



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL COMPLEJO DE MOSCA MEXICANA DE LA
FRUTA (DÍPTERA: *TEPHRITIDAE*) EN MICHOACÁN, MÉXICO”

ARTICULO

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

RICARDO VANEGAS CARRILLO

(GENERACION 42)

CON NUMERO DE CUENTA: 1422475

MODALIDAD: ARTICULO

ASESORES:

DR. JOSE FRANCISCO RAMIREZ DAVILA

MTRO. EN C. ROBERTO RIVERA MARTINEZ



CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO
PIEDRAS BLANCAS, MUNICIPIO DE TOLUCA, MEX.

NOVIEMBRE 2019

INDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
RESULTADOS.....	10
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	19
LITERATURA CITADA.....	19

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de las poblaciones de mosca de la fruta en el cultivo de ciruela, guayaba, mango, naranja, zapote, correspondientes a la parcela para el año 2018	12
Figura 1. Semivariogramas de los mapas de la distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la fruta en el oriente de Michoacán, México	13
Figura 2. Mapas de la distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la fruta en el oriente de Michoacán, México	14
Tabla 2. Superficie infestada	15
Tabla 3. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrado medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA).....	15



Sociedad Colombiana de Entomología "SOCOLEN"

NIT. 860.053.873-4

Personería Jurídica N° 8347 - Octubre 13 de 1977 del Ministerio de Justicia

Bogotá, junio 07 de 2019

Código Manuscrito: 7715

Doctor
José Francisco Ramírez Dávila
Laboratorio de Entomología
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Autónoma del Estado de México

Apreciado Doctor Ramírez Dávila,

Con la presente certificamos el recibo de su trabajo:
Distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la
fruta (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México presentado
por los autores RICARDO VANEGAS-CARRILLO, JOSÉ FRANCISCO
RAMÍREZ-DAVILA, ROBERTO RIVERA-MARTÍNEZ para ser publicado en
la Revista Colombiana de Entomología. Su manuscrito se
encuentra en el proceso de arbitraje para la publicación de
éste en la RCdE.

Apreciamos su consideración de someter el trabajo a nuestra
revista, y lo invitamos a citar este trabajo en sus
siguientes publicaciones y a someter nuevos manuscritos en la
RCdE.

Cordialmente,

JAMES MONTOYA LERMA
Editor General
Publicaciones@socolen.org.co
Revista Colombiana de Entomología

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL COMPLEJO DE MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA (DÍPTERA: TEPHRITIDAE)
EN MICHOACÁN, MÉXICO”**

Spatial distribution of the Mexican fruit fly complex (Diptera: Tephritidae) in Michoacán, México

Distribución espacial de mosca de la fruta

RICARDO VANEGAS-CARRILLO¹, JOSÉ FRANCISCO RAMIREZ-DAVILA², ROBERTO RIVERA-MARTINEZ³,

Resumen

La fruticultura es una de las principales fuentes de ingreso, ya que genera gran derrama económica a los productores, sin embargo, ésta se ve afectada por diversas plagas. Una de las principales plagas que causan un daño económico considerable es la mosca mexicana de la fruta la cual oviposita causando que la fruta ya no sea aceptada en el mercado, esto conlleva a la pérdida económica para los productores. Las alternativas de control de la mosca mexicana de la fruta han carecido de eficacia debido, entre otras causas, a que se desconoce su distribución espacial dentro de las huertas de ciruela, naranja, zapote, guayaba y mango. Por lo tanto, este trabajo tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de mosca mexicana de la fruta en huertos de ciruela, naranja, zapote, guayaba y mango, mediante el uso de técnicas de estadística espacial que condujeron a la generación de mapas por medio del “krigeado”. **Los resultados demostraron que las poblaciones de mosca mexicana de la fruta presentan una** distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Las infestaciones se distribuyeron en diferentes áreas de los huertos, lo cual resulta interesante para dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación.

Palabras clave: Geoestadística. Kriging. Mapas de densidad

Abstract

Fruit growing is one of the main sources of income, since it generates great economic benefits to producers, although this is affected by various pests. One of the main pests that cause considerable economic damage is the Mexican fruit fly which oviposits causing the fruit to no longer be accepted in the market, this leads to economic loss for the producers. The control alternatives of the Mexican fruit fly have lacked effectiveness due, among other reasons, to the fact that their spatial distribution within plum, orange, zapote, guava and mango orchards is unknown. Therefore, this work aimed to determine the spatial distribution of Mexican fruit fly populations in plum, orange, zapote, guava and mango orchards, by using spatial statistics techniques that led to the generation of maps by middle of "krigeado". The results showed that the populations of the Mexican fruit fly have an aggregate type distribution, which was corroborated by the density maps. The infestations were distributed in different areas of the orchards, which is interesting to direct the control measures on specific areas of infestatio

Key words: Geostatistics. Krigeado. Density maps

Introducción

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) informó que México se consolidó como el quinto productor mundial de naranja, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas, las cuales se comercializaron tanto en el mercado interno como en destinos internacionales (SAGARPA 2017).

México se considera el quinto país a nivel mundial como productor de mango los estados más importantes en cuanto a producción son Guerrero, con 358 mil 235 toneladas; le siguen Sinaloa, 334 mil 239; Nayarit, 312 mil 39; Chiapas, 237 mil 530; Oaxaca, 158 mil 847, y Michoacán, 146 mil 767 toneladas.

