

Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas

Spatial modeling of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on husk tomato using geostatistical techniques

ROCIO DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ C.¹, JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ D.², JESÚS RICARDO SÁNCHEZ P.², MARTHA LIDYA SALGADO S.² y ANTONIO LAGUNA C.²

Resumen: El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) es un cultivo alimenticio y medicinal de gran importancia económica en México, afectado por diversas plagas y enfermedades, como son los trips y el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV) que alcanzan hasta un 80% en pérdidas. El objetivo del presente trabajo fue modelizar la distribución espacial de *Frankliniella occidentalis* mediante técnicas geoestadísticas así como obtener mapas de incidencia por medio del kriging. Se georeferenciaron 121 puntos de muestreo en cada una de las cuatro parcelas comerciales de los municipios de Luvianos, Jocotitlán e Ixtlahuaca, a través del método de transectos en tres etapas fenológicas del cultivo. Se contabilizó el número de *F. occidentalis* en cada punto de muestreo. Se encontró que las poblaciones de *F. occidentalis* presentan una distribución agregada, con varios centros, visualizados a través de los mapas obtenidos. Los semivariogramas de la distribución espacial se ajustaron principalmente a los modelos gaussianos y esféricos. El que la infestación de trips no se distribuya en la totalidad de las parcelas estudiadas, permitiría establecer estrategias y medidas de control en términos de sitios o puntos específicos de infestación del trips.

Palabras clave: Tomate de cáscara. Trips. Distribución espacial. Kriging.

Abstract: The husk tomato (*Physalis ixocarpa*) is a food and medicinal crop of great economic importance in Mexico. However, it is affected by various pests and diseases, such as thrips and the viruses such as the of tomato spotted wilt virus (TSWV) causing up to 80% losses. The aim of this study was to model the spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* using geostatistical techniques and obtain incidence maps by kriging. Were georeferenced 121 sampling points were georeferenced in each of the four commercial plots in the municipalities of Luvianos, Ixtlahuaca and Jocotitlán through the transect method on three phenological stages. The number of *F. occidentalis* in each sampling point was counted. Results showed that populations of *F. occidentalis* have an aggregated distribution, with several centers, viewed through the maps obtained. The semivariograms for the spatial distribution were adjusted mainly to Gaussian and spherical models. It was found that thrips infestation was not equally distributed in all the plots studied, which will establish strategies and control measures in terms of specific sites or point's points of thrips infestation.

Key words: Tomato. Trips. Spatial distribution. Kriging.

Introducción

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) se produce en casi todo México, parte de Estados Unidos y Centroamérica. Durante el periodo 1990 a 2000, la producción de tomate verde de cáscara representó el 4,25% de la superficie total de las hortalizas del país. El estado con mayor superficie cosechada y volumen de producción es Sinaloa, seguido por Michoacán, Jalisco, Estado de México, Sonora y Puebla (López *et al.* 2009). Entre los principales problemas que limitan el incremento de la producción y productividad del cultivo de tomate de cáscara, están la escasa información para el control de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), insecto que causa pérdidas en los cultivos al alimentarse directamente de las estructuras florales y, sobre todo, por ser el vector más importante del virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), considerada como la mayor plaga en varias regiones del mundo (Carrizo 1998). Las altas poblaciones de trips, causan una apariencia bronceada o plateada, especialmente en las venas de las hojas y superficie de los frutos. Las hojas y brotes terminales se vuelven raquíticos y las frutas se deforman y dan una apariencia de estar cicatrizadas (Cabi 2000).

Las larvas y adultos se alimentan gregariamente, en especial en las venas de las hojas. En particular, atacan las ramas cerca de los puntos de crecimiento y son encontrados entre los pétalos y ovarios en desarrollo, en flores y en la superficie de los frutos. Generan muchas cicatrices y deformidades y, en ocasiones, la muerte de la planta. Las larvas de trips, suelen encontrarse en la estructura internas de la flores (Torres 1998) pero se desconoce su ubicación dentro de la parcela. Por tal fin, se requieren estudios que permitan determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips, con el fin de que se puedan elaborar estrategias de control en forma focalizada que conlleven a una menor pérdida de la producción de tomate de cáscara. De acuerdo con Mujica *et al.* (2007) para el control de plagas de cultivos, una parte importante es el conocimiento de la distribución de la plaga dentro de la zona productiva. Actualmente, aunque se conoce la distribución de *F. occidentalis*, muchas veces se desconoce la estructura espacial de dicha distribución en la zona de cultivo de tomate de cáscara, limitando los controles localizados de acuerdo a la presencia de la plaga.

Los objetivos del presente trabajo fueron: i) determinar la distribución espacial de larvas de *F. occidentalis* en la producción del cultivo de tomate de cáscara en parcelas de los

¹ Estudiante Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México Apartado Postal 5020. jicachio@hotmail.com. ² Dr. en Ciencias y Profesor-Investigador Universidad Autónoma del Estado de México. Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Toluca, México Apartado Postal 50200. jframirez@uaemex.mx. Autor para correspondencia.

municipios de Ixtlahuaca, Jocotitlán y Luvianos en el Estado de México y ii) elaborar mapas de la distribución espacial de sus larvas. Para tal fin, se hizo uso de la estadística espacial, particularmente 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

Para determinar la distribución espacial de *F. occidentalis* se realizaron tres muestreos en cuatro parcelas comerciales de tomate de cáscara en tres diferentes etapas fenológicas, a los 30 días cuando la planta estaba en floración (1M), a los 40 días, comienzo de la fructificación (2M) y a los 60 días, cuando iniciaba la cosecha del cultivo (3M). Los municipios estudiados fueron Ixtlahuaca y Jocotitlán durante la primavera 2012, así como el municipio Luvianos durante el invierno 2012. Todos ellos con antecedentes de presencia de trips. En cada lugar de muestreo se estableció un transecto de 100m, se marcaron los puntos de muestreo a cada 10 m.

En cada muestreo se hizo colecta y conteo de trips. Los especímenes fueron guardados en alcohol etílico al 70%. Los adultos se montaron en portaobjetos y se identificaron a especie en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el Dr. Roberto Miguel Johansen Naime, experto tisanopterólogo. Sólo se consideraron los trips identificados como *F. occidentalis*.

