

Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México*

Spatial distribution of thrips in avocado in Coatepec Harinas, State of Mexico

Fátima Iraís Maldonado Zamora¹, José Francisco Ramírez Dávila^{2§}, Martín Rubí Arriaga², Xanat Antonio Némiga³ y Ana Verónica Lara Díaz¹

¹Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Facultad de Ciencias Agrícolas- Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. A. P. 5020. (irita_3@hotmail.com). ²Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. A. P. 5020. (mrubia@uaemex.mx). ³Facultad de Geografía-Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. A. P. 5020. (xantonion@uaemex.mx; sakua_02@hotmail.com). [§]Autor de correspondencia: jframirez@uaemex.mx.

Resumen

El aguacate es uno de los cultivos perennes de mayor importancia económica en México, como cualquier otro cultivo, se ve afectado por plagas y enfermedades que causan daños económicos y ecológicos. Uno de los principales insectos que ataca el cultivo es *Frankliniella occidentalis*, estos lesionan hojas y frutos de aguacate como resultado de su alimentación en las capas de células de la epidermis, creando áreas pálidas o cafés. Las lesiones originadas pueden ser puntos de entrada de microorganismos patógenos. En los frutos, estos insectos llegan a causar cicatrices o marcas, reduciendo su valor en el mercado, pueden producir malformaciones en la fruta al provocar alteraciones en la cáscara de frutos recién formados, inhiben la fecundación de flores y provocan su caída. El objetivo fue determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips y la elaboración de mapas de densidad de tres parcelas de cuatro hectáreas ubicadas en el municipio de Coatepec Harinas mediante la aplicación del análisis geoestadístico. Los resultados mostraron que las poblaciones de trips se agrupan en centros de agregación y se ajustan a modelos esféricos en su mayoría. Adicional a ello, se pudo determinar la superficie infestada por el insecto, lo que permitirá dirigir certeramente las medidas de control en las áreas con mayor número de insectos a través de los mapas de densidad.

Abstract

The avocado is one of the perennial crops of major economic importance in Mexico, like any other crop, affected by pests and diseases that cause economic and environmental damage. One of the major insect that attacks the crop is *Frankliniella occidentalis*, these injured avocado leaves and fruit as a result of feeding in the layers of cells of the epidermis, creating areas or pale brown. The lesions may be caused entry points of pathogenic microorganisms. In fruits, the insects come to cause scars or marks, reducing its market value, can cause birth defects in fruit by causing alterations in the newly formed shell fruits, flowers inhibit fertilization and cause them to fall. The objective was to determine the spatial distribution of populations of thrips and mapping the density of three plots four hectares located in the municipality of Coatepec Harinas through the application of geostatistical analysis. The results showed that populations of thrips are grouped into aggregation centers and conform to spherical models mostly. In addition to this, it was determined the area infested by the insect, which will accurately direct control measures in the areas with the largest number of insects through density maps.

Keywords: *Frankliniella occidentalis*, areas of infestation, avocado, Coatepec Harinas, geostatistical analysis.

* Recibido: enero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

Palabras clave: *Frankliniella occidentalis*, aguacate, análisis geoestadístico, áreas de infestación, Coatepec Harinas.

Introducción

Tradicionalmente, los programas de cuarentena vegetal han interpretado los posibles impactos que la distribución de una plaga exótica podría tener en un país, sobre la base de decisiones cualitativas e intuitivas, realizando una simplificación del sistema. En este sentido, la utilización de herramientas derivadas de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden proveer elementos eficientes para el análisis de riesgo sobre la distribución potencial de plagas exóticas y cuarentenarias para países que evalúan la importación de un determinado producto vegetal (Dahlsten *et al.*, 1989; LeVeen, 1989). Así, los modelos de distribución de especies, entendidos como representaciones cartográficas de la idoneidad de un ambiente para sostener la presencia de una especie (en función de las variables ambientales), pueden convertirse en una herramienta de toma de decisiones en potenciales escenarios de invasión.

Diversos modelos empíricos para el desarrollo de insectos, en particular los modelos fenológicos de grados/día, han sido utilizados para predecir eventos de desarrollo de poblaciones de insectos y otros organismos poiquiloterms (Higley *et al.*, 1986; Milonas *et al.*, 2001). En tal sentido, los estudios sobre el patrón de vuelo de los insectos tienen por objeto establecer sistemas de alertado y representan una herramienta útil para la realización de acciones fitosanitarias en tiempo y forma, facilitando el pronóstico y la prevención (Savopoulou *et al.*, 1996). Es por ello que se requieren estudios para determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips y de esa manera poder implementar medidas de control focalizadas, y que esto contribuya a reducir las pérdidas de la producción del aguacate.

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo. La producción mundial de aguacate se estima en 4.2 millones de toneladas. México es el principal productor de aguacate en el mundo, con una producción promedio anual de 1 467 837.35 t en 168 113.64 ha obteniendo un rendimiento de 10.18 t ha⁻¹ (SIAP, 2013). El Estado de México cuenta con 6 671.00 hectáreas plantadas (SIAP, 2013). Este frutal como cualquier cultivo presenta plagas y enfermedades, para el Aguacate uno de los principales daños es causado por insectos y el grupo más numeroso es el

Introduction

Traditionally, plant quarantine programs have interpreted the possible impacts that the distribution of an exotic pest could have in a country, based on qualitative and intuitive decisions, making a simplification of the system. In this sense, the use of tools derived from remote sensing and Geographic Information Systems (SIG) can provide efficient elements for risk analysis on the potential of exotic and quarantine pests distribution to countries that assess the import of a given plant product (Dahlsten *et al.*, 1989; LeVeen, 1989). Thus, models of species distribution, understood as cartographic representations of the suitability of an environment to sustain the presence of a species (depending on environmental variables), can become a tool for decision making in potential scenarios invasion.