México también se caracteriza por ser el quinto productor mundial de la guayaba, los meses de mayor disponibilidad de guayaba en México son de octubre a noviembre, cuando se obtiene al rededor del 41 % de la producción nacional.

El complejo de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha serpentina* y *Anastrepha striata*). En el orden díptera, la superfamilia Tephritoidea se encuentra agrupada dentro del infraorden Muscomorpha (*Cyclorrhapha*), de la sección Schizophora (Sensu mcAlpine, 1989), la cual comprende nueve familias relacionadas en tres clados: el primero contiene solamente a los Lonchaeidae; el segundo que incluye a los Richardiidae, Pallopteridae y Piophilidae; las familias incluidas en estos clados también se les há denominado como Tephritoidea inferiores. El tercer clado relaciona a los ulidiidae (= otitidae), Platystomatidae, Tephritidae, Pyrgotidae y Tachiniscidae. Los integrantes de la **familia tephritidae son conocidos comúnmente como “verdaderas moscas de la fruta”, se encuentran**

distribuidas a través de las regiones tropicales y templadas de todo el mundo, y sólo están ausentes en las zonas polares. Esta familia constituye el grupo más diversificado de todas las familias de tephritoidea, representada por 471 géneros y 4257 especies. *Anastrepha* es considerado el género más diverso de los Tephritidae nativos de América; hasta el 2004 Norrbom incluye 204 especies, que se ubican en al menos 17 grupos de especies (Norrbom et al. 2001; Hernández-Ortiz 2003; Norrbom 2004).

Esta plaga se considera hoy en día como el principal problema en cultivos frutales ya que esta plaga daña directamente los frutos. Este insecto ha cobrado conciencia en los productores de que para lograr su control no basta con la sola aplicación de insecticidas, si no de seguir toda una estrategia de manejo integrado. Este insecto es una plaga que produce un daño directo por el efecto de la picadura de la hembra sobre el fruto para realizar la ovoposición, esto a su vez es una vía de entrada de hongos y bacterias que descomponen la pulpa, esto aunado a las galerías generadas por las larvas durante su alimentación. Todo esto produce una maduración precoz, caída del fruto y la consiguiente pérdida de cosecha.

La mosca mexicana de la fruta se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones agrícolas del oriente del estado de Michoacán donde están presentes estos cultivos, con niveles de infestación muy altos, en los cuales los productores invierten una gran cantidad de recursos económicos para su control, aunque en la mayoría de los casos con poca eficacia, ya sea por desconocer la distribución espacial, la biología, los hábitos de la plaga, mecanismos de acción de los insecticidas o bien, por una técnica de aplicación deficiente, lo que ha traído como consecuencia que los productores dedicados a esta actividad disminuyan considerablemente la superficie con los cultivos frutales tales como son guayaba, mango, zapote, naranja, mamey, ciruela. Lo anterior tiene un impacto negativo muy fuerte dentro de la sociedad, ya que los cultivos antes mencionados generan una gran cantidad de empleos durante su ciclo de producción, sobre todo durante la cosecha.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una zona productiva de guayaba, zapote, ciruela, naranja, mango, del oriente del estado de Michoacán en los municipios de Zitácuaro, Benito Juárez, Jungapeo, Tuxpan, Ciudad Hidalgo e Irimbo, donde se colocaron 819 trampas de manera aleatoria cubriendo proporcionalmente una extensión de 2000 hectáreas.

En las parcelas solo se realizó un muestreo en el cual se emplearon trampas tipo Jackson. Esta trampa está conformada por un Prisma (cuerpo de la trampa), una Laminilla (inserto con pegamento), una Canastilla para el atrayente, el atrayente (capsula) y el Gancho que la sujeta al árbol.

El Prisma (cuerpo de la trampa) viene rotulado con la información Oficial que maneja la SAGARPA en sus programas contra Moscas de la Fruta.

Usando como atrayente etano-metanol, en dichas trampas se encontraron diferentes poblaciones de mosca mexicana de la fruta las cuales fueron: *Anastreha ludens*, *Anastrepha obliqua* y *Aastrepha striata*. Se colocó una trampa por árbol y cada árbol fue georreferenciado para obtener sus coordenadas. Con los datos obtenidos se procedió a conocer la distribución espacial de las poblaciones de moscas mediante el análisis geoestadístico.

Análisis geoestadístico. Se obtuvo el semivariograma experimental a partir del valor promedio mensual de mosca mexicana de la fruta capturados en cada muestreo quincenal utilizando el programa variowin 2.2 (Software for spatial data analysis en 2D. New York, EE. UU.). El valor experimental del semivariograma fue calculado con la siguiente expresión (Journel y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989):

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

donde: $\gamma^*(h)$ 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 muestra x_i y $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma.

Una vez obtenido el semivariograma experimental, se realizó su ajuste a algún semivariograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, etc.) Englund y Sparks (1988) utilizando el programa Variowin versión 2.2.

Validación del modelo teórico. Se siguió un procedimiento de validación cruzada, en el cual los parámetros del modelo Co (efecto de pepita), C + Co (meseta) y a (rango o alcance) se van ajustando de forma interactiva (prueba y error) hasta obtener los mejores valores de los estadísticos:

a. Media de los errores de estimación (MEE):

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

Dónde: $z^*(x_i)$ 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.

El MEE no debe ser significativamente distinto de 0 (test t), en cuyo caso, indicaría que el modelo de semivariograma permite el cálculo de estimas no sesgadas.