Las plantas muestreadas fueron geo-referenciadas y ubicadas geográficamente con un navegador modelo eTrex Vista HCx2007. Se realizó una exploración estadística de los datos originales de la población de trips.

Análisis geoestadístico. Éste se hizo con los datos de muestreo y su ubicación geográfica usando variogramas (semivariogramas) y consistió en la estimación: 1) del semivariograma experimental; 2) de los parámetros del modelo del semivariograma y 3) de la superficie (mapas) utilizando puntos (estimaciones) a partir del kriging.

La estimación del semivariograma experimental fue a partir de los datos recolectados de la incidencia de trips en las tres fechas de muestreo de cada localidad. El valor experimental del semivariograma se determinó por medio de la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts 1978):

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

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 muestral x_i . $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Cabe resaltar que el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h disminuye al aumentar la distancia h . Si bien esto no tiene porqué ser así siempre, es común que el número de parejas se reduzca a partir de una cierta distancia. Normalmente, el semivariograma es una función monótona no decreciente, ya que al aumentar h también aumenta, al menos en sentido cuadrático, la diferencia entre $Z(x+h)$ y $Z(x)$. Si Z es estacionaria, γ alcanza un valor límite constante llamado meseta, que coincide con la varianza σ^2 de Z . La distancia a la que se alcanza este valor se denomina rango o alcance y marca la zona de influencia en torno a un punto, más allá de la cual, la autocorrelación es nula. Aunque $\gamma(0) = 0$, con frecuencia el semivariograma es discontinuo en el origen, con un salto finito que se llama pepita, o “efecto pepita” (del inglés “nugget”); el efecto pepita representa la incertidumbre asociada a los datos experimentales y/o a la variabilidad espacial que pueda existir a una escala de muestreo menor que la efectuada citado por Ramírez *et al.* (2011).

La estimación de los parámetros del modelo de semivariograma se realizó al estimar los semivariogramas experimentales, correspondientes a cada muestreo de la población de trips, ajustándose a algún semivariograma teórico.

Tabla 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis*, por parcela en el Estado de México, en 2012. Tamaño de la muestra = 121.

Parcelas de Ixtlahuaca	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta (%)	Nivel de Dependencia	Varianza
P1 (1 M)	Gaussiano	0	0,73	19	0	alta	0,91
(2 M)	Gaussiano	0	22,4	11	0	alta	1,34
(3 M)	Esférico	0	1,54	30	0	alta	2,72
P2 (1 M)	Esférico	0	0,1	29	0	alta	0,14
(2 M)	Gaussiano	0	0,35	12	0	alta	0,4
(3 M)	Esférico	0	0,36	22	0	alta	0,38
P3 (1 M)	Gaussiano	0	0,6	22	0	alta	0,72
(2 M)	Gaussiano	0	0,47	23	0	alta	0,65
(3 M)	Gaussiano	0	0,21	20	0	alta	0,24
P4 (1 M)	Gaussiano	0	0,44	12	0	alta	1,12
(2 M)	Esférico	0	5,13	26	0	alta	6,34
(3 M)	Gaussiano	0	0,79	17	0	alta	0,31

(1m) Floración del cultivo, (2m) Etapa de fructificación, (3m) cosecha del cultivo.

Tabla 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis*, por parcela en el Estado de México, en 2012. Tamaño de la muestra = 121.

Parcelas de Jocotitlán	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta (%)	Nivel de Dependencia	Varianza
P5 (1 M)	Esférico	0	0,35	16	0	alta	0,53
(2 M)	Gaussiano	0	0,92	17	0	alta	1,35
(3 M)	Esférico	0	0,9	0,25	0	alta	1,19
P6 (1 M)	Gaussiano	0	9,18	15	0	alta	9,66
(2 M)	Gaussiano	0	0,68	16	0	alta	0,79
(3 M)	Gaussiano	0	0,75	14	0	alta	0,83
P7 (1 M)	Esférico	0	0,11	20	0	alta	0,15
(2 M)	Gaussiano	0	0,55	20	0	alta	0,48
(3 M)	Gaussiano	0	0,63	23	0	alta	0,67
P8 (1 M)	Esférico	0	0,11	20	0	alta	0,31
(2 M)	Gaussiano	0	0,42	13	0	alta	0,22
(3 M)	Gaussiano	0	0,65	20	0	alta	2,37

(1m) Floración del cultivo, (2m) Etapa de fructificación, (3m) cosecha del cultivo.

Los datos fueron analizados con el programa Variowin, 2.1.

Para conocer el grado de relación entre los datos correspondientes resulta importante establecer el nivel de dependencia espacial, el cual es el porcentaje de dividir el efecto pepita sobre la meseta. El nivel de dependencia espacial se consideró: (1) alto, si el resultado fue menor de 25%; (2) moderado si se encontraba entre 26 y 75% y bajo si fue mayor del 76% (Ramírez *et al.* 2011).

Una vez obtenidos los modelos de los semivariogramas correspondientes, se utilizó el método geoestadístico denominado krigeado para la elaboración de los mapas de densidad de las poblaciones de trips. Se utilizó el krigeado ordinario para obtener la estimación de la densidad de trips en puntos donde no se contabilizó la presencia de la misma, basado en lo establecido por Samper y Carrera (1996). Finalmente, se estableció la superficie infestada de los mapas elabo-

rados, utilizando el programa Surfer 9.0 (Golden Software, Inc. 2010).

Resultados y discusión

En general se observó mayor presencia de *F. occidentalis*, durante la etapa fenológica de cosecha (3M) mientras que en floración presentó la menor incidencia de trips en todas las parcelas estudiadas (Tablas 1, 2 y 3). La varianza de los datos se halló entre 0,14 (Tabla 1) y 9,66 (Tabla 2). La presencia de trips, en el cultivo se presentó en los tres municipios del Estado de México. La densidad de trips, por planta para Ixtlahuaca varió entre 0,09 a 1 (Tabla 4); en Jocotitlán se obtuvo una media de 0,11 a 1,27 (Tabla 5). Las parcelas con mayor densidad de trips (Figs. 5 y 6) pertenecen a este municipio en el muestreo de 10/08/12 (Tabla 5) y a Luvianos, correspondiente al 15/02/12 (Tabla 6) donde la temperatura suele

Tabla 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* por parcela en el Estado de México, en 2012. Tamaño de la muestra = 121.

