

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA) EN EL CULTIVO DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

### **Víctor Manuel Solares Alonso**

*Programa de maestría y doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales, Universidad Autónoma del Estado de México; correo electrónico: metavic@hotmail.com*

### **José Francisco Ramírez Dávila**

*Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión; Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, UAEM. Cerrillo Piedras Blancas s/n km 15 Carr. Toluca - Ixtlahuaca, entronque al Cerrillo, C.P. 50200; Toluca, Estado de México; correo electrónico: jframirez@uaemex.mx*

### **Jesús Ricardo Sánchez Pale**

*Programa de maestría y doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales; correo electrónico: jrsanchez@att.net.mx*

## RESUMEN

México es el principal productor-exportador de aguacate en el mundo. Los trips son considerados entre las principales plagas del aguacate en México, donde una de las limitantes en la producción es la enfermedad denominada Roña del fruto (*Elsinoe perseae*), que penetra la fruta por las heridas causadas por el complejo trips. Las alternativas de control de los trips han carecido de eficacia debido a que se desconoce su distribución espacial dentro de las huertas de aguacate. Este trabajo tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en aguacate mediante el uso de técnicas de estadística espacial que condujeron a la generación de mapas por medio del kriging. Los resultados demostraron que las poblaciones de trips presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad. Las infestaciones no se distribuyeron en el 100% de la superficie de las dos parcelas experimentales, lo cual resulta interesante para dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación. Se logró determinar estabilidad espacial y temporal a corto plazo de las poblaciones de trips.

*Palabras clave: Geoestadística, trips, kriging, SADIE.*

## SUMMARY

Mexico is the largest producer-exporter of avocados in the world. Thrips are considered among the major pests of avocados in Mexico, where one of the constraints on production is the disease called scab the fruit (*Elsinoe perseae*), which penetrates the fruit for injuries caused by the trips complex. Control alternative of trips have lacked efficiency due to their spatial distribution is unknown in avocado orchards. The purpose on this work was to model the spatial distribution of thrips in avocado using geostatistics tools that led to the generation of maps through kriging. The results showed that populations of thrips have an aggregated distribution, which was corroborated by the density maps. Infestations were not distributed in 100% of the surface of two experimental plots, for which it is advisable to operate control actions on specific areas of infestation. We determined spatial and temporal stability in the short term thrips populations.

*Key words: Geostatistics, thrips, kriging, SADIE.*

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de aguacate se estima en 3.2 millones de toneladas, obtenidas en 417.000 ha. México es considerado el principal productor en el mundo y uno de los exportadores más importantes, con una producción de 1'040.390 ton. (33% de la producción mundial), cosechadas en 102.467 ha. (25% de la superficie mundial) (Téliz & Marroquín 2007). Los trips son considerados una de las plagas principales, en especial los géneros *Frankliniella* y *Neohydatorhrips*, se alimentan del fruto pequeño (Salgado 1993) y forman crestas o protuberancias sobre el pericarpio (González-Hernández et al. 2000). Las deformaciones son más visibles cuando el fruto madura (Fisher & Davenport 1989; González-Hernández et al. 2000), y deterioran la calidad comercial de la fruta. En las especies de *Scirtothrips*, las larvas y adultos causan daños en follaje tierno, provocan distorsión y cicatrices de color castaño oscuro a lo largo de la nervadura central en el envés de la hoja. Algo similar ocurre con el fruto joven, que se cubre por una cicatriz marrón oscuro, aunque comúnmente se observan cicatrices pequeñas, a veces alargadas (Hoddle 2002). Ascensión et al. (1999) afirmaron que este síntoma asociado a trips aparece en el fruto pequeño, aunque no se ha precisado las etapas fenológicas más afectadas.

Los trips se encuentran distribuidos en toda la zona productora de aguacate del Estado de Michoacán, en el municipio de Susupuato, se estima que los daños varían y llegan a mermar en más del 75% de fruta comercial (Salgado 1993). Para el control de trips se invierte una cantidad de recursos económicos en estrategias de tipo químico, con resultados pocos satisfactorios debido a que se desconoce la distribución espacial, biología y hábitos del insecto, o bien por deficiencias en la tecnología de aplicación, con la consecuente disminución de ingresos.

Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que consideran la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización en el espacio: además, permiten elaborar mapas de gran utilidad (Isaaks & Srivastava 1988, Oliver & Webster 1991, Rossi et al. 1992, Speight et al. 1998, Sciarretta et al. 2001, Blom & Fleischer 2001) para establecer los grados de infestación que requieran un control inmediato, así como también detectar posibles

preferencias en su estructura de agregación y detectar zonas que no presenten infestación.

El objetivo del siguiente trabajo fue modelar la distribución espacial de trips, en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) cultivar Hass, en la región de Susupuato, por medio de la geoestadística.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos parcelas de 4 ha cada una del municipio de Susupuato perteneciente a la Región Oriente de Michoacán, con un clima templado con lluvias en verano (Cw), propicio para el cultivo de aguacate (Atlas Geográfico del Estado de Michoacán, 2004).

El muestreo por parcela se realizó en 40 cuadrantes de un total de 100 que constó la parcela de una superficie de 4 ha. La edad de los árboles de aguacate variedad Hass fue de seis años. En cada cuadrante se tomaron tres árboles. Cada árbol se georeferenció utilizando un DGPS (model SPS 351, trimble) para obtener sus coordenadas. Los muestreos se realizaron semanalmente, se contó el número total de trips por árbol. La captura de trips, consistió en trampas construidas con vasos plásticos No. 8, marca JAGUAR®, de 10 cm de alto, 4.5 cm de diámetro en la base y 7.5 cm de diámetro en el borde superior y de color amarillo; de acuerdo con lo sugerido por González et al. (1998) a cada vaso se le colocó un gancho de metal en la base del mismo, se les impregnó manteca vegetal en la superficie externa, esto para que los trips quedaran adheridos a la superficie del vaso. Se ubicaron cuatro trampas por árbol una en cada punto cardinal. Las trampas se revisaron semanalmente por 10 meses con una lente de aumento 20X para contar y remover los trips capturados.

Análisis geoestadístico: Se obtuvo el semivariograma experimental a partir del valor promedio mensual de trips capturado en cada muestreo semanal. Los semivariogramas experimentales se obtuvieron con el programa variowin 2.2 (Software for spatial data analysis in 2D. Spring Verlag, New York EEUU). El valor experimental del semivariograma fue calculado con la siguiente expresión (Journel & Huijbregts 1978, Isaaks & Srivastava 1989):

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

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

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 & Sparks 1988) utilizando el programa Model versión 2.2 de Vario-win.

Validación del modelo teórico: Se realizó de forma interactiva, variando los valores  $C_0$  (efecto de pepita),  $C + C_0$  (meseta) y  $a$  (alcance), hasta coincidir con el mejor ajuste, una vez determinado se validó a través de la determinación de los parámetros estadísticos de validación cruzada (Samper & Carrera 1996) como son:

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. 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):

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

Dónde:  $\sigma_k$  es la desviación estandar del error esperado en la estimación con el krigeado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores  $1 \pm 2(2/N)^{0.5}$ .

d) Otro estadístico para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

Es 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% es moderado y si es mayor del 76% es bajo (Cambardella et al. 1994).

Elaboración de mapas: Se realizó la interpolación de valores a través del krigeado ordinario que permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada fecha de muestreo mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14<sup>th</sup> Street. Golden, Colorado 80401-1866. EEUU).

SADIE (Spatial Analysis by Distance IndicEs): Su objetivo es establecer el modelo espacial de una población muestreada midiendo la distancia a la cual pueden desplazarse los individuos de la muestra observada. Perry & Hewitt (1991) desarrollaron un índice que utilizaba los datos colectados dentro de una cuadrícula preestablecida al muestreo, determinando que era un índice biológicamente más descriptivo e informativo de la distribución espacial de las poblaciones de insectos que el índice de dispersión, el cual depende directamente de la abundancia de la población. Perry (1995a) indicó que para datos recolectados en ubicaciones específicas el uso de la distancia para la regularidad es muy adecuado y demostró cómo distinguir no aleatoriedad en la forma de heterogeneidad estadística, de la no aleatoriedad espacial. Perry (1995b) desarrolló y extendió el uso del índice de la distancia para la regularidad (Ia) para el establecimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos. Además, introdujo dos diagramas de diagnóstico como ayuda a la interpretación y un índice nuevo para estimar el número de focos de agrupamiento de una población, el índice Ja.