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 ECM es menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi *et al.*, 1992).

c. Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

donde: σ_k es la desviación standar del error esperado en la estimación con el krigado.

La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

Nivel de dependencia espacial. La determinación del grado de relación entre los datos o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje su resultado. Si el resultado es menor de 25 % el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75 % el nivel es moderado y bajo si es mayor del 76 % el nivel de dependencia (Cambardella *et al.* 1994).

Elaboración de mapas. Se realizó la interpolación de valores a través del krigado ordinario que permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados. Las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa, mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc.,

Resultados

En las 2000 ha muestreadas, la mosca que presentó más incidencia fue *A. ludens* seguida por *A. striata* y después por *A. obliqua* la cual no se presentó en el cultivo de ciruela.

La distribución espacial que se obtuvo en las poblaciones de mosca mexicana de la fruta fue agregada, los modelos que se adecuaron a los semivariogramas fueron esféricos y gaussianos, (tabla 1). El ajuste al modelo esférico es indicativo que dentro del área de muestreo hay zonas en las que se manifiesta más la plaga respecto al resto de puntos muestreados, por lo tanto, existen focos de infestación de la plaga que avanzan desde una fuente puntual. La distribución ajustada al modelo gaussiano refleja que los centros de agregación se manifiestan de forma continua dentro del área de muestreo, infiriendo la existencia de diversos factores que influyen en la diseminación de la plaga de una forma más rápida.

Para todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero, dicho valor es indicativo de que la escala de muestreo utilizada fue la correcta y el error de muestreo fue mínimo. Todos los muestreos presentaron un alto nivel de dependencia espacial para cada uno de los mapas. Los modelos de la distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la fruta en las parcelas estudiadas se validaron con los parámetros estadísticos al ubicarse dentro del rango permisible.

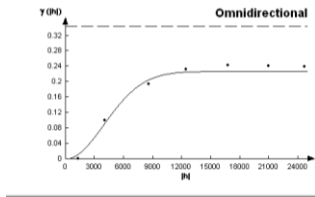
Los mapas de la superficie infestada en el caso del cultivo de ciruela se presentaron *A. ludens* y *A. striata*, donde las poblaciones de *A. ludens* se presentaron con mayor incidencia en la parte superior del mapa, sin embargo *A. obliqua* se encuentra en la parte inferior derecha (figura 2). En el cultivo de guayaba se encontraron los tres tipos de mosca mexicana de la fruta, donde *A. ludens* y *A. striata* se situó en la parte izquierda central del mapa y la *A. obliqua* se situó al centro (figura 2). En el cultivo de mango la mayor incidencia fue de *A. ludens* la cual se ubicó en el centro tendiendo al lado izquierdo, sin embargo *A. obliqua* está situada en la parte inferior del mapa y *A. striata* se presenta en el centro y tendiendo hacia la parte izquierda (figura 2). Para el caso del cultivo de naranja la distribución, de *A. ludens* y *A. obliqua* se situó en la parte del centro, tendiendo a crecer a la parte superior derecha, mientras que *A. striata* tuvo diferentes incidencias en el centro, en la parte inferior izquierda y en la parte inferior derecha del mapa (figura 2). Para el cultivo de zapote la mosca *A. ludens* se encontró en la parte central del mapa, la incidencia de *A. obliqua* se dio en la parte inferior izquierda, en tanto que *A. striata* se encuentra en la parte inferior derecha (figura 2).

En las parcelas se pudo observar una infestación que va desde el 31% hasta el 88% excepto en el cultivo de ciruela el cual no se encontró mosca *A. obliqua*, sin embargo, en el cultivo de guayaba tuvo una mayor incidencia comparada con los otros cultivos con un 88%.

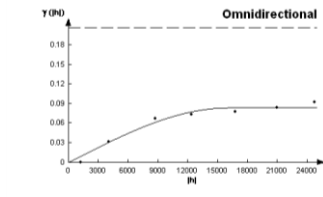
Tabla 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas de las poblaciones de mosca de la fruta en el cultivo de ciruela, guayaba, mango, naranja, zapote, correspondientes a la parcela para el año 2018.

	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/ Meseta	Nivel de dependencia espacial	Coefficiente de Curtosis
Ciruela							
<i>A. ludens</i>	Gaussia	0	9750	.0228	0	Alta	1.21
<i>A. striata</i>	Esférico	0	16000	.084	0	Alta	2.05
Guayaba							
<i>A. ludens</i>	Esférico	0	4554	0.216	0	Alta	1.34
<i>A. obliqua</i>	Esférico	0	4818	0.02999	0	Alta	1.29
<i>A. striata</i>	Esférico	0	5412	0.0616	0	Alta	2.46
Mango							
<i>A. ludens</i>	Esférico	0	27000	1.125	0	Alta	2.05
<i>A. obliqua</i>	Esférico	0	2160	0.0712	0	Alta	1.93
<i>A. striata</i>	Esférico	0	11610	.27998	0	Alta	1.03
Naranja							
<i>A. ludens</i>	Gaussian	0	13749	.23399	0	Alta	1.66
<i>A. obliqua</i>	Gaussian	0	10250	0.028	0	Alta	2.24
<i>A. striata</i>	Gaussian	0	3213	.0464	0	Alta	1.80
Zapote							
<i>A. ludens</i>	Espacial	0	10500	.328	0	Alta	2.29
<i>A. obliqua</i>	Gaussian	0	15750	0.096	0	Alta	2.17
<i>A. Striata</i>	Gaussian	0	14749	0.136	0	Alta	1.73