Parcelas de Luvianos	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta (%)	Nivel de Dependencia	Varianza
P9 (1 M)	Esférico	0	6,78	13	0	alta	7,8
(2 M)	Esférico	0	2,27	12	0	alta	2,27
(3 M)	Gaussiano	0	3,91	12	0	alta	5,42
P10 (1 M)	Esférico	0	4,2	9	0	alta	5,6
(2 M)	Esférico	0	4,04	13	0	alta	4,7
(3 M)	Gaussiano	0	3,91	12	0	alta	3,01
P11 (1 M)	Gaussiano	0	1,36	15	0	alta	1,41
(2 M)	Gaussiano	0	1,26	17	0	alta	1,31
(3 M)	Gaussiano	0	0,94	18	0	alta	1,07
P12 (1 M)	Gaussiano	0	0,76	11	0	alta	1,18
(2 M)	Gaussiano	0	0,94	4,7	0	alta	1,09
(3 M)	Gaussiano	0	0,94	4,7	0	alta	1,16

(1m) Floración del cultivo, (2m) Etapa de fructificación, (3m) cosecha del cultivo.

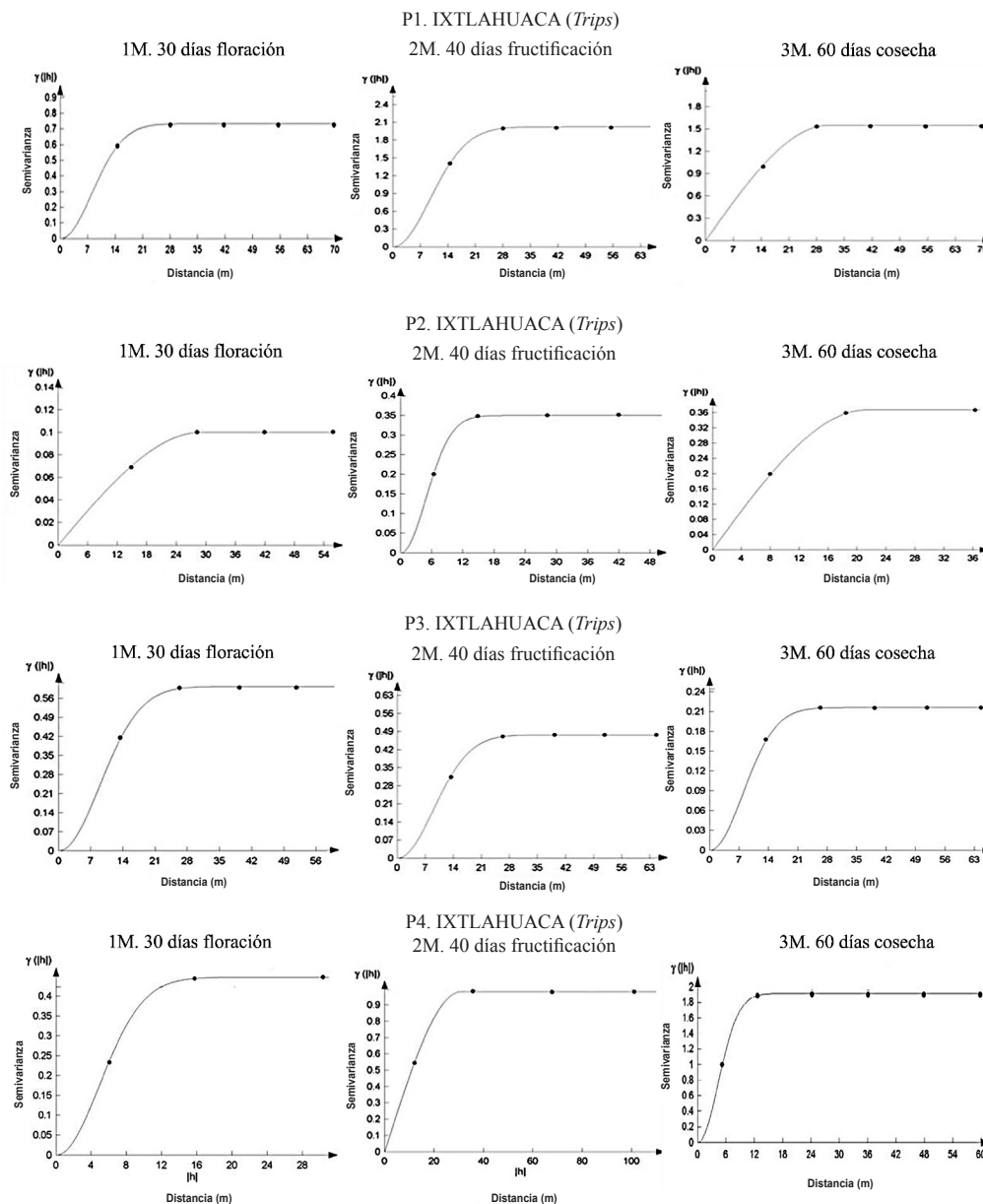


Figura 1. Semivariogramas de *Trips* en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Ixtlahuaca en 2012.

ser favorable para el desarrollo de estos insectos. La menor densidad de *F. occidentalis* se encontró en las parcelas de Ixtlahuaca. Luvianos registró valores de 1,42 a 4,7 (Tabla 6).

Análisis geostatístico

Con base en los resultados, se encontró que en la mayoría de las fechas de muestreo de las tres localidades evaluadas casi todas se ajustaron a un modelo gaussiano con efecto pepita cero. En todos los municipios de los 12 semivariogramas generados, ocho se ajustaron al modelo gaussiano y cuatro al esférico (Tablas 1-3; Figs. 1-3). No se evidenció que un tipo de modelo ajustado de distribución de los trips prevalecería en una etapa fenológica específica. Sin embargo, permite señalar que las poblaciones de *F. occidentalis*, en los 12 semivariogramas generados por municipio, presentaron una distribución espacial agregada. Dichos resultados concuerdan con lo reportado por Solares *et al.* (2011) quienes obtuvieron

la distribución espacial de trips, de tipo agregada en las diferentes fechas de muestreo evaluadas.