Several empirical development of insects, particularly phenological models degrees/day, models have been used to predict events development of populations of insects and other poikilothermic organisms (Higley *et al.*, 1986; Milonas *et al.*, 2001). In this regard, studies on the pattern of insect flight is to establish systems alerted and represent a useful tool for conducting phytosanitary actions in a timely manner, facilitating prognosis and prevention (Savopoulou *et al.*, 1996). That is why studies are required to determine the spatial distribution of populations of thrips and thus to implement measures targeted control, this will contribute to reducing losses avocado production.

The avocado (*Persea americana* Mill.) Is the fourth largest in the world tropical fruit. World production of avocado is estimated at 4.2 million tons. Mexico is the largest producer of avocados in the world, with an average annual production of 1 467 837.35 t in 168 113.64 has obtained a yield of 10.18 t ha⁻¹ (SIAP, 2013). The State of Mexico has 6 671.00 hectares planted (SIAP, 2013). This presents fruit as any crop pests and diseases, for avocado one of the main damage is caused by insects and the largest group is the order belonging to Hemiptera (Moreno *et al.*, 2010). The order of the Thysanoptera, cause damage to prefer feeding on soft tissues such as leaf buds, flowers, young leaves and developing fruits (Castañeda and Johansen, 2011).

Thrips injure avocado leaves and fruits as a result of their diet in the cell layers of the epidermis, creating pale areas or cafes, caused injuries can be entry points for pathogens.

perteneciente al orden Hemiptera (Moreno *et al.*, 2010). El orden de los Thysanoptera, provocan daños al preferir alimentarse de tejidos tiernos como brotes foliares, florales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo (Castañeda y Johansen, 2011).

Los trips lesionan hojas y frutos de aguacate como resultado de su alimentación en las capas de células de la epidermis, creando áreas pálidas o cafés, las lesiones originadas pueden ser puntos de entrada de microorganismos patógenos. En los frutos del cv. Hass, estos insectos llegan a causar cicatrices o marcas, reduciendo su valor en el mercado. Pueden producir malformaciones en la fruta al provocar alteraciones en la cáscara de frutos recién formados, inhiben la fecundación de flores y provocan su caída. Las especies reportadas a nivel mundial, asociadas a estos daños son: *Heliethrips haemorrhoidalis*, *Selenothrips rubrocinctus*, *Scirtothrips perseae*, *S. aceri*, *Frankliniella* spp. y *Liothrips perseae*. *F. occidentalis* ha presentado abundancias máximas en períodos de brotación vegetativa, floración y amarre de frutos, en el período que comprende desde principios de enero hasta el inicio de lluvias; en condiciones no apropiadas estos insectos se hospedan en malezas (De Villiers y Van den Berg, 1987; Fisher, 1989; Mc Murtry *et al.*, 1991; Coria, 1993; Childers, 1997; Bender, 1998).

El control de los trips se ha venido realizando con aplicaciones de insecticidas y eliminación de malezas (Coria, 1993; Méndez *et al.*, 1999). El conocimiento de la distribución del trips es indispensable para la elaboración de programas de manejo integrado, debido a la importancia de esta plaga, por ello, los objetivos fueron determinar la distribución espacial de adultos de *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate en Coatepec Harinas y elaborar mapas de la distribución espacial mediante el uso de la estadística espacial, en particular de la geoestadística que proporciona una medida directa de la dependencia espacial, al tener en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial y su visualización en mapas (Ramírez y Porcayo, 2010).

Materiales y métodos

El municipio de Coatepec Harinas se encuentra entre los paralelos 18° 48' y 19° 05' de latitud norte, los meridianos 99° 43' y 99° 54' con una altitud entre 1 600 y 3 900 msnm; el área de estudio consistió en tres parcelas de cuatro hectáreas cada una. Usando el método de cuadrantes (de 20 m x 20

m en los frutos de cv. Hass, estos insectos vienen a causar cicatrices o marcas, reduciendo su valor de mercado. Pueden causar defectos en el fruto al causar alteraciones en los frutos recién formados, las flores inhiben la fertilización y causan su caída. Las especies reportadas a nivel mundial asociadas a estos daños son: *Heliethrips haemorrhoidalis*, *Selenothrips rubrocinctus*, *Scirtothrips perseae*, *S. aceri*, *Frankliniella* spp. and *Liothrips perseae*. *F. occidentalis* ha presentado abundancias máximas en períodos de brotación vegetativa, floración y fruto en desarrollo, en el período que comprende desde principios de enero hasta el inicio de lluvias; en condiciones no apropiadas estos insectos se hospedan en malezas (De Villiers and Van den Berg, 1987; Fisher, 1989; Mc Murtry *et al.*, 1991; Coria, 1993; Childers, 1997; Bender, 1998).

El control de los trips se ha venido realizando con aplicaciones de insecticidas y eliminación de malezas (Coria, 1993; Méndez *et al.*, 1999). El conocimiento de la distribución del trips es indispensable para el desarrollo de programas de manejo integrado, debido a la importancia de esta plaga, por lo tanto, los objetivos fueron determinar la distribución espacial de adultos de *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate en Coatepec Harinas y elaborar mapas de la distribución espacial mediante el uso de la estadística espacial, en particular de la geoestadística que proporciona una medida directa de la dependencia espacial, tomando en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial y su visualización en mapas (Ramírez y Porcayo, 2010).