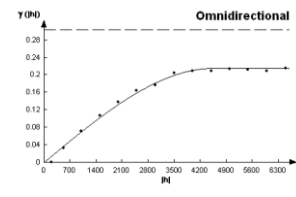
Ciruela *A. ludens*



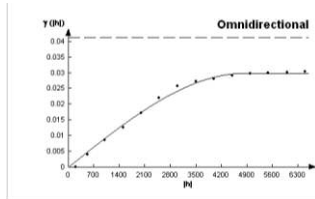
Ciruela *A. striata*



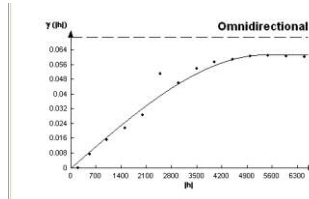
Guayaba *A. ludens*



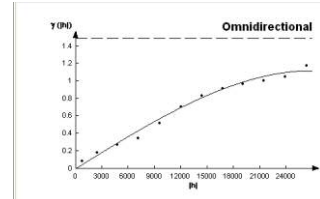
Guayaba *A. oblicua*



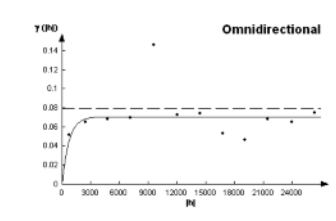
Guayaba *A. striata*



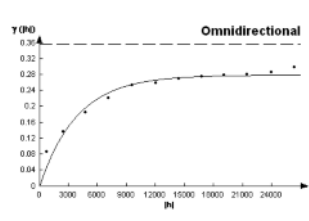
Mango *A. ludens*



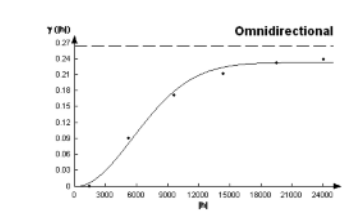
Mango *A. oblicua*



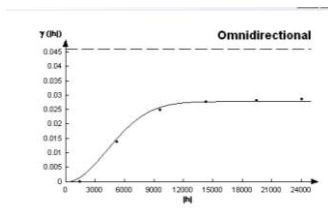
Mango *A. striata*



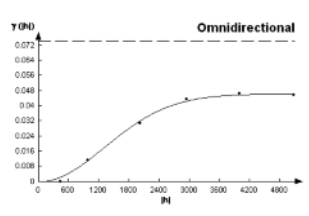
Naranja *A. ludens*



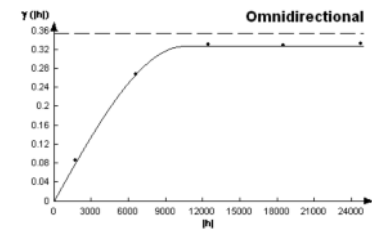
Naranja *A. oblicua*



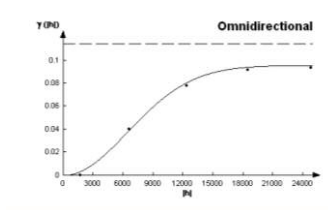
Naranja *A. striata*



Zapote *A. ludens*



Zapote *A. oblicua*



Zapote *A. striata*

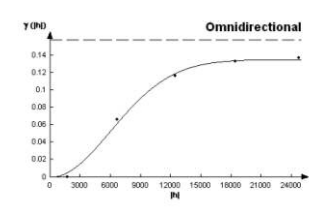


Figura 1. Semivariogramas de los mapas de la distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la fruta en el oriente de Michoacán, México.