La distribución de trips, en las etapas fenológicas ajustadas al modelo esférico, indica que dentro de dichas parcelas existen zonas en que se manifiesta más su presencia, lo que permite deducir que los centros de agregación se ubicaron en lugares específicos dentro de la parcela; posiblemente originados por condiciones ambientales favorables, como es el manejo agronómico. Por ejemplo, en las últimas etapas de producción se dejan de aplicar insecticidas y se presentan, por tanto, puntos en la parcela con una mayor proliferación del insecto. Mientras que las etapas fenológicas ajustadas al modelo gaussiano indican que los trips se presentan en forma continua dentro de las parcelas respecto de los puntos muestreados, infiriendo la existencia de diversos factores que influyen en la diseminación de los trips, de una forma más rápida. Los valores dentro del rango apropiado de los estadísticos de validación cruzada

(Tablas 4-6) permitieron validar los modelos ajustados (Tablas 1-3; Figs. 1-3).

Considerando los parámetros de nivel de dependencia espacial indicados por Cambardella *et al.* (1994), el nivel de dependencia espacial de las poblaciones de trips determinadas fue alta (Tablas 1-3). Respecto a los semivariogramas, los valores obtenidos en el rango o alcance, para el municipio de Ixtlahuaca, fueron de 11 a 30 m. El valor de la meseta fue de 0,1 a 22,4 y los de la varianza oscilaron entre 0,14 y 6,34 (Tabla 1). Para el municipio de Jocotitlán los valores del rango fueron de 0,25 a 23 m. El valor de la meseta fue de 0,11 a 9,18 y el de la varianza fue de 0,15 a 9,66 (Tabla 2). En Luvianos los valores del rango fueron de 4,7 a 18 m., el de la meseta de 0,76 a 6,78 y los de varianza de 1,07 a 7,8 (Tabla 3).

En los mapas de densidad (krigeado), se observó la distribución agregada de las poblaciones de trips determinadas

en los semivariogramas, para cada uno de los tres municipios evaluados (Figs. 4-6). El color rojo indica los puntos geográficos en las que se determinó la mayor cantidad de trips contabilizados en cada caso; por el contrario, el blanco es indicativo de ausencia de trips en la zona respectiva.

En el municipio de Ixtlahuaca los mapas obtenidos, muestran diversos centros de agregación de trips (Fig. 4) observando variadas tendencias en la distribución espacial de ellos. En las parcelas 1, 2 y 3 (Fig. 4), se observa que durante el primer y segundo muestreo, los centros de agregación se ubicaron preferentemente en las orillas de las parcelas, posiblemente debido a la cercanía de reservorios en malezas a su alrededor. González *et al.* (2010) mencionan que las arvenses constituyen reservorios importantes para los trips, desde donde parten para infestar los diversos cultivos de importancia económica. Observando una disminución de la larva en la

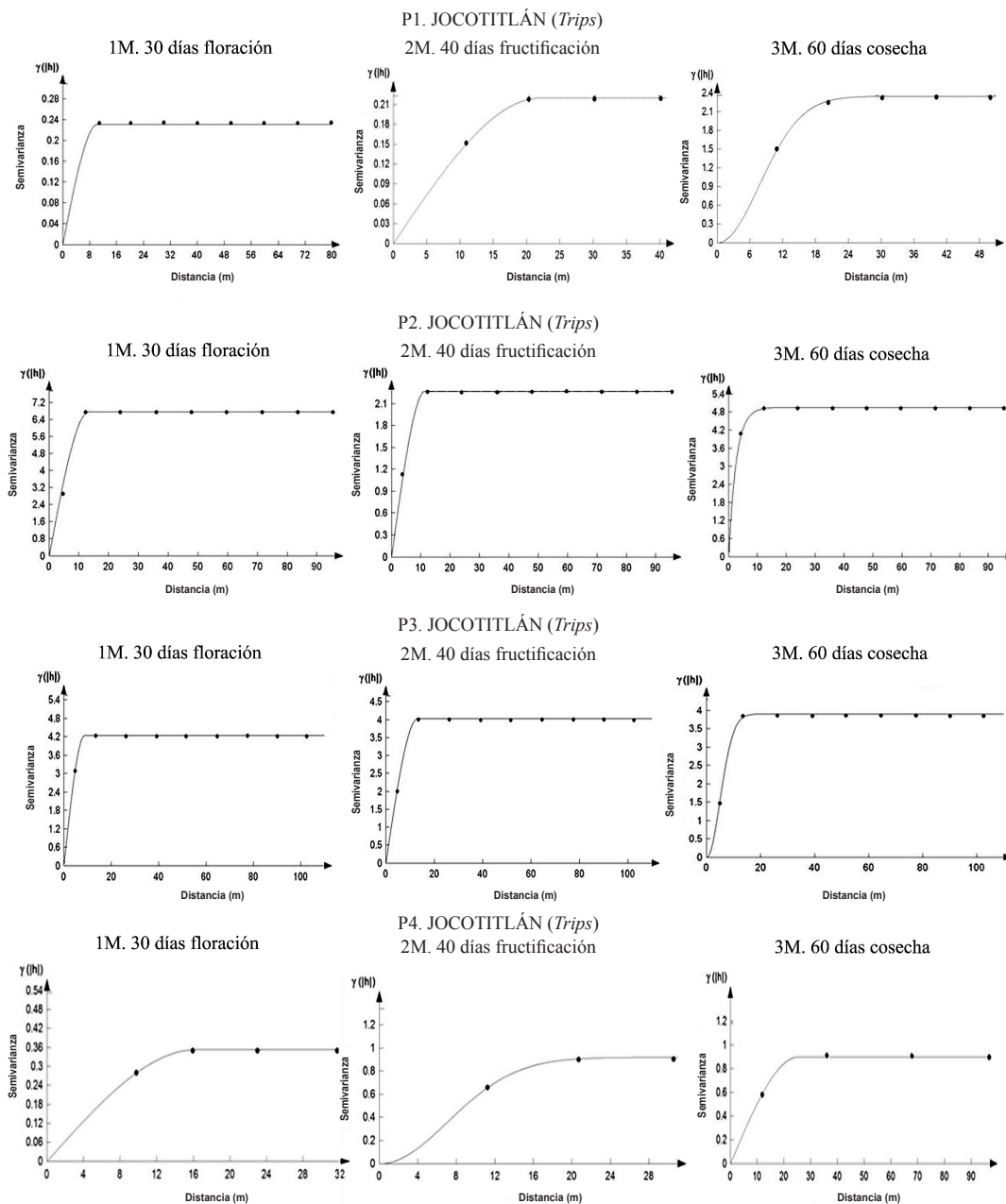


Figura 2. Semivariogramas de *Trips* en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Jocotitlán en 2012.

