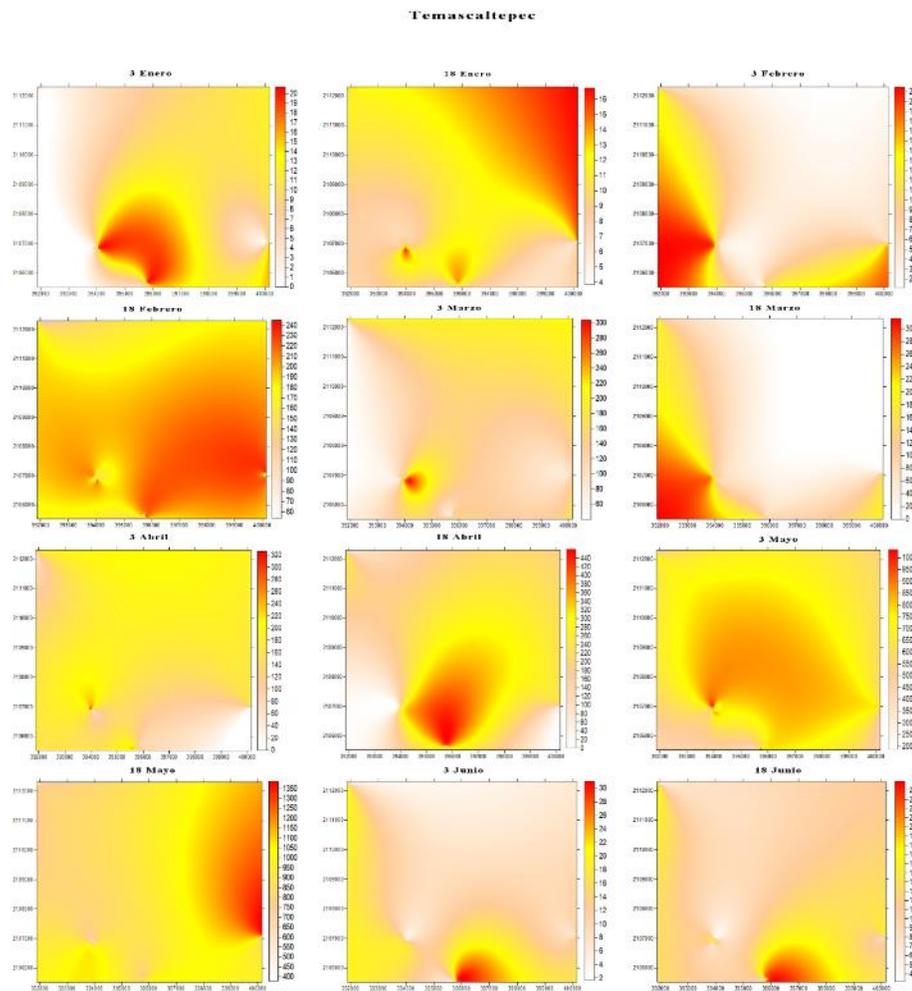


Figura 3. Mapas de densidad de las poblaciones de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) obtenidos en los muestreos en el municipio de Temascaltepec, México, semestre 2017-A.

Respecto a Tenancingo de Degollado, pudimos encontrar una infestación generalizada en los muestreos 4, 6, 7 y 11 mientras que en los muestreos 1, 5 y 10 la plaga se encontró al Oeste del municipio. Los muestreos 2, 8, 12 mostraron una presencia de la plaga hacia el sur y en los muestreos restantes la plaga se presentó en el este del municipio (Figura 4).

Gracias a la representación gráfica de la presencia de araña cristalina en aguacate, se pudo calcular la superficie infestada por este ácaro en los cuatro municipios estudiados. Para Coatepec Harinas el porcentaje de infestación mínimo se encontró en el muestreo 5; 91% de la superficie infestada mientras que la mayoría de los muestreos tuvieron 100% de infestación. En Temascaltepec, la mínima infestación se observó en el muestreo 6; 73% seguida del muestreo 1, 7, 8 con más de 80% y los muestreos restantes con una infestación de 100%.