Estabilidad espacial y temporal: la comparación se realizó utilizando en el caso de los resultados analizados con el krigeado, una modificación de la prueba estadística no paramétrica de Cramér-von Mises, (Syrjala 1996); en el caso de los resultados obtenidos mediante el método SADIE, la comparación para establecer la estabilidad espacio temporal de los mismos se llevó a cabo mediante el índice de asociación del SADIE llamado Im (Perry & Klukowsky 1997, Korie et al. 2000). Si  $Im > 0$ , indica que existe una asociación o una estabilidad espacio-temporal entre los mapas si existe un nivel de significación de  $Pm < 0.025$ . La determinación de la estabilidad se realizó con el programa SADIE 1.22.

## RESULTADOS

Con los datos de los muestreos fue posible generar el modelo espacial y el mapeo de las poblaciones de trips en forma mensual. Se estableció el por-

centaje estimado de infestación en cada fecha de muestreo y se logró determinar la estabilidad espacio-temporal a corto plazo de *Frankliniella* y *Scirtothrips* los géneros de trips. También se pudo establecer que son dos, los que infestan el cultivo de aguacate. Las especies más abundantes fueron *F. fallaciosa* y *S. perseae*.

La distribución espacial en las poblaciones de trips fue de tipo agregada para cada una de las fechas de muestreo. Se logró modelar la distribución espacial de trips en las dos plantaciones de aguacate (Tabla 1).

En la parcela 1 se determinó que la media de la población de trips para febrero fue de 27.058 individuos; la mayor infestación se presentó de julio a septiembre. Un comportamiento similar de la población se registró en la parcela 2, con una media de 13.016 para febrero hasta 154.241 promedio de trips para julio (Tabla 1).

**Tabla 1.** Incidencia y parámetros (Efecto pepita, meseta y rango) de los modelos ajustados a los semivariogramas obtenidos en el muestreo de trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass)

<b>Parcela 1</b>								
Mes	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Rango (%)	Dependencia espacial	Media	Varianza
Febrero	Gaussiano	0	23.639	64.258	0	Alta	27.058	69.454
Marzo	Gaussiano	0	21.303	50.756	0	Alta	39.633	63.348
Abril	Gaussiano	0	24.200	60.957	0	Alta	44.233	62.078
Mayo	Gaussiano	0	20.562	47.733	0	Alta	83.358	50.079
Junio	Gaussiano	0	36.440	139.239	0	Alta	119.016	266.566
Julio	Gaussiano	0	34.800	126.048	0	Alta	150.433	129.478
Agosto	Gaussiano	0	18.967	41.693	0	Alta	147.858	43.538
Septiembre	Gaussiano	0	34.040	115.384	0	Alta	134.233	121.162
Octubre	Gaussiano	0	37.688	147.215	0	Alta	96.950	149.364
Noviembre	Gaussiano	0	32.988	111.427	0	Alta	72.408	121.291
<b>Parcela 2</b>								
Febrero	Esférico	0	22.583	16.943	0	Alta	13.016	19.294
Marzo	Esférico	0	22.447	15.774	0	Alta	20.100	17.906
Abril	Esférico	0	27.859	22.768	0	Alta	28.866	28.515
Mayo	Gaussiano	0	29.047	73.445	0	Alta	88.991	80.941
Junio	Gaussiano	0	29.967	80.239	0	Alta	114.975	82.991
Julio	Gaussiano	0	23.595	56.190	0	Alta	154.241	63.215
Agosto	Esférico	0	38.995	32.588	0	Alta	149.100	37.256
Septiembre	Gaussiano	0	21.395	41.235	0	Alta	138.025	44.257
Octubre	Gaussiano	0	22.583	48.631	0	Alta	82.750	52.070
Noviembre	Gaussiano	0	31.474	96.485	0	Alta	42.300	106.626