Tabla 4. Estadísticos de la validación cruzada en los modelos de agregación de *F. occidentalis*, en el municipio de Ixtlahuaca.

Fechas	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	Varianza De Los Errores	ECM	ECMA
25/07/12	0,48	0,91	0,11ns	0,35	0,12	1,12
04/08/12	0,77	1,34	0,13ns	1,07	0,07	1,13
24/08/12	1	2,72	0,11ns	2,16	0,10	1,07
25/07/12	0,09	0,14	0,09ns	0,10	0,10	1,10
04/08/12	0,37	0,4	0,11ns	0,31	0,11	1,07
24/08/12	0,35	0,38	0,08ns	0,28	0,11	1,09
25/07/12	0,61	0,72	0,12ns	0,51	0,13	1,11
04/08/12	0,47	0,65	0,09ns	0,27	0,10	1,10
24/08/12	0,26	0,24	0,12ns	0,17	0,11	1,07
25/07/12	0,4	1,12	0,13ns	0,84	0,11	1,11
04/08/12	0,54	6,34	0,10ns	4,92	0,12	1,12
24/08/12	0,85	1,97	0,10ns	1,51	0,12	1,08

etapa de cosecha, debido a que los productores comienzan a aplicar insecticidas, para atacar al trips, en etapa de adulto. En la cuarta parcela se observa que los centros de agregación se ubicaron en su parte central durante la floración, disminuyendo en las etapas de fructificación y cosecha. Sin embargo se observa que la parcela cuatro (Fig. 4) presentó más centros de agregación, debido tal vez al abandono del cultivo por parte del productor. En la parcela dos se observaron menos centros de agregación, esto puede deberse a que el productor de dicha parcela aplica insecticidas (cipermetrinas) al monitorear la presencia del insecto. Dicha aplicación ocasiona una disminución de la densidad del insecto que sin ser significativa es suficiente para alterar la estructura espacial. Sin embargo, Castañeda *et al.* (2003) mencionan que para el control químico del trips, sólo están permitidos, por la Dirección de Sanidad Vegetal, el aceite parafínico de petróleo al 80% y el paratión metílico C.E. 47%, ya que son menos contaminantes, aunque no por ello de mayor eficiencia. Según Mujica *et al.* (2007), el control convencional de trips consiste en aplicaciones de insecticidas en el momento de floración

y ocasionalmente en precosecha del cultivo, la mayoría de las aplicaciones se efectúan preventivamente sin considerar la presencia y/o abundancia del insecto, lo que ocasiona que la contaminación se incremente y que no exista una solución real al problema.

En los mapas obtenidos del municipio de Jocotitlán (Fig. 5) se observó que los centros de agregación de la parcela uno (Fig. 5) se ubicaron en la parte superior del mapa, en la etapa de floración y fructificación, para el tercer muestreo se observó que los centros de agregación se ubicaron en la parte superior e inferior de la parcela. En la parcela dos, se observó que los centros de agregación se encuentran dispersos en la mayor parte del mapa. Mientras que en las parcelas tres y cuatro, se observaron los centros de agregación dispersos en la parte superior e inferior del mapa. De manera general en los mapas elaborados con el método del krigado ordinario se observó que la superficie libre de infestación disminuyó conforme la densidad media era mayor. De esta manera en las cuatro parcelas pertenecientes a los municipios de Jocotitlán y Luvianos (Tabla 7) durante las tres etapas fenológicas de

Tabla 5. Estadísticos de la validación cruzada en los modelos de agregación de *F. occidentalis*, en el municipio de Jocotitlán.

Fechas	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
31/07/12	0,71	0,53	0,12ns	0,44	0,11	1,14
10/08/12	1,27	1,35	0,13ns	1,07	0,13	1,07
30/08/12	1,25	1,19	0,011ns	0,73	0,09	1,14
31/07/12	0,53	9,66	0,10ns	7,55	0,10	1,07
10/08/12	0,64	0,79	0,09ns	0,48	0,13	1,12
30/08/12	0,67	0,83	0,12ns	0,59	0,10	1,13
31/07/12	0,11	0,15	0,12ns	0,11	0,12	1,08
10/08/12	0,36	0,48	0,14ns	0,28	0,10	1,07
30/08/12	0,5	0,67	0,08ns	0,44	0,12	1,13
31/07/12	0,17	0,31	0,07ns	0,19	0,09	1,14
10/08/12	0,22	0,22	0,13ns	0,13	0,12	1,08
30/08/12	0,4	2,37	0,10ns	1,29	0,07	1,12

muestreo se detectó una superficie infestada de 100%. Por el contrario, de las cuatro parcelas muestreadas en el municipio de Ixtlahuaca (Tabla 7), solamente la parcela cuatro en las tres etapas de muestreo mostró una superficie infestada de trips del 100%, a pesar de que la densidad de población fue baja, pero se distribuye en toda la superficie de la parcela con centros de agregación que aparentemente le son más predilectos, como puede ser plantas fisiológicamente atractivas para el insecto. Esto debido a que el productor abandonó por completo el cultivo. En cambio la parcela uno durante el primer muestreo, mostró una superficie infestada del 100% disminuyendo en las etapas posteriores, debido a la aplicación constante de insecticidas. La parcela 2, perteneciente al mismo municipio, durante el segundo muestreo mostró una superficie sin infestar de 65%.

Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Moral (2004), quien obtuvo mapas irregulares en la distribu-

ción de *Helicoverpa armigera* Hb. Los resultados de agregación y los mapas obtenidos sugieren la posibilidad de realizar alternativas de control químico y/o biológico en forma dirigida durante las primeras etapas de floración para controlar las infestaciones iniciales de trips en el cultivo de tomate de cáscara. Es decir, la distribución agregada, permite focalizar las estrategias de control en términos de sitio o punto específico que permitiría incursionar el control del trips mediante el uso de la agricultura de precisión y el conocimiento de la biología y hábitos de vida de este insecto plaga, contribuirá a un mejor rendimiento de las interrelaciones con el ambiente ocupado y a diseñar estrategias efectivas para un manejo racional y económico dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Salas *et al.* 1993).