Materials and methods

The municipality of Coatepec Harinas is located between parallels 18° 48' and 19° 05' north latitude, meridians 99° 43' and 99° 54' with an altitude of 1 600 and 3 900 meters; the study area consisted of three plots four hectares each. Using the method of quadrants (20 m x 20 m), took 40 of them at random, within each quadrant three trees were selected for sampling, thus having a total of 120 trees ten years old per plot. Biweekly counts of thrips were carried out by placing 12 waste cup trap to catch and count reference thrips adults taking the cardinal points of the tree. Each tree was georeferenced with a model view browser eTrex Vista HC x 2007. The vessels used were plastic yellow color No. 8, 10 cm high, 4.5 cm diameter and base diameter 7.5 cm top edge; this according to the tests made by (Gonzalez *et al.*, 1998). To place the glasses were asked a metal hook at the base, spreading over them shortening for thrips will

m), se tomaron 40 de ellos al azar, dentro de cada cuadrante se seleccionaron tres árboles para el muestreo, teniendo así un total de 120 árboles de diez años de edad por parcela. Se efectuaron recuentos quincenales del trips, colocando 12 vasos-trampa para la captura y conteo de trips adultos tomando de referencia los puntos cardinales del árbol. Cada árbol fue georeferenciado con un navegador modelo eTrex Vista HC x 2007. Los vasos trampa utilizados fueron de plástico color amarillos del No. 8, de 10 cm de alto, 4.5 cm de diámetro base y 7.5 cm de diámetro de borde superior; esto de acuerdo con los ensayos hechos por (González *et al.*, 1998). Para colocar los vasos se les hizo un gancho de metal en la base, untando sobre ellos manteca vegetal para que se pegaran los trips por toda la parte externa del vaso, para hacer las observaciones se usó una lupa de aumento de 20 x, los muestreos comenzaron a partir del 3 julio 2014 al 18 diciembre 2014.

Análisis geoestadístico

Se realizó la estimación de los semivariogramas experimentales con los datos recopilados; el semivariograma se calculó mediante la siguiente fórmula: (Journel and Huijbregts, 1978; Isaak y Srivastava, 1989).

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Donde: $\gamma^*(h)$ = valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h ; $N(h)$ = número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h ; $z(x_i)$ = valor de la variable de interés en el punto muestreo x_i , y $z(x_i+h)$ = 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. Primavera 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 (2002). 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.

stick around the outside of the glass, to make observations a magnifying glass 20 x was used, the sampling they started from July 3, 2014 to December 18, 2014.

Geostatistical analysis

The estimation of experimental semivariograms the data collected was performed; the variogram is calculated by the following formula: (Journel and Huijbregts, 1978; and Srivastava Isaak, 1989).

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Where: $\gamma^*(h)$ is the experimental semivariogram value for the distance interval h ; $N(h)$ is the number of pairs of sample points separated by the distance h interval; $z(x_i)$ is the value of the variable of interest in sampling point x_i , and $z(x_i + h)$ is the value of the variable of interest in the sample point $x_i + h$. Any mathematical function can be used for a model of semivariogram always be positive and definite (Armstrong and Jabin 1981). To carry out the experimental semivariogram for each sampling the Variowin 2.2 program was used. (USA Software for analyzing spatial data in 2D. Primavera Verlag, New York)

Theoretical models commonly used to fit the experimental semivariogram are the spherical, exponential, Gaussian, the log, the pure nugget effect, the hole effect and monomic according Samper and Carrera (1996), Trematerra and Sciarretta (2002). The model parameters to validate (C_0 , nugget effect, C , and plateau, range or scope) are modified to obtain adequate statistical cross-validation.

The values of cross-validation are:

To average estimation errors (MEE):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Where: $z^*(x_i)$ is the estimated value of the variable of interest at the point x_i ; $z(x_i)$ is the measured value of the variable of interest at the point x_i and n is the number of sample points used in the interpolation. The MEE should not be significantly different from 0 (t test), in which case indicate that the semivariogram model allows the calculation of unbiased estimators.

Los valores de la validación cruzada son:

Media de los errores de estimación (MEE):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Donde: $z^*(x_i)$ = valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ = valor medido de la variable de interés en el punto x_i y n = 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.

b) Error cuadrático medio (ECM):

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

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

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

$$ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]}{\sigma_k}$$

Donde: σ_k = desviación estándar del error esperado en la estimación con el krigeado. 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 al 76% se considera bajo (Cambardella *et al.*, 1994, López *et al.*, 2002).

Elaboración de mapas: la elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del krigeado ordinario que 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). Y finalmente, se estableció la superficie infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo pertenecientes al ciclo verano-otoño 2014 de *F. occidentalis*,

b) Mean square error (ECM):

$$MEE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

A variogram model is considered adequate if, as a practical rule, the statistical value is close to zero (Hevesi *et al.*, 1992).

c) Dimensionless mean square error (ECMA):

$$ECMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]}{\sigma_k}$$

Where: σ_k is the standard deviation of the expected error in estimating the kriging. The validity of the model is satisfied if ECMA is between the values $1 \pm 2(2/N) 0.5$.

Level of spatial dependence

It was calculated in order to determine the strength of the relationship between sampling data. This value is obtained by dividing the nugget effect between the lower edge, expressed as a percentage. Less than 25% is considered high, between 26 and 75% moderate and greater than 76% is considered low (Cambardella *et al.*, 1994, López *et al.*, 2002).

Mapping: mapping was performed by interpolating values through ordinary kriging that allows unbiased estimate of values associated with points that were not sampled all this based on the provisions of Samper and Carrera (1996). And finally, the surface infested estimates that are represented in the form of maps for each study plot in different sampling dates belonging to the summer- autumn 2014 cycle of *F. occidentalis*, using the program Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

The calculations were performed infested area based on density maps after validating the semivariograms by kriging.

Results and discussion

With the obtained data modeling populations of thrips and their representation it was made by population density maps. For semivariograms, most to a gaussian model was adjusted in the first plot, except for sampling one, five, seven, eight and twelve. (Table 1). For all samples, the nugget effect was zero, this value reflects the scale of sampling used

mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

Los cálculos de la superficie infestada se realizaron con base en mapas de densidad después de validar los semivariogramas mediante el krigeado.