En la parcela 1, el semivariograma experimental se ajustó al modelo gaussiano para todas las fechas de muestreo (Tabla 1). Los semivariogramas de la parcela 2 se ajustaron al modelo esférico para los muestreos realizados en febrero, marzo, abril y agosto, mientras que para las restantes fechas de muestreo se ajustaron al modelo gaussiano (Tabla 1). En todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero, indicativo de que la escala de muestreo utilizada en el presente trabajo fue la adecuada. Los valores de la meseta

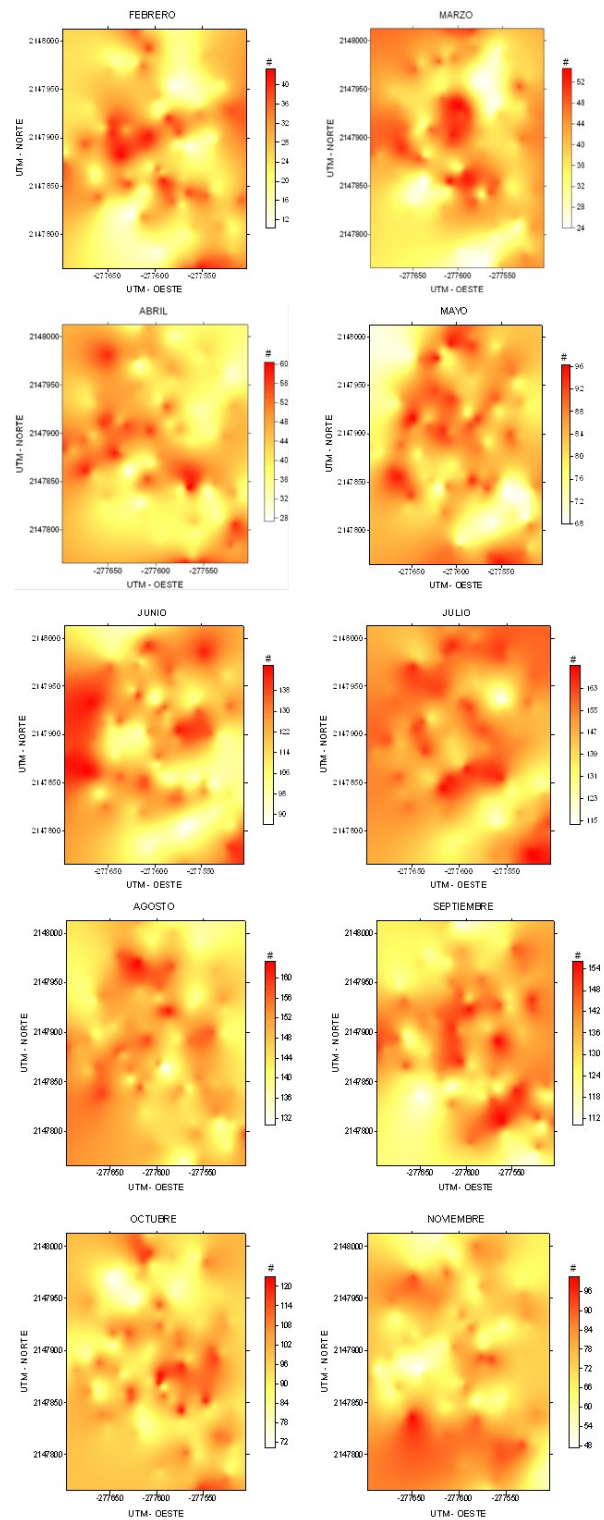
en la parcela 1 se ubicaron entre 20.562 y 37.688, mientras que para la segunda parcela fluctuaron entre 21.395 y 38.995. En todos los modelos se presentó un alto nivel de dependencia espacial para cada una de las fechas de muestreo (Tabla 1). Los modelos de la distribución espacial de trips en las dos parcelas analizadas se lograron validar con los parámetros estadísticos al ubicarse dentro del rango permisible (Tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo por cuadrantes: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA); ns, no significativo