En los mapas de la localidad de Luvianos (Fig. 6), los centros de agregación se ubicaron hacia el centro del mapa desde la etapa de floración y fructificación, posiblemente debido a

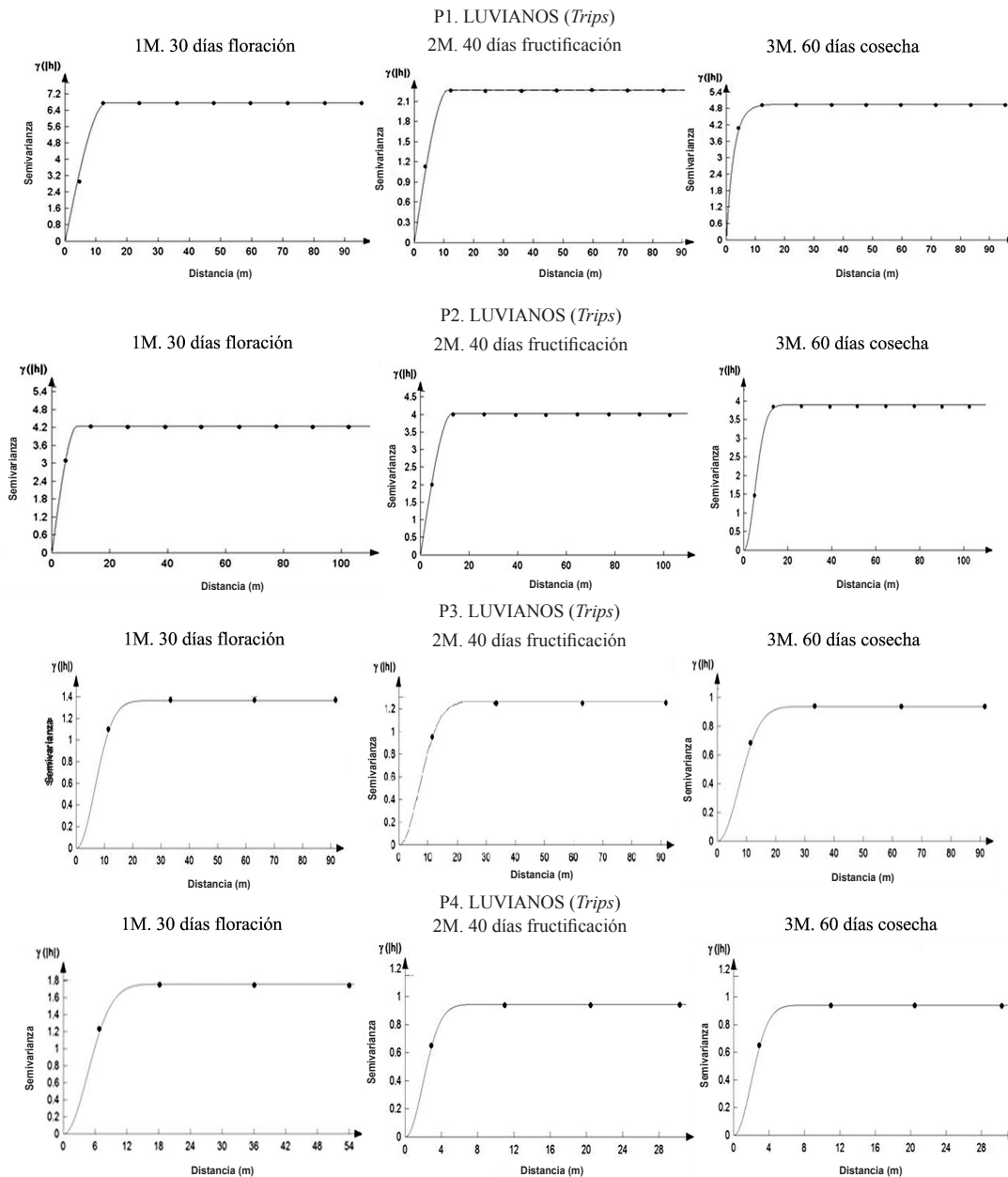


Figura 3. Semivariogramas de *Trips* en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Luvianos en 2012.

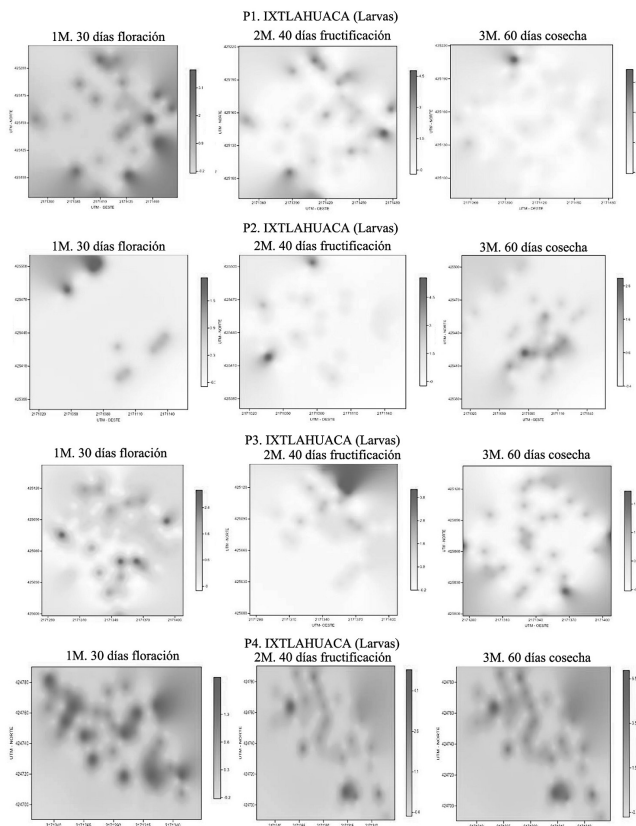


Figura 4. Mapas de densidad de *Trrips* en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Ixtlahuaca en 2012.