Resultados y discusión

Con los datos obtenidos se realizó la modelización de las poblaciones de trips y su representación mediante mapas de densidad de población. Para los semivariogramas, la mayoría se ajustó a un modelo gaussiano en la primer parcela, a excepción del muestreo uno, cinco, siete, ocho y doce. (Cuadro 1). Para todos los muestreos, el efecto pepita fue igual a cero, este valor refleja que la escala de muestreo usada fue la correcta y que el error de muestreo fue casi nulo. La dependencia espacial para todos los semivariogramas calculados fue alta (Cuadro 1, 2 y 3). Los semivariogramas fueron validados adecuadamente al encontrarse dentro de los rangos adecuados (Cuadro 5).

En la fase del análisis estructural de los datos, se eligió la función "variograma" para caracterizar la continuidad espacial. Se construyeron los variogramas que posteriormente se ajustaron a modelos teóricos.

Cuadro 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariograma de *F. occidentalis*, por fecha de muestreo en Coatepec Harinas, Estado de México, verano-otoño 2014 (parcela 1).

Table 1. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis*, by sampling date in Coatepec Harinas, State of Mexico, summer-autumn 2014 (plot 1).

Fecha	Modelo	Pepita	Rango (m)	Meseta	Pep/ mes (%)	Depen. esp.
03 julio	Esférico	0	13.2	9.96	0	Alta
18 julio	Gaussiano	0	13.2	16.53	0	Alta
03 agosto	Gaussiano	0	14.3	96	0	Alta
18 agosto	Gaussiano	0	12.1	269.7	0	Alta
03 septiembre	Esférico	0	15.4	487.2	0	Alta
18 septiembre	Gaussiano	0	12.1	228.1	0	Alta
03 octubre	Esférico	0	18.7	200.1	0	Alta
18 octubre	Esférico	0	17.6	88	0	Alta
03 noviembre	Gaussiano	0	15.6	7.56	0	Alta
18 noviembre	Gaussiano	0	9.9	10.08	0	Alta
03 diciembre	Gaussiano	0	9.8	10.06	0	Alta
18 diciembre	Esférico	0	17.6	4.12	0	Alta

was correct and that the sampling error was almost nil. The spatial dependence calculated for all semivariograms was high (Table 1, 2 and 3). The semivariograms were properly validated to be within acceptable ranges (Table 5).

In the phase of structural analysis of the data, the "variogram" function was chosen to characterize the spatial continuity. The variograms were built subsequently adjusted to theoretical models.

Regarding the plot two we can see that the models that were adjusted semivariograms are mostly spherical. The range for the sampling of the plot two ranges between 10.8 and 16.8 m, this data is indicative of the maximum distance that a relationship exists between the data. These data are reflected in the density maps (Figure 2), they can be seen that as many of these insects are in the months of July, August and September, which coincides with the flowering "crazy" that It presented in these same months, reducing significantly from October to December due to the decrease in temperature (Table 4, Figure 1).

In the case of the plot three, the tilt range between 10.8 and 21.6, the semivariograms adjusted to spherical model and only two of them to the gaussian model (Table 3), all with high spatial dependence and nugget effect zero. Cross-validation for the three plots and the value of allowable values reflects nugget effect, which corroborates the efficiency of sampling scale and minimal sampling error (Table 4, 5, 6).

Cuadro 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariograma de *F. occidentalis*, por fecha de muestreo en Coatepec Harinas, Estado de México, verano-otoño 2014 (parcela 2).

Table 2. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis*, by sampling date in Coatepec Harinas, State of Mexico, summer-autumn 2014 (plot 2).

Fecha	Modelo	Pepita	Rango (m)	Meseta	Pepita/ meseta (%)	Dependencia espacial
03 julio	Esférico	0	15.6	6.66	0	Alta
18 julio	Esférico	0	13.2	113.1	0	Alta
03 agosto	Esférico	0	12	186	0	Alta
18 agosto	Gaussiano	0	12	226.2	0	Alta
03 septiembre	Esférico	0	14.4	755.3	0	Alta
18 septiembre	Esférico	0	12	153	0	Alta
03 octubre	Esférico	0	16.8	239.2	0	Alta
18 octubre	Esférico	0	14.4	133.5	0	Alta
03 noviembre	Gaussiano	0	12	8.65	0	Alta
18 noviembre	Gaussiano	0	10.8	8.26	0	Alta
03 diciembre	Gaussiano	0	15.6	2.52	0	Alta
18 diciembre	Gaussiano	0	15.5	1.62	0	Alta

Cuadro 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariograma de *F. occidentalis*, por fecha de muestreo en Coatepec Harinas, Estado de México, verano-otoño 2014 (parcela 3).

Table 3. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis*, by sampling date in Coatepec Harinas, State of Mexico, summer-autumn 2014 (plot 3).