<b>Parcela 1</b>							
Mes	Tamaño de muestra	Media muestral	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
Feb.	120	27.058	69.454	0.10 <sup>ns</sup>	42.252	0.06	1.10
Mar.	120	39.633	63.348	0.11 <sup>ns</sup>	38.541	0.11	1.11
Abr.	120	44.233	62.078	0.10 <sup>ns</sup>	45.693	0.12	1.13
May.	120	83.358	50.079	0.12 <sup>ns</sup>	39.417	0.09	1.08
Jun.	120	119.016	266.566	0.11 <sup>ns</sup>	152.629	0.06	1.10
Jul.	120	150.433	129.478	0.10 <sup>ns</sup>	103.274	0.03	1.11
Ago.	120	147.858	43.538	0.12 <sup>ns</sup>	33.697	0.04	1.13
Sep.	120	134.233	121.162	0.13 <sup>ns</sup>	99.218	0.05	1.04
Oct.	120	96.950	149.364	0.11 <sup>ns</sup>	122.742	0.08	1.08
Nov.	120	72.408	121.291	0.11 <sup>ns</sup>	98.525	0.07	1.09
<b>Parcela 2</b>							
Feb.	120	13.016	19.294	0.11 <sup>ns</sup>	16.275	0.05	1.07
Mar.	120	20.100	17.906	0.12 <sup>ns</sup>	11.822	0.10	1.05
Abr.	120	28.866	28.515	0.11 <sup>ns</sup>	24.839	0.09	1.09
May.	120	88.991	80.941	0.13 <sup>ns</sup>	59.119	0.07	1.10
Jun.	120	114.975	82.991	0.10 <sup>ns</sup>	64.294	0.04	1.11
Jul.	120	154.241	63.215	0.12 <sup>ns</sup>	55.128	0.07	1.06
Ago.	120	149.100	37.256	0.11 <sup>ns</sup>	28.475	0.09	1.12
Sep.	120	138.025	44.257	0.10 <sup>ns</sup>	33.722	0.11	1.07
Oct.	120	82.750	52.070	0.12 <sup>ns</sup>	44.032	0.05	1.11
Nov.	120	42.300	106.626	0.10 <sup>ns</sup>	93.291	0.10	1.08

Los mapas obtenidos de la superficie infestada en la parcela 1 mostraron que las poblaciones de trips se ubicaron en centros de agregación, es decir, su distribución se localiza en puntos específicos o focos de infestación distribuidas en la región central durante los meses de febrero a abril, para mayo y junio los centros de agregación se ubicaron de la región central del mapa hacia la parte superior. Julio y septiembre los centros de agregación se evidenciaron con una mayor intensidad en la región