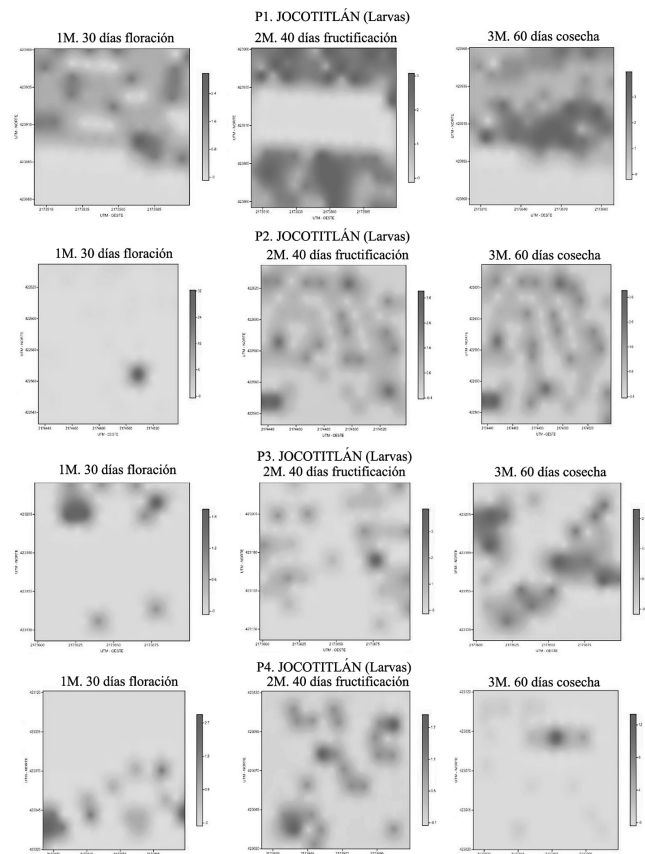


Figura 5. Mapas de densidad de *Trrips* en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Jocotitlán en 2012.

la presencia de malezas. Finalmente, en el tercer muestreo, los centros de agregación estuvieron distribuidos por toda la parcela. Es decir, al cosechar la densidad poblacional del insecto aumenta (Tabla 6) posiblemente debido a la reducción en la aplicación de insecticidas. En los mapas realizados se aprecian diferentes focos de agregación o de agrupamiento de las poblaciones de trips distribuidos en toda la superficie de las cuatro parcelas experimentales. Se observa que a mayor cantidad de centros de agregación existentes en el mapa,

existe un mayor promedio de trips. El hecho de observar en los mapas los centros de agregación, confirma que los trips se agregan en puntos específicos dentro del cultivo de tomate y durante todo su desarrollo fenológico. Carrizo (1998) determinó la distribución espacial agregada de trips y encontró que tanto las formas inmaduras como de adultos, predominan en las flores.

Tabla 6. Estadísticos de la validación cruzada en los modelos de agregación de *F. occidentalis*, en el municipio de Luvianos.

Fechas	Media Muestral	Varianza Muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
13/01/12	4,38	7,8	0,10ns	5,71	0,13	1,11
23/01/12	3,71	2,27	0,10ns	1,88	0,08	1,12
15/02/12	4,7	5,42	0,11ns	3,28	0,13	1,09
13/01/12	2	5,6	0,12ns	3,8	0,10	1,12
23/01/12	3,75	4,7	0,12ns	3,28	0,10	1,13
15/02/12	3,9	3,01	0,12ns	2,52	0,14	1,14
13/01/12	1,42	1,41	0,09ns	1,22	0,11	1,13
23/01/12	1,64	1,31	0,10ns	1,18	0,09	1,13
15/02/12	1,90	1,07	0,13ns	0,88	0,14	1,12
13/01/12	1,88	1,18	0,07ns	0,76	0,14	1,11
23/01/12	1,80	1,09	0,13ns	0,65	0,13	1,08
15/02/12	1,80	1,16	0,09ns	0,82	0,12	1,14

Tabla 7. Porcentaje de superficie infestada y no infestada por *F. occidentalis*, en 3 municipios del Estado de México.

Parcelas	% Infestado	% No infestado
IXTLAHUACA		
P1 1M	100	0
P1 2M	52	48
P1 3M	50	50
P2 1M	76	24
P2 2M	45	65
P2 3M	77	23
P3 1M	74	26
P3 2M	69	31
P3 3M	48	52
P4 1M	100	0
P4 2M	100	0
P4 3M	100	0
JOCOTITLÁN		
P1 1M	100	0
P1 2M	100	0
P1 3M	100	0
P2 1M	100	0
P2 2M	100	0
P2 3M	100	0
P3 1M	100	0
P3 2M	100	0
P3 3M	100	0
P4 1M	100	0
P4 2M	100	0
P4 3M	100	0
LUVIANOS		
P1 1M	100	0
P1 2M	100	0
P1 3M	100	0
P2 1M	100	0
P2 2M	100	0
P2 3M	100	0
P3 1M	100	0
P3 2M	100	0
P3 3M	100	0
P4 1M	100	0
P4 2M	100	0
P4 3M	100	0

Por todo lo anterior, de manera general, los mapas de densidad obtenidos con la técnica de krigeado se observan los centros de agregación de las poblaciones de larvas *F. occidentalis*. Las densidades medias en las poblaciones en las diferentes localidades y fechas de muestreo permitió encontrar diversos tipos de comportamientos de los centros de agregación, lo cual concuerda con Fleischer *et al.* (1998) quienes indicaron la relación existente entre la densidad media de los insectos y la cantidad de centros de agregación observada a