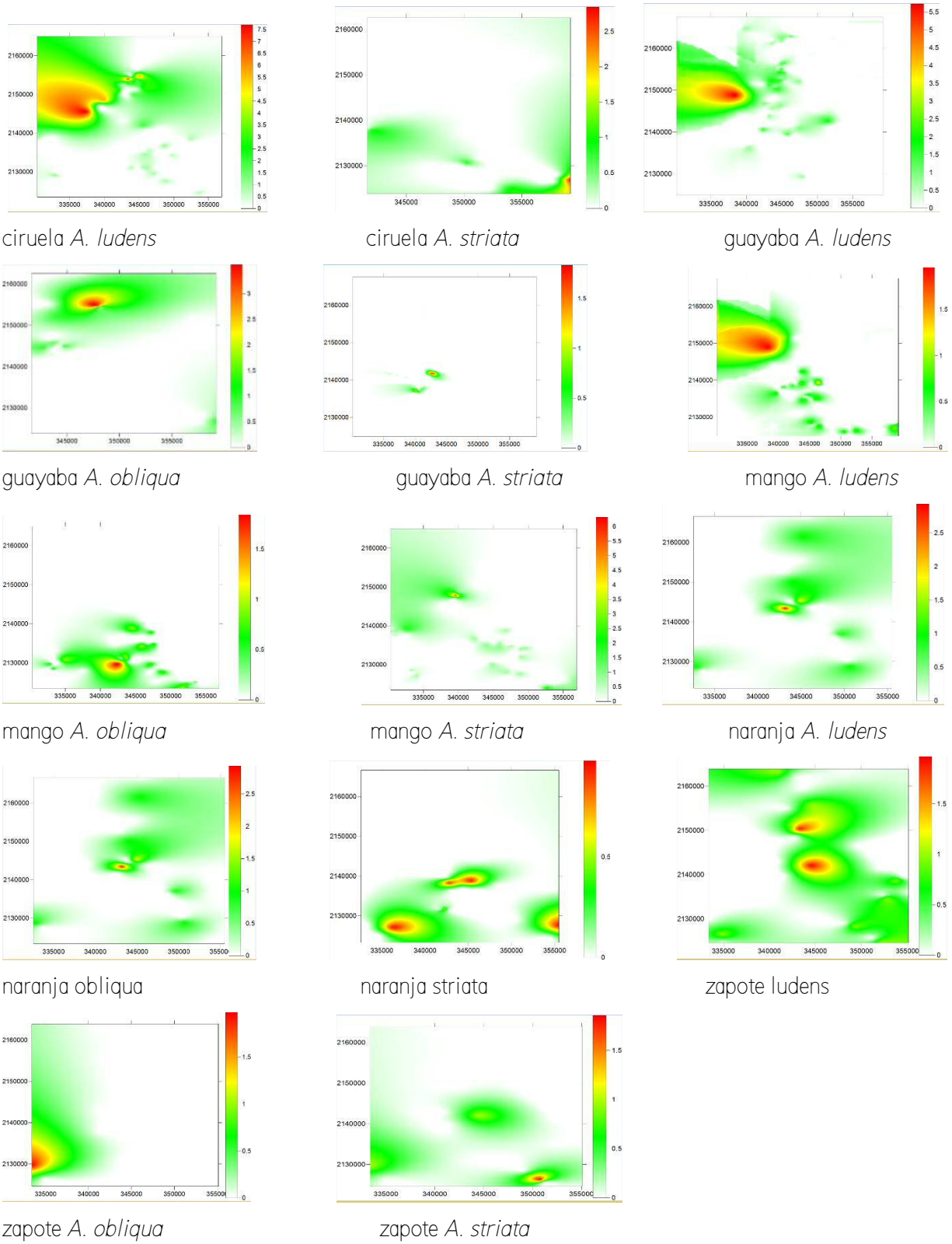


Figura 2. Mapas de la distribución espacial del complejo de mosca mexicana de la fruta en el oriente de Michoacán, México.

Tabla 2. Superficie infestada

Cultivo y mosca	% de Superficie no infestada	% de Superficie infestada
Ciruela, <i>A. ludens</i>	58	42
Ciruela, <i>A. striata</i>	55	45
Ciruela, <i>A. obliqua</i>	100	0
Guayaba, <i>A. ludens</i>	62	38
Guayaba, <i>A. obliqua</i>	12	88
Guayaba, <i>A. striata</i>	54	46
Mango, <i>A. ludens</i>	52	48
Mango, <i>A. obliqua</i>	72	28
Mango, <i>A. strata</i>	64	36
Naranja, <i>A. ludens</i>	61	39
Naranja, <i>A. obliqua</i>	61	39
Naranja, <i>A. striata</i>	69	31
Zapote, <i>A. ludens</i>	50	50
Zapote, <i>A. obliqua</i>	72	28
Zapote, <i>A. striata</i>	65	35

Tabla 3. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en los muestreos: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrado medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA)

Cultivo	Muestreos	Media muestral	Varianza muestral	MEE*	Varianza de los errores	ECM	ECMA
Ciruela	<i>A. ludens</i>	0.169	0.350	0.11ns	0.123	0.10	1.13
	<i>A. Striata</i>	0.119	0.210	0.14ns	0.156	0.12	1.10
Guayaba	<i>A. ludens</i>	0.162	0.304	0.10ns	0.219	0.14	1.06
	<i>A. striata</i>	0.063	0.071	0.12ns	0.030	0.11	1.11
	<i>A. obliqua</i>	0.024	0.041	0.13ns	0.026	0.09	1.09
Zapote	<i>A. ludens</i>	0.382	0.365	0.09ns	0.189	0.11	1.12
	<i>A. striata</i>	0.114	0.163	0.10ns	0.111	0.14	1.13
	<i>A. obliqua</i>	0.059	0.118	0.14ns	0.015	0.08	1.08
Naranja	<i>A. ludens</i>	0.161	0.269	0.08ns	0.148	0.06	1.14

mango	<i>A. striata</i>	0.081	0.075	0.10ns	0.032	0.11	1.10
	<i>A. Obliqua</i>	0.048	0.047	0.07ns	0.016	0.10	1.05
	<i>A. ludens</i>	0.361	1.496	0.11ns	1.105	0.13	1.12
	<i>A. striata</i>	0.153	0.3565	0.13ns	0.271	0.08	1.14
	<i>A. obliqua</i>	0.076	0.080	0.09ns	0.056	0.12	1.09

Discusión

En distribución del complejo de mosca mexicana de la fruta se encontró que hubo una mayor incidencia de *A. ludens* en comparación con *A. obliqua* y *A. striata*, la mayor parte del complejo de mosca de la fruta mexicana se vio favorecida en las partes más cálidas.

Las poblaciones del complejo de mosca mexicana de la fruta disminuyeron en la temporada otoño–invierno y para los meses más cálidos (primavera–verano) empiezan a aumentar sus poblaciones, esto pasa por que el aumento de la temperatura altera su ciclo acelerándolo.