Fecha	Modelo	Pepita	Rango (m)	Meseta	Pepita/ meseta (%)	Dependencia espacial
03 julio	Esférico	0	10.8	6.78	0	Alta
18 julio	Esférico	0	14.4	70.07	0	Alta
03 agosto	Esférico	0	13.2	137.7	0	Alta
18 agosto	Esférico	0	14.3	202.4	0	Alta
03 septiembre	Esférico	0	13.1	584.8	0	Alta
18 septiembre	Esférico	0	15.6	224	0	Alta
03 octubre	Esférico	0	16.8	133.5	0	Alta
18 octubre	Gaussiano	0	10.8	114.8	0	Alta
03 noviembre	Esférico	0	16.8	7.83	0	Alta
18 noviembre	Esférico	0	19.8	0.0018	0	Alta
03 diciembre	Esférico	0	14.4	5.61	0	Alta
18 diciembre	Gaussiano	0	21.6	0.0035	0	Alta

Respecto a la parcela dos, podemos observar que los modelos a los que se ajustaron los semivariogramas son en su mayoría esféricos. El rango para los muestreos de la parcela dos oscila entre 10.8 y 16.8 m, este dato es indicativo de la distancia máxima hasta la que existe relación entre los datos. Estos datos, se ven reflejados en los mapas de densidad (Figura 2), en ellos se puede observar que la mayor cantidad de estos insectos se encuentran en los meses de julio, agosto y septiembre, lo que coincide con la floración “loca” que se presenta en estos mismos meses, reduciendo notablemente a partir de octubre a diciembre debido al decremento en las temperaturas (Cuadro 4, Figura 1).

The statistical parameters of the cross-validation (Table 4, 5 and 6) allowed validation of experimental semivariograms adjusting to theoretical models, semivariograms of the plot 1 to gaussian model were adjusted almost mostly, but not for the first half of July, September, October and two fortnights the second half of December where adjusted to a spherical model. (Figure 1, 2, 3; Table 1, 2 and 3) and the plot two was set mostly by the spherical model, the second half of August and the months of November and December a gaussian model model with a structure spatial aggregate (Table 1, 2 and 3).

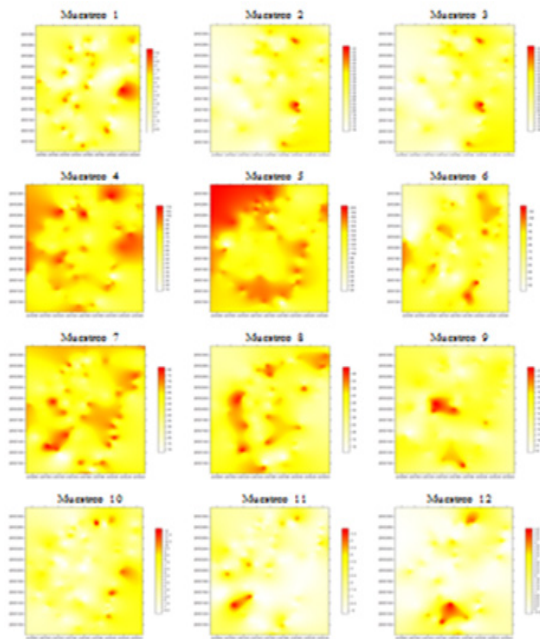


Figura 1. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 1).
Figure 1. Thrips density maps in the cultivation of avocado (plot 1).

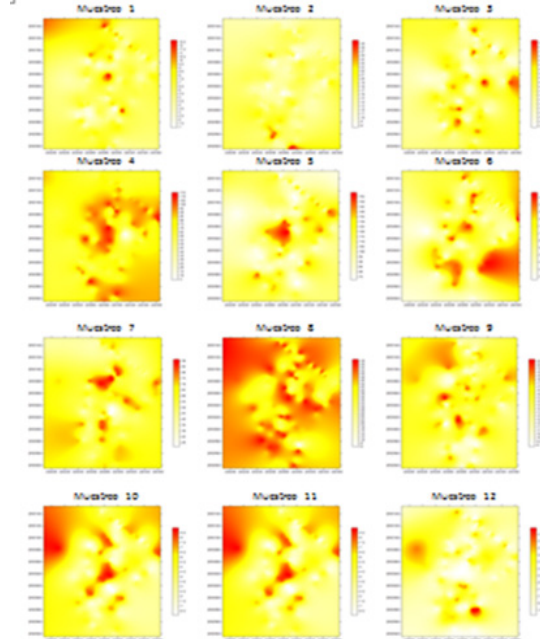


Figura 2. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 2).
Figure 2. Maps density of thrips in avocado cultivation (plot 2).

Cuadro 4. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 1).

Table 4. Values of statisticians semivariograms obtained cross-sampling validation of *F. occidentalis*, by quadrants in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico (plot 1).

Tamaño muestra	Media muestral	Desviación estándar	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
121	4.56	2.71	7.35	0.07 ^{ns}	2.45	0.06	1.11
121	27.09	11.08	1.22	0.11 ^{ns}	5.67	0.11	1.06
121	80.01	15.90	2.52	0.13 ^{ns}	3.62	0.08	1.13
121	80.01	15.90	2.52	0.08 ^{ns}	2.59	0.10	1.08
121	147.89	28.80	8.29	0.11 ^{ns}	4.47	0.05	1.14
121	80.50	13.21	1.74	0.10 ^{ns}	1.85	0.13	1.10
121	55.05	15.87	2.52	0.14 ^{ns}	1.78	0.12	1.07
121	39.65	12.07	1.45	0.09 ^{ns}	2.27	0.10	1.09
121	15.54	3.06	9.37	0.06 ^{ns}	5.82	0.09	1.12
121	1.00	1.36	1.85	0.12 ^{ns}	1.06	0.14	1.13
121	1.41	1.66	2.78	0.10 ^{ns}	1.77	0.07	1.10
121	1.00	1.26	1.83	0.09 ^{ns}	1.12	0.11	1.12

MEE= media de los errores de estimación (MEE); ECM= error cuadrático medio (ECM); ECMA= error cuadrático medio adimensional (ECMA).