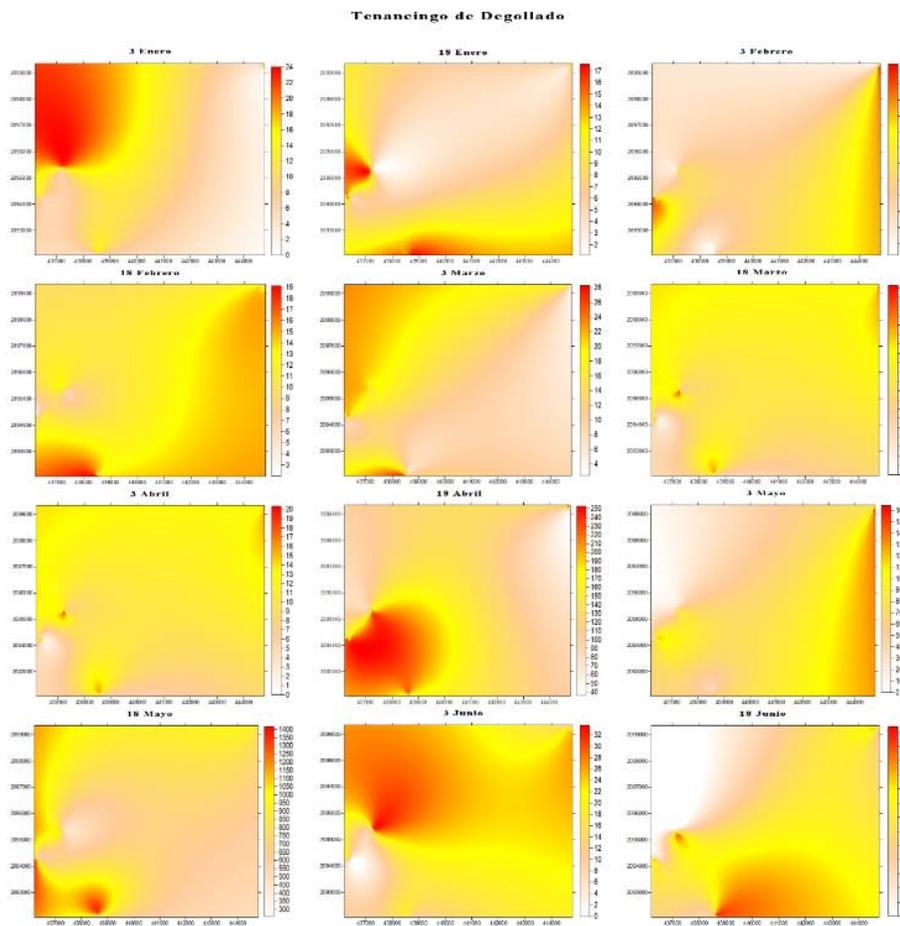


Figura 4. Mapas de densidad de poblaciones de *O. perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) obtenidos en los muestreos del municipio Tenancingo de Degollado, México, semestre 2017-A.

Tenancingo de Degollado presentó la menor infestación en el muestreo 12 con 78% de la superficie del municipio infestada seguida del muestreo 9, 7, 1, y 11 con hasta 96% infestado, todos los demás muestreos tuvieron una infestación de 100%. Donato Guerra presentó la menor superficie infestada en el muestreo 6; 93% y 100% en los demás muestreos a excepción del muestreo 12 (Cuadro 2). Estas incidencias son dadas principalmente por condiciones medio ambientales según lo reportado por Salinas y Reséndiz (1995) quienes concluyen que la humedad relativa óptima para el ciclo de vida de *Oligonychus perseae* es 60% a una temperatura de 25 °C para un ciclo biológico de entre 24 días para los machos y 31 días para las hembras.

En cuanto a las afectaciones al follaje, se observó que no generan un daño significativo a pesar del número de ácaros por árbol encontrado en el estrato medio y bajo ya que buscan migrar hacia el estrato más alto del árbol con el fin de buscar condiciones para su supervivencia, este comportamiento se explica puesto que la parte inferior del árbol guarda más humedad, mientras que la parte superior del árbol presenta una mayor aireación, e incremento de las temperaturas por ende una menor humedad relativa. Aunque ha sido demostrado que los altos niveles de infestación pueden reducir la fotosíntesis en más de 50%, su efecto sobre el rendimiento aún no se ha demostrado (Maoz *et al.*, 2011) ni se observaron durante el desarrollo del trabajo.

Cuadro 2. Superficie infestada de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello), por fecha de muestreo en cuatro municipios del Estado de México, semestre 2017-A.

(%) Superficie infestada				
Núm. muestreo	Coatepec Harinas	Donato Guerra	Temascaltepec	Tenancingo de Degollado
1	100	100	80	99
2	100	100	100	100
3	100	100	100	100
4	100	100	100	100
5	91	95	100	100
6	92	93	73	100
7	100	100	94	98
8	100	100	90	100
9	100	100	100	87
10	100	100	100	100
11	100	100	100	96
12	97	96	100	78

Conclusiones

La distribución espacial agregada de *O. perseae* en el cultivo de aguacate fue corroborada con los mapas realizados con el krigeado. La elaboración de mapas de incidencia y distribución de araña cristalina facilita la detección de zonas con alto nivel de infestación en los municipios productores de aguacate del Estado de México, para aplicar un manejo oportuno y eficaz. El uso de técnicas geoestadísticas permite fortalecer los programas de manejo fitosanitario dentro de los cultivos de importancia económica como lo es el aguacate.

Se recomienda la aplicación de control biológico con la liberación de fitoseidos y hongos entomopatogenos, como se realiza en países como España, donde la araña cristalina es un problema grave que afecta al aguacatero. Durante la realización del presente trabajo se llevaron a cabo capacitaciones a los productores cooperantes para mostrar la utilidad de la aplicación de las técnicas geoestadísticas en la detección y monitoreo de plagas que afectan los cultivos. Se recomienda continuar el estudio para analizar a fondo el comportamiento del ácaro en los municipios evaluados durante un tiempo más para poder realizar un plan de manejo adecuado a cada población y así emitir las recomendaciones pertinentes para esta plaga.