La mosca *A. obliqua* no se encontró como hospedante en el cultivo de ciruela, contrario a lo que nos menciona Marín (2002) quienes confirman que *A. obliqua* es un hospedante en el cultivo de ciruela.

La observación de la estructura agregada en la distribución espacial de mosca mexicana de la fruta en las plantaciones de los diferentes frutales se hizo con el uso de la geoestadística. El uso de las técnicas para modelizar la distribución espacial de insectos ha mostrado ser una herramienta muy eficiente para determinar la distribución espacial de diversos insectos plaga en cultivos de importancia económica.

Diferentes trabajos como el de Sciarretta et al. (2008) encontraron una distribución agregada con ajuste al modelo esférico en *Lobesia botrana* en parcelas de uva. Rivera-Martínez et al. (2017) determinaron

la distribución espacial agregada de las Poblaciones de Adultos de *Bactericera cockerelli* Sulc., en el

Cultivo de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Jiménez et al. (2013) las de poblaciones de

trips en tomate de cáscara con distribución agregada con varios centros de agregación visualizados en

los mapas obtenidos y sus semivariogramas de la distribución espacial se ajustaron a los modelos

esférico y gaussiano. Maldonado et al. (2017) lograron obtener la estabilidad espacial y temporal de la

distribución de Trips en el cultivo de aguacate en el Estado de México. En cuanto a Bressan et al.

(2010) determinaron la distribución espacial de *Pentastiridius leporinus* L. en campos de trigo;

Ramírez et al. (2011) la distribución agregada de *Bactericera cockerelli* en papa. De la misma forma

que Quiñones-Valdez et al. (2015) en todo el ciclo fenológico del cultivo del gladiolo, generando

mapas que reflejaron la estructura agregada de la plaga en puntos específicos dentro de la parcela. En comparación con la estimación de la distribución espacial que realiza la estadística clásica, los modelos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que

tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial y es independiente de la relación entre la media y la varianza (Samper y Carrera 1996). La geoestadística además permite elaborar mapas de densidad de la distribución espacial de un organismo (Rossi et al. 1992; Ribes et al. 1998). García (2004) utilizó la geoestadística para estudiar la distribución espacial del lepidóptero *Helicoverpa armigera* Hübner, en una parcela de tomate, con el empleo de la función variograma, obteniendo representaciones gráficas diarias de dichas distribuciones. Estos mapas se basan en la técnica de estimación geoestadística conocida como “krigeado”, particularmente el ordinario en bloques. Contreras-Rendón et al. (2016) realizaron un estudio de distribución espacial de la enfermedad *Candidatus liberibacter solanacearum* y de su vector *Bactericera cockerelli* Sulc en papa, en el cual pudieron obtener mapas de densidad de *B. cockerelli* tanto en huevos, ninfas y adultos, usando el krigeado. Acosta et al. (2017) mencionan el uso de mapas de distribución espacial en el cultivo de aguacate para el control de trips en diferentes épocas del año, con lo cual se pueden hacer diversos planes de control (culturales, biológicos o químicos). Así mismo Lara et al. (2018) obtuvieron mapas de distribución espacial de araña roja en el cultivo de aguacate. El comportamiento espacial de las poblaciones del complejo de mosca mexicana de la fruta esta de forma agregada en las parcelas de los diferentes fútales del oriente de Michoacán, permite sugerir que se pueden manejar y, por lo tanto, reducirlas aplicando y dirigiendo medidas de control hacia los centros de agregación o puntos específicos en los que se encuentra la plaga, evitando aplicaciones generalizadas o de cobertura total, lo cual nos lleva a un ahorro en los insumos, visualizando los focos de infestación a través de los mapas generados. Lo anterior concuerda con Tannure et al. (2013) quienes propusieron un manejo para controlar al pulgón del algodnero *Aphis gossypii* para las etapas temprana e intermedia.

Los valores de cero encontrados en el efecto pepita en todos los modelos ajustados, permite afirmar que la escala de muestreo utilizada fue la adecuada y el error de muestreo fue mínimo (Oliver y Webster 1998), esto sugiere que los modelos ajustados tienen un 98 % de confiabilidad. En consecuencia, es válido deducir que más del 90 % de la variación total es debido a la dependencia espacial en la escala de muestreo utilizada; dicho de otra manera, más del 90 % de la variación de la distribución de las poblaciones de mosca mexicana de la fruta se logró explicar por la estructura espacial establecida con los semivariogramas (Liebhold y Sharov 1998). Ramírez et al. (2011) encontraron valores de pepita igual a cero en un estudio de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* en papa. Valores de pepita iguales fueron obtenidos por Solares et al. (2013) en la distribución espacial de trips en plantaciones comerciales de aguacate.

La distribución espacial ajustada al modelo esférico es indicativo que dentro de la parcela analizada existen zonas en que se manifiesta más la plaga respecto al resto de puntos considerados en el muestreo

y, que se desplaza de un punto específico hacia otros puntos dentro de la parcela, estos puntos de agregación presentan un crecimiento rápido cerca de su origen pero los incrementos van decreciendo conforme aumenta la distancia, esto es factible dado el comportamiento del complejo de mosca mexicana de la fruta, los focos de infestación se observan en los mapas obtenidos. Moral García (2003) al realizar la distribución espacial de *H. armigera* y sus variogramas teóricos, encontró que se ajustaron a modelos esféricos o exponenciales, con un efecto pepita. Contreras et al. (2016) encontraron que los semivariogramas para huevos y ninfas de *B. cockerelli* se ajustaron al modelo esférico, lo que indicó la agregación de la plaga en ciertas zonas de la parcela.