Para el caso de la parcela tres, el rango oscilo entre 10.8 y 21.6, los semivariogramas se ajustaron a modelo esférico y solo dos de ellos al modelo gaussiano (Cuadro 3), todas ellas con una dependencia espacial alta y un efecto pepita igual a cero. La validación cruzada para las tres parcelas y

Plot for three most fit a spherical model only two gaussian for the second fortnight of october-december (Table 1, 2 and 3). In the three plots of sampling aggregate spatial structures *F. occidentalis* in the study area as seen in Figures 1, 2 and 3. This is also consistent with reports showing Solares *et*

el valor del efecto pepita refleja valores permisibles, lo que corrobora la eficiencia de la escala de muestreo y un mínimo error de muestreo (Cuadro 4, 5, 6).

al. (2011) who observed a spatial distribution of thrips, type added at different sampling dates. Figure 1 shows the trend distribution of thrips in different sampling dates,

Cuadro 5. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 2).

Table 5. Values statisticians semivariograms obtained cross-sampling validation of *F. occidentalis*, by quadrants in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico (plot 2).

Tamaño de muestra	Media muestral	Desviación estándar	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
121	6.62	2.54	6.46	0.11 ^{ns}	4.08	0.12	1.09
121	16.64	4.28	1.83	0.14 ^{ns}	1.02	0.10	1.11
121	40.44	9.99	9.98	0.09 ^{ns}	2.96	0.08	1.13
121	82.56	16.81	2.82	0.06 ^{ns}	3.10	0.10	1.07
121	111.00	23.58	5.56	0.12 ^{ns}	1.93	0.08	1.12
121	70.61	16.11	2.59	0.10 ^{ns}	1.54	0.13	1.14
121	59.88	14.85	2.20	0.13 ^{ns}	2.30	0.11	1.08
121	44.69	10.16	1.03	0.07 ^{ns}	1.25	0.07	1.10
121	15.13	2.98	8.93	0.11 ^{ns}	5.99	0.12	1.12
121	4.59	2.28	5.24	0.09 ^{ns}	3.76	0.10	1.10
121	4.50	2.27	5.21	0.12 ^{ns}	2.01	0.09	1.13
121	2.01	1.81	3.31	0.13 ^{ns}	1.98	0.14	1.06

MEE= media de los errores de estimación (MEE); ECM= error cuadrático medio (ECM); ECMA= error cuadrático medio adimensional (ECMA).

Cuadro 6. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 3).

Table 6. Values statisticians semivariograms obtained cross-sampling validation of *F. occidentalis*, by quadrants in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico (plot 3).

Tamaño de muestra	Media muestral	Desviación estándar	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
121	5.36	2.76	7.64	0.13 ^{ns}	2.41	0.08	1.12
121	22.26	9.50	9.04	0.11 ^{ns}	1.68	0.14	1.06
121	40.44	9.90	9.98	0.10 ^{ns}	1.40	0.11	1.09
121	81.18	14.59	2.13	0.14 ^{ns}	1.02	0.13	1.07
121	126.93	26.04	6.78	0.11 ^{ns}	4.98	0.10	1.08
121	73.88	16.46	2.71	0.12 ^{ns}	1.17	0.06	1.14
121	57.65	11.91	1.41	0.09 ^{ns}	1.90	0.09	1.10
121	42.51	11.40	1.30	0.07 ^{ns}	2.17	0.11	1.08
121	15.42	2.94	8.66	0.08 ^{ns}	5.69	0.07	1.13
121	8.19	4.15	1.72	0.06 ^{ns}	4.11	0.12	1.12
121	3.15	2.46	6.09	0.12 ^{ns}	3.34	0.11	1.10
121	1.54	1.81	3.28	0.13 ^{ns}	2.08	0.10	1.06

MEE= media de los errores de estimación (MEE); ECM= error cuadrático medio (ECM); ECMA= error cuadrático medio adimensional (ECMA).

Los parámetros estadísticos de la validación cruzada (Cuadro 4, 5 y 6) permitieron validar los semivariogramas experimentales ajustándolos a modelos teóricos, los semivariogramas de las parcela 1 se ajustaron al modelo gaussiano casi en su mayoría, no así para la primera

for example, for the case of sampling one, two, three, six, ten are located on the right side of the plots to plot four infestation is given to the banks of the plot and in all other cases are located in the central part of the plot and left. The aggregation centers located within the plot two located

quincena de julio, septiembre, las dos quincenas de octubre y la segunda quincena de diciembre donde se ajustaron a un modelo esférico. (Figura 1, 2, 3; Cuadro 1, 2 y 3) y la parcela dos se vio ajustada en su mayoría por el modelo esférico, siendo la segunda quincena de agosto, y los meses de noviembre y diciembre un modelo gaussiano modelo con una estructura espacial agregada (Cuadro 1, 2 y 3).

Para la parcela tres, la mayoría se ajustan a un modelo esférico solo dos gaussianos para las segundas quincenas de octubre diciembre (Cuadro 1, 2 y 3). En las tres parcelas de muestreo se muestran estructuras espaciales agregadas de *F. occidentalis* en la zona de estudio como se puede ver en las Figuras 1, 2 y 3. Esto también concuerda con los reportes de Solares *et al.* (2011) quienes observaron una distribución espacial de trips, de tipo agregada en las diferentes fechas de muestreo. En la Figura 1 se puede observar la tendencia de distribución de los trips en las diferentes fechas de muestreo, por ejemplo, para el caso de los muestreos uno, dos, tres, seis, diez se localizan al lado derecho de las parcelas, para parcela cuatro, la infestación se da a las orillas de la parcela y en todos los demás casos se localizan en la parte central e izquierda de la parcela. Los centros de agregación ubicados dentro de la parcela dos se ubican en la parte derecha y central de la parcela en la mayoría de las fechas de muestreo a excepción de 1, 9, 10 y 12 que se localizan en la parte izquierda y el muestreo 8 que se localiza de manera generalizada, principalmente en las orillas de la parcela (Figura 2). En la parcela tres, fue evidente la ubicación de los trips en la parte izquierda de la parcela en la mayoría de los mapas de densidad (Figura 3), aunque en el caso del muestreo 1 y 11 se encontró la mayor cantidad de trips en la parte derecha de los mapas y en el muestreo 7 y 8 se colocaron en la parte central de la parcela.