Literatura citada

Acosta, A. D.; Ramírez, J. F.; Rivera, R.; Figueroa, K.; Lara, A. V.; Maldonado, F. I. and Tapia, A. 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 Entomol.* 42(2):435-444.

- Armstrong, M. and Jabin, R. 1981. Variogram models must be positive-definite. *Mathematical Geology*. 13(5):455-459.
- Cambardella, C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco, R. and Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58(5):1501-1511.
- EPPO. 2003. *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae-Persea mite). www.eppo.org/quarantine/alert-list/deleted%20files/insects/oligonychus.perseae.doc.
- EPPO. 2006. *Oligonychus perseae*. European and Mediterranean plant protection organization. www.eppo.org/Quarantine/alert-list/insects/oliGpa.htm.
- Esquivel, V. y Jasso, 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.
- Ferreira, M. A.; Brazao, C. I. e Franquinho, A. M. 2006. Ocorrência de *oligonychus perseae* tuttle, Baker & Abbatiello (Acari: Tetranychidae) na ilha da madeira. *Agron. Lusitana*. 51(3):219-222.
- Gallegos, E. R. 1983. Algunos aspectos del aguacate y su producción en Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 317 pp.
- González, O. E. 2012. Estudio Geoestadístico de la distribución espacial de adultos de araña roja (*Oligonychus punicae* Hirts.) y su daño sobre el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la zona oriente del Estado de Michoacán, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMex. 117 p.
- Hevesi, J.; Istok, J. and Flint, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I. Structural analysis. *J. Appl. Meteorol.* 31(7):661-676.
- Hoddle, M. S.; Robinson, L. and Virzi, J. 2000. Biological control of *Oligonychus perseae* on avocado: III. Evaluating the efficacy of varying release rates and release frequency of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Inter. J. Acarol.* 26(3):203-214.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford Univ. Press, 1ª (Ed.). New York, United States of America. 35-38 pp.
- Jiménez, R. D. L. A.; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R.; Salgado, S. M. L. 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.
- Journel, A. G. and Huijbregts, Ch. J. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, Londres, Reino Unido 2ª (Ed.). 600 p.
- Kerguelen, V. and Hoddle, M. S. 2000. Comparison of the susceptibility of several cultivars of avocado to the perseae mite, *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Sci. Hortic.* 84(1-2):101-114.
- López, G. F.; Jurado, E. M.; Atenciano, S.; García, F. A.; Sánchez, M. and García, T. L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant Soil*. 246(1):97-105.
- Maldonado, F. I.; Lara, A.V.; Ramírez, J. F.; Acosta, A. D.; Rivera, R. y Tapia, A. 2017. Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. *Rev. Ecosist.* 26(2):52-60.
- Maoz, Y.; Gal, S.; Zilberstein, M.; Izhar, Y.; Alchnatis, V.; Coll, M. and Palevsky, E. 2011. Determining an economic injury level for perseae mite *Oligonychus perseae*, a new pest of avocado in Israel. *Entomol. Exp. et Applicata.* 138(2):110-116.
- Moral, G. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*. 13(1):78-86.

- Quiñones, R.; Sánchez, J.; Pedraza, A.; Castañeda, A.; Gutiérrez, A. 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. Southwest. Entomol. 40(2):397-408.
- Ramírez, J. F. y Porcayo, E. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo de Andalucía, España. Rev. Colomb. Entomol. 34(2):169-175.
- Rivera, R.; Acosta, A. D.; Ramírez, J. F.; Figueroa, D. K.; Maldonado, F. I. y Lara, A. V. 2017. Distribución espacial de las poblaciones de adultos de *Bactericera cockerelli* Sulc. en el cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Southwestern Entomol. 42(4):1057-1068.
- Rossi, R.; Mulla, J.; Journel, G. and Franz, H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. Ecol. Monographs. 62(2):277-314.
- Salinas, P. y Reséndiz, B. 1995. Control biológico de la araña cristalina del aguacatero *Oligonychus Perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) (Prostigmata: Tetranychidae). Rev. Chapingo Ser. Protección Vegetal. 2(1):53-56.
- Samper, F. J. y Carrera, J. 1996. Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea. 2ª (Ed.). Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 p.
- Silva, A. S.; Mota, T. A.; Piñeyro, N. Y.; Fernandes, M. G. y Pereira, F. F. 2016. Distribución espacial de *Vatiga* spp. (Hemiptera: Tingidae) en el cultivo de yuca. Acta Biol. Colomb. 21(1):195-200.
- Solano, D.; Álvarez H. y Rodríguez, J. 2008. Distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis*, vector de la leprosis de los cítricos en el cultivo de naranja Valencia (*Citrus sinensis*) en Yapal, Casanare (Colombia). Agron. Colomb. 26(3):399-410.
- Solares, V. M.; Ramírez, J. F. y Sánchez, J. R. 2012. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). Bol. Mus. Entomol. Univ. Valle. 12(2):1-12.
- Trematerra, P. and Sciarretta, A. 2004. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. J. Stored Products Res. 40(4):363-377.