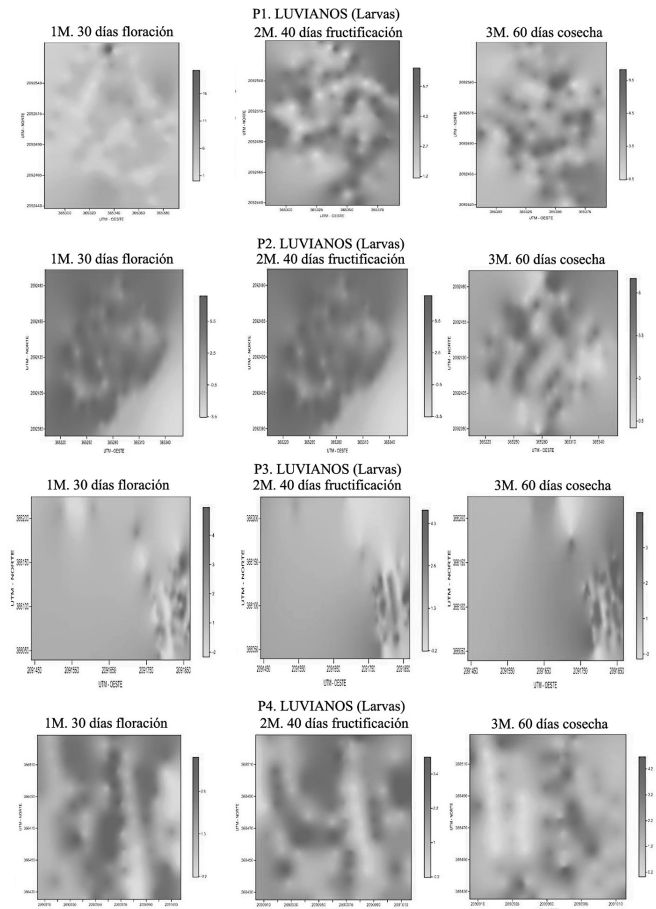


Figura 6. Mapas de densidad de *Trips*, en tomate de cáscara en cuatro parcelas del municipio de Luvianos en 2012.

través de los mapas de densidad generados, que desde el punto de vista de protección de cultivos tal información permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control del insecto (Fleischer *et al.* 1997; Rong *et al.* 2006), lo cual, genera beneficios económicos al realizar con menor frecuencia las aplicaciones de insecticidas (de ser usados), menor uso de combustibles, menor impacto al medio ambiente, retardar el desarrollo de resistencia al no tratar toda la superficie del cultivo Fleischer *et al.* (1999), además de permitir visualizar la variabilidad poblacional e identificando áreas infestadas y libres de infestación.

El presente trabajo es el primer reporte de la distribución espacial de *F. occidentalis*, en tomate de cáscara con el uso de herramientas geoestadísticas.

Conclusiones

Las técnicas geoestadísticas, permitieron determinar la distribución y comportamiento espacial de la población de *F. occidentalis*, en varios centros de agregación dentro del cultivo de tomate de cáscara, en los municipios estudiados.

Literatura citada

CABI, 2000. Data sheet for *Trips palmi*. Crop Protection Compendium. Global Module. 2nd. Edition. CAB International. Reino Unido.

- CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J.; PARKIN, T.; KARLEN, D.; TURCOY, R. 1994. Field scale variability of soil properties in central lowa soils. *Soil Science Society American Journal* 58: 1501-1511.
- CARRIZO, P. I. 1998. Eficiencia de captura con trampas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en el cultivo de pimiento en invernáculo y en malezas en el Gran La Plata. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata* 103 (1): 1-10.
- CASTAÑEDA, E.; GONZÁLEZ, H.; JOHANSEN, R.; OCHOA, D.; BRAVO, H.; SOLIS, J. 2003. Control químico de trips en aguacate cv. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. pp. 473-475. V Congreso Mundial del Aguacate. 19 al 24 de octubre de 2003, Granada - Málaga, Spain.
- FLEISCHER, S. J.; WEISZ, R.; SMILOWITZ, Z.; MIDGARDEN, D. 1997. Spatial variation in insect populations and site-specific integrated pest management. pp. 101-130. In: Pierce, F. J.; Sadler, E. J. (Eds.). *The state of site-specific management for agriculture ASA-CSSA-SSSA, Miscellaneous Publication*. Madison, WI. EE.UU. 430 p.
- FLEISCHER, S. J.; BLOM, P.; EMMEN, D.; HOWER, A. 1998. Dynamics in the spatial continuity of insect density. pp. 133-144. In: Robert, P.; Rust, R. H.; Larson, W. E. (Eds.). *Proceedings of 4th International Conference on Precision Agriculture*. American Society of Agronomy. St. Paul, MN. EE.UU. 683 p.
- FLEISCHER, J.; BLOM, E.; WEISZ, R. 1999. Sampling in precision IPM: When the objective is a map. *Phytopathology* 89: 115-118.
- GONZÁLEZ, C.; MORAIMA, S.; AXEL, R. 2010. Especies de trips asociadas a plantas arvenses en la provincia de La Habana. *Métodos en Ecología y Sistemática* 5 (1): 37-43.
- JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, Ch. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, Londres, Reino Unido. 600 p.
- MORAL, G. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 13 (1): 78-86.
- MUJICA, M. V.; SACATONI, I.; FRANCO, J.; NUÑEZ, S.; BENTANCOURT, C. 2007. Fluctuación poblacional de trips (Thysanoptera: Thripidae) en *Prunus persica* (L.) cv. Fantasía en la zona sur de Uruguay. *Agrociencia* 11 (2): 39-49.
- LÓPEZ, L. R.; ARTEAGA, R. R.; VÁZQUEZ, D. L.; LÓPEZ, C. I. 2009. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15 (1): 83-89.
- RAMÍREZ, D. J. F.; 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: 93-111.
- RAMÍREZ, D. J. F.; SÁNCHEZ, R.; GONZÁLEZ, A.; DE LEÓN, C. 2011. Modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* ((Kuhn) Langdon y Fullerton) en Estado de México, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 43 (2): 157-173.
- RONG, J.; BAO, D. L.; ZHE, L. D. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for site-specific pest management. *Environmental Entomology* 35: 1244-1248.
- SALAS, J.; MORALES, G.; MENDOZA, O.; ÁLVAREZ, C.; PARRA, A. 1993. Biología y hábitos de vida de *Thrips tabaci* Linderman Thysanoptera: Thripidae en cebolla *Allium cepa* L. *Agronomía Tropical* 43 (3-4): 173-183.
- SAMPER, F. J.; CARRERA, J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 p.
- TORRES, V. 1998. Actividad invernal de *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) en las Vegas del Guadiana (Extremadura). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 24 (2): 363-373.
- SOLARES, V.; RAMÍREZ, J. F.; 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.

Recibido: 23-mar-2013 • Aceptado: 11-nov-2013

Citación sugerida:

JIMÉNEZ C., ROCIO DE LOS ÁNGELES; JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ D.; JESÚS RICARDO SÁNCHEZ P.; MARTHA LIDYA SALGADO S. y ANTONIO LAGUNA C. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 183-192.