Con base en los parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas se presentan una gran mayoría de modelos esféricos, lo que indica que dentro de las parcelas existen zonas donde hay mayor incidencia de trips, lo que se deduce en centros de agregación que se ubican en lugares específicos (Figura 1, 2, 3) esto se debe en gran medida al manejo agronómico que le da el productor. Para todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero, este valor es indicativo de que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo lo que significa que 100% de la variación de la distribución de *F. occidentalis*, se explica por la estructura espacial establecida en los semivariogramas correspondientes a cada muestreo, esto concuerda con lo reportado por Rossi *et al.* (1992). En

on the right and central part of the plot in most sampling dates except for 1, 9, 10 and 12 which are located on the left side and sampling 8 which it is located across the board, mainly on the banks of the plot (Figure 2). On the plot three location of thrips on the left side of the plot most density maps (Figure 3) was evident, although in the case of sample 1 and 11 as many thrips was found in the right side of the map and sampling 7 and 8 were placed in the central part of the plot.

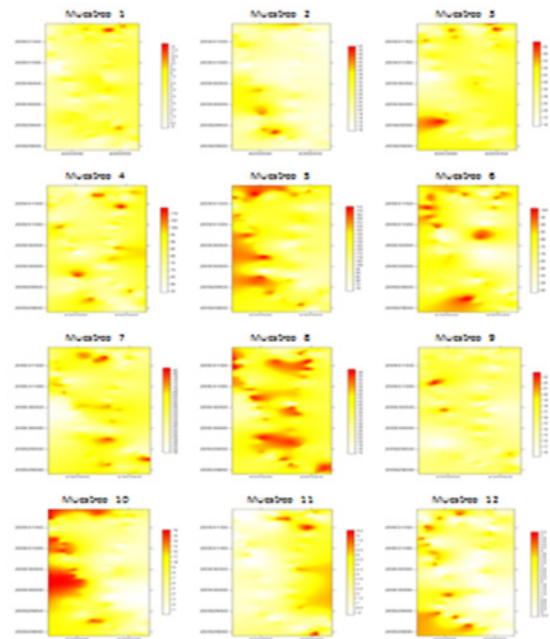


Figura 3. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 3).

Figure 3. Map of thrips density avocado cultivation (plot 3).

Based on the parameters of theoretical models adjusted to semivariograms a large majority of spherical models they are presented, indicating that within the plots there are areas with higher incidence of thrips, which follows in aggregation centers that are located in specific locations (Figure 1, 2, 3) this is largely due to agricultural management which gives the producer. For all models adjusted one nugget zero effect occurred, this value is indicative that the sampling scale used was correct and the sampling error was minimum which means that 100% of the variation of the distribution of *F. occidentalis*, is explained by the spatial structure established in semivariograms for each sample, this is consistent with those reported by Rossi *et al.* (1992). As plateau values varied in the three study plots, plot one of 487.2 to 4.12, plot two 755.3 1.62 and plot three of 584.8 to 0.0018 (Table 1, 2 and 3) possibly response types aggregation in the three study plots.

cuanto a meseta, los valores variaron en las tres parcelas de estudio, parcela uno de 487.2 a 4.12, parcela dos 755.3 a 1.62 y parcela tres de 584.8 a 0.0018 (Cuadro 1, 2 y 3) lo que posiblemente de respuesta a los tipos de agregación en las tres parcelas de estudio.

En todos los modelos validados se lograron establecer mapas de agregación (Figuras 1, 2, 3) de incidencia de la plaga lo que permitió su visualización. Los mapas obtenidos de la superficie infestada en el muestreo por cuadrantes mostraron que las poblaciones de trips se ubicaron en centros de agregación, lo que indica que la distribución de la plaga, se localiza en puntos específicos o focos de incidencia distribuidos en la zona de estudio. Esto concuerda con lo señalado por (Jiménez *et al.*, 2013). Para los mapas de densidad, el color rojo muestra los puntos geográficos en los que se determinó la mayor cantidad de trips contabilizados; a diferencia del color blanco que es un indicativo de que hay ausencia de trips en las zonas. En las parcelas 1, 2 y 3 (Figuras 1, 2, 3) se observan centros de agregación focalizados.

Como se puede observar en la Cuadro 7, en el caso de la parcela uno, la mayor superficie infestada fue del 92% y 93% en la segunda quincena de agosto y la primera de septiembre; para el caso de la parcela dos, el máximo porcentaje de infestación se alcanzó en la segunda quincena de agosto con un 96% de la superficie infestada. Para el caso de la parcela 3, la mayor superficie infestada se pudo observar en la primera quincena de septiembre. Mientras que la menor superficie con presencia de trips se dio en la parcela uno en los muestreos realizados el 18 de diciembre, ya que las bajas temperaturas redujeron naturalmente las poblaciones de trips.

Conclusiones

Con la aplicación de técnicas geoestadísticas fue posible determinar la distribución del insecto *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate, ya que estos insectos forman centros de agregación dispersos dentro de los huertos de cultivo, situación que fue verificada en las tres parcelas de estudio en el Municipio de Coatepec Harinas, Estado de México. Cabe mencionar, que los resultados muestran que existió una dependencia espacial alta entre los datos y el error de muestreo fue mínimo. El mayor porcentaje de infestación se encontró en la parcela dos durante el mes de agosto con 96% de infestación.