El alto nivel de dependencia espacial resultó de dividir el efecto pepita entre la meseta que fue menor a 25 % para todos los semivariogramas, lo cual indica una alta dependencia espacial lo que sugiere que las poblaciones del complejo de mosca mexicana de la fruta dependen entre sí y que el nivel de agregación es alto (Rossi et al. 1992). Esquivel y Jasso (2014) en un estudio de la distribución espacial de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, utilizando las técnicas de la geoestadística, mostraron la existencia de una estructura espacial agregada, con un nivel de dependencia espacial alto para las seis localidades en estudio.

En los mapas de densidad que se obtuvieron mediante la técnica del krigado se observan los centros de agregación que presentó el insecto dentro de la parcela, lo cual a la hora de proteger el cultivo contra la plaga nos permite dirigir de forma precisa las medidas de control (Weisz et al. 1996; Fleischer et al. 1999a, b; Ribes et al. 1998; García 2004; Rong et al. 2006; Esquivel y Jasso 2014). Esto ayudará a que los insectos no generen resistencia a los plaguicidas debido a la creación de refugios temporales dinámicos, al no tratar toda la superficie del cultivo (Moral et al. 2011). Con estas acciones se evitará una mayor distribución del complejo de mosca mexicana de la fruta ciertos niveles poblacionales y que puedan causar daños económicos mayores.

Los mapas permitieron identificar las áreas de infestación, encontrando que el complejo de mosca mexicana de la fruta se distribuyó de un 31% a un 88% de la parcela, esto concuerda con Esquivel y Jasso (2014) quienes realizaron un estudio de distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades en el estado de México en maíz y encontraron que en ninguna de las localidades se presentó un área de infestación del 100 % y el porcentaje máximo alcanzado fue del 94 %, Jiménez et al. (2013) reportaron que las poblaciones de *F. occidentalis* en tomate de cáscara no se distribuyen en la totalidad de las parcelas. Ramírez et al. (2013), encontraron que los mapas de infestación de *B. cockerelli* Sulc en el cultivo de papa reflejaron una estructura agregada del insecto el cual no invadió el 100 % de la superficie de la parcela, permitiendo identificar áreas libres de infestación, Ramírez y Porcayo (2008) reportaron que las ninfas de *Jacobiasca lybica* Bergenin y Zanon no invadieron el 100 % de las parcelas de vid, por lo tanto, la infestación no fue uniforme.

Conclusiones

La distribución espacial de las poblaciones del complejo de mosca mexicana de la fruta se presenta en agregados en las parcelas de estudio. Dicha agregación se visualiza perfectamente en los mapas de densidad elaborados. Con la información obtenida en este trabajo se puede contribuir a establecer esquemas de muestreo más eficientes, para después elaborar programas de manejo de estos insectos y proponer el inicio de acciones que ayuden a suprimir las poblaciones de mosca mexicana de la fruta en los diferentes huertos de ciruela, guayaba, mango, naranja y zapote e iniciar acciones solo cuando sea necesario, teniendo un impacto mínimo hacia el medio ambiente ya que solo se utilizaran productos químicos en ciertas áreas, así como la implementación de un manejo biológico. Con las técnicas geoestadísticas fue posible obtener la distribución espacial y los mapas de densidad de las poblaciones del complejo de mosca mexicana de la fruta, los cuales se ubicaron en varios centros de agregación dentro de los diferentes cultivos frutícolas en las parcelas estudiadas.

Literatura citada

- ACOSTA-GUADARRAMA, A. D., RAMÍREZ-DÁVILA, J. F., RIVERA-MARTÍNEZ, R., FIGUEROA-FIGUEROA, D. K., LARA-DÍAZ, A. V., MALDONADO-ZAMORA, F. I., & TAPIA-RODRÍGUEZ, 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 Entomologist*, 42(2), 435-446.
- BRESSAN, A.; MORAL, J. F.; SÉMÉTEY, O.; BOUDON, PADIEU, E. 2010. Spatio-temporal pattern of *Pentastiridius leporinus* migration in an ephemeral cropping system. *Agricultural and Forest Entomology* 12: 59-68.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society American Journal* 58: 1501-1511.
- CONTRERAS, R. A.; GUTIÉRREZ, I. A. T.; SILVA, R. H. V.; SÁNCHEZ, P. J. R.; LAGUNA, C. A.; RAMÍREZ, D. J. F. 2016. Distribución espacial de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Southwestern Entomologist* 41 (1): 105-114.
- CORIA, A. V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán Folleto para productores Núm. 19. SAGARPA INIFAP.
- ENGLUND, E.; SPARKS, A. 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's guide. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, EE.UU.

ESQUIVEL, H. V.; JASSO, G.Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 923-935.

FISHER, J. B.; DAVENPORT, T. L. 1989. Structure and development of surface deformation on avocado fruits. *HortScience* 24: 841-844.

FLEISCHER, S. J.; BLOM, P. E.; WEISZ, R. 1999a. Sampling in precision IPM: When the objective is a map. *The American Phytopathological Society* 89 (11): 115-118.

FLEISCHER, S. J.; BLOM, P. E.; EMMEN, D.; HOWER, A. 1999b. Dynamics in the spatial continuity of insect density. *Precision Agriculture*, (precisionagric4a), pp. 133-141.