In all models were validated successfully established aggregation maps (Figures 1, 2, 3) of pest incidence allowing viewing. The maps obtained from infested sampling quadrants showed that populations of thrips were located in centers of aggregation surface, indicating that the distribution of the pest, is located at specific points or foci of incidence distributed in the study area. This is consistent with those reported by (Jiménez *et al.*, 2013). For density maps, the red shows the geographical areas in which the largest number of recorded thrips was determined; unlike the white color which is an indication that there are no areas thrips. In plots 1, 2 and 3 (Figuras 1, 2, 3) centers targeted aggregation observed.

Cuadro 7. Porcentaje de superficie infestada de la parcela uno, dos y tres.

Table 7. Percentage of surface infested plot one, two and three.

Muestreo	(%) superficie infestada		
	Parcela uno	Parcela dos	Parcela tres
1	81	86	85
2	62	65	66
3	80	82	84
4	93	96	81
5	92	79	89
6	80	83	78
7	79	82	80
8	75	86	82
9	82	87	79
10	75	84	71
11	52	70	73
12	50	69	60

As shown in Table 7, in the case of the plot one the largest area infested was 92% and 93% in the second half of august and early september; in the case of the plot two the maximum percentage of infestation was reached in the second half of august with 96% of the infested area. In the case of the plot 3, the most infested surface can be observed in the first half of September. While the lower surface with presence of thrips was given in the plot one sampling carried out on 18 december, as low temperatures naturally reduced thrips populations.

Conclusions

With the application of geostatistical techniques it was possible to determine the distribution of insect *F. occidentalis* in the cultivation of avocado, as these insects are centers

Literatura citada

- Armstrong, M. and Jabin, R. 1981. Variogram models must be positive definite. *Mathematical Geology*. 13(5):455-459.
- Bender, G. 1998. Avocado thrips in San Diego Country. *Subtropical Fruit News*. 6(2):14.
- 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.
- Castañeda, E. L. y Johanssen R. M. 2011. Trips asociados al aguacate en el Estado de México. *In: Actas del VII Congreso mundial del aguacate*. Cairns, Australia. Sociedad internacional de la palta. 1130-1150 pp.
- Childers, C. C. 1997. Feeding and oviposition injures to plants. *In: Lewis, T. (Ed.)*. Thrips as crops pests. Cab International. USA. 505-537 pp.
- Coria, A. V.M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán. Folleto para productores Núm. 19. SAGAR. INIFAP. Mexico. 20 p.
- Dahlsten, D.; Garcia, R. and Lorraine, H. 1989. Eradication as a pest management tool: concepts and contexts. *In: Dahlsten, D. and Garcia, R. (Eds.)*. Eradication of exotic pests. Analysis with case histories. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 3-15 pp.
- De Villers, E. A. and Van Den Berg, M. A. 1987. Avocado insects of South Africa. *Afr. Avocado Growers' Assoc Yrb.* 10:75-79.
- Fisher, J. B. 1989. Structure and development of surface deformations on avocado fruits. *HortSci.* 24(5):841-844.
- González, H.; Sosa, C. M.; González, M. y Valle de la Paz, A. R. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.). *In: Avances de investigación, 1997*. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 209-210 pp.
- 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.
- Higley, L.; Pedigo, L. and Ostlie, K. 1986. "DEGDAY: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach". *Environ. Entomol.* 15(5):999-1016.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 1989. An introduction to applied geostatistics. 1° ed. Oxford Univ. Press. New York, USA. 35-38 pp.
- Jiménez, C. R. A.; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R.; Salgado, S. M. L. y Laguna, 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. Second ed. Academic Press. Londres, Reino Unido. 600 p.
- Le Veen, E. P. 1989. Economic evaluation of eradication programs. *In: Dahlsten, D. and Garcia, R. (Eds.)*. Eradication of exotic pests. Analysis with case histories. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 41-56 pp.
- 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.
- scattered aggregation within crop orchards, a situation that was verified in the three study plots in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico. It is noteworthy that the results show that there was a high spatial dependence between the data and the sampling error was minimal. The highest percentage of infestation was found in the plot two during the month of august with 96% infestation.

End of the English version



- Mc Murtry, J. A.; Johnson, H. G. and Newberger, S. J. 1991. Imported parasite of greenhouse thrips established on California avocado. *California Agriculture.* 45(6):31-32.
- Méndez, R. A.; González, H. H.; González, R. M. y Valle, P. A. R. 1999. Trips en tres huertos comerciales de aguacate en Michoacán. *In: Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología*. Sociedad Mexicana de Entomología A. C. Aguascalientes, México. 368-371 pp.
- Milonas, P.; Savopoulou-Soultani, M. and Stavridis, D. 2001. Day-degree models for predicting the generation time and fight activity of local populations of *Lobesia botrana* (Den. y Schiff.) (Lep., Tortricidae) in Greece. *J. Appl. Entomol.* 125(9-10):515-518.
- Moreno, S.; Rocha, A.; Alvarado, M. A.; Salgado, M. G. y Pinson, E. P. 2010. Aguacate variedades, cultivo y producción en Nuevo León. Primera ed. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. México. 148 p.
- Ramírez, D. J. F. y Porcayo, E. 2010. Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del parque nacional nevado de Toluca, México, utilizando el método de SADIE. *Madera y Bosques* 34(1):93-111.
- 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.
- Samper, F. J. y Carrera, J. 1996. Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea. Segunda (Ed.). Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona, España. 484 p.
- Savopoulou S. M.; Milonas, P. and Skoulakis, G. 1996. Development and life-fertility tables for *Lobesia botrana* (Den. y Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 92(1):551-556.
- SIAP. 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola. www.siap.gob.mx (consultado octubre, 2014).
- Solares, V.; Ramírez, J. F. y Sánchez, R. 2011. 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.
- Trematerra, P. and Sciarretta, A. 2002. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *J. Stored Prod. Res.* 40(4): 363-377.