GARCÍA, F. M. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista Ecosistemas* 13 (1): 78-86.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. (2003). Familia Tephritidae: Clasificación actual, relaciones filogenéticas y distribución de taxa Americanos. *Memorias del XV curso internacional sobre moscas de la fruta, Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta, Programa MOSCAMED-MOSCAFRUT SAGARPA-IICA. Metapa de Domínguez, Chiapas*, 11-23.

HEVESI, J.; ISTOK, J.; FLINT, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology* 31 (7): 661-676.

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

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

LARA-VÁZQUEZ, F., RAMÍREZ-DÁVILA, J. F., RUBÍ-ARRIAGA, M., MORALES-ROSALES, E. J., FIGUEROA-FIGUEROA, D. K., ACOSTA-GUADARRAMA, A. D., & RIVERA-MARTÍNEZ, R. (2018). Distribución Espacial de Araña Roja *Oligonychus punicae* Hirst en el Cultivo del Aguacate, en dos Municipios del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 43(3), 743-759.

LIEBHOLD, A. M.; SHAROV, A. A. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. pp. 111-117. In: Baumgartner, J.; Brandmayr, P.; Manly, B. F. J. (Eds.). *Population and community ecology for insect management and conservation*. Balkema, Rotterdam.

MALDONADO-ZAMORA, F. I., RAMÍREZ-DÁVILA, J. F., LARA-DÍAZ, A. V., RIVERA-MARTINEZ, R., ACOSTA-GUADARRAMA, A. D., FIGUEROA-FIGUEROA, D. K. & TAPIA-RODRÍGUEZ, A. (2017). Estabilidad Espacial y Temporal de la Distribución de Trips 1 en el Cultivo de Aguacate en el Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 447-462.

MARÍN, M. (2002). Identificación y caracterización de moscas de las frutas en los departamentos del Valle del Cauca, Tolima y Quindío. *Univ. de Manizales*.

- MORAL GARCÍA, F. J. 2003. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. *Biosystems Engineering* 93 (3): 253–259.
- MORAL, F. J.; TERRON, J. M.; REBOLLO, F. J. 2011. Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Computers and Electronic in Agriculture* 75: 223–230.
- NAAMANI, G. 2007. Developments in the avocado world. *California Avocado Society* pp. 71–76.
- NORRBOM, A. L., ZUCCHI, R. A., & HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. (2001). Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior*.
- NORRBOM, A. L. (2004). Updates to biosystematic database of world Diptera for Tephritidae through 1999. *Diptera Data Dissemination Disk (CD-ROM), 2*.
- OLIVER, M.; WEBSTER, R. 1998. How geostatistics can help you. *Soil Use and Management* 7 (4): 206–217.
- QUIÑONES-VALDEZ R.; SÁNCHEZ-PALE J. R.; PEDRAZAESQUIVEL, A. K.; CASTAÑEDA-VILDOZOLA A.; GUTIERREZ-IBAÑEZ, A. T.; RAMÍREZ-DÁVILA, J. F. 2015. Análisis espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el cultivo de gladiolo en la región sureste del Estado de México, México. *Southwestern Entomologist* 40 (2): 397–408.
- RAMÍREZ, D. J. F.; PORCAYO, C. E. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (2): 169–175.
- RAMÍREZ, D. J. F.; PORCAYO, C. E.; SÁNCHEZ, P. J. R. 2011. Análisis de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. en Donato Guerra, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 12 (1): 12–24.
- RIBES, D. M.; BASCUÑANA, C. M.; AVILLA, H. J. 1998. Estudio de la distribución espacial de *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) en Torregrossa (Lleida) mediante métodos geoestadísticos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 24 (4): 935–948.
- RIVERA-MARTÍNEZ, R., ACOSTA-GUADARRAMA, A. D., RAMÍREZ-DÁVILA, J. F., FIGUEROA-FIGUEROA, D. K., MALDONADO-ZAMORA, F. I., & LARA-DÍAZ, Y. A. V. (2017). Distribución Espacial de las Poblaciones de Adultos de *Bactericera cockerelli* Sulc. en el Cultivo de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Southwestern Entomologist*, 42(4), 1057–1068.
- RONG, J.; DIAN, M. L.; BAO, Y. X.; ZHE, L.; DONG, L. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: Implications for site-specific pest management. *Environmental Entomology* 35: 1244–1248.
- ROSSI, R. E.; MULLA, J. D.; JOURNEL, A. G.; FRANZ, E. H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs* 62 (2): 277–314.

- SAGARPA, S. (2017). Servicio de información agroalimentaria y pesquera.
- SAMPER, F. J.; CARRERA, J. 1996. Geoestadística, aplicaciones a la hidrogeología. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, España, p. 484.
- SCIARRETTA, A.; ZINNI, A.; MAZZOCCHETTI, A.; TREMATERRA, P. 2008. Spatial analysis of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) male population in a Mediterranean agricultural landscape in central Italy. *Environmental Entomology* 37 (2): 382–390.
- SOLARES, A. V. M.; RAMÍREZ, D. J. F.; SÁNCHEZ, P. J. R. 2013. 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.
- TANNURE, C., MAZZA, S., & GIMÉNEZ, L. (2013). Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*).
- WEISZ, R.; FLEISCHER, J.; SMILOWITZ, Z. 1996. Site specific integrated pest management for high value crops: Impact on potato pest management. *Journal of Economic Entomology* 89: 501–509.