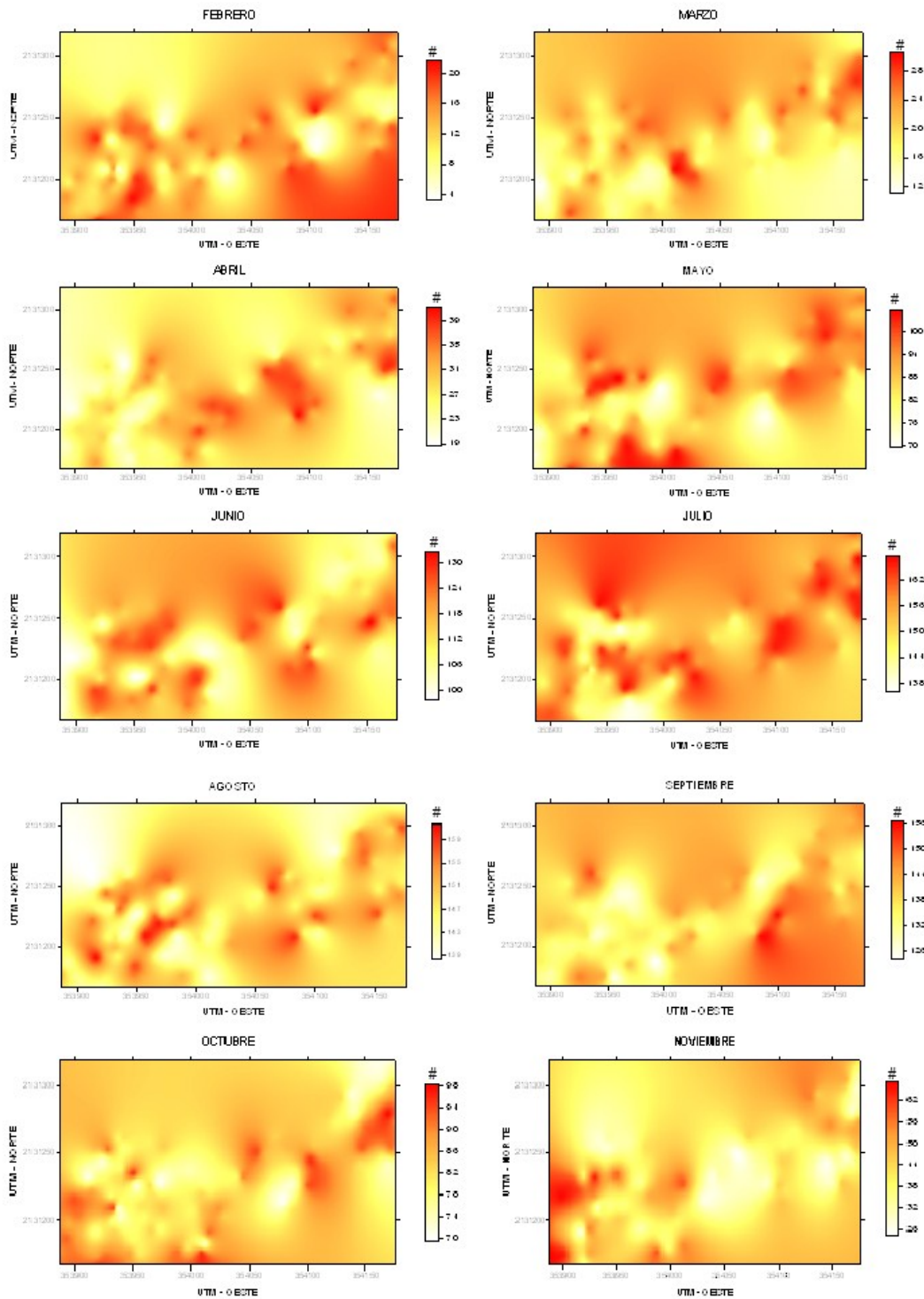
central del mapa con una ligera tendencia hacia la región superior para el mes de julio, mientras que para septiembre los centros de agregación presentaron una tendencia a ubicarse hacia la región inferior derecha del mapa, finalmente para los muestreos realizados en octubre y noviembre los centros de agregación se ubican en la región central del mapa con una ligera tendencia hacia la parte inferior (Figura 1).



**Figura 1.** Mapas de densidad de las poblaciones de trips, obtenidos en los diferentes muestreos en la parcela experimental 1.

Por otro lado, los mapas generados en la parcela 2 mostraron que para de febrero a agosto los centros de agregación presentan una tendencia de ubicarse en la región inferior izquierda hacia la región superior derecha. Los mapas de las restantes fechas

de muestreo presentaron una tendencia de ubicar sus centros de agregación hacia la región izquierda del mapa, excepto para septiembre, en donde fueron distribuidos de forma irregular (Figura 2).



**Figura 2.** Mapas de densidad de las poblaciones de trips, obtenidos en los diferentes muestreos en la parcela experimental 2.

En la parcela 1, la menor superficie infestada estimada (76%) se presentó durante noviembre (Tabla 3) con una media de 72.4 por árbol (Tabla 1). La mayor superficie infestada (85%) se presentó en agosto (Tabla 3) con una densidad media de 147.8 por árbol (Tabla 1). Por otro lado en la parcela 2, la menor superficie infestada estimada (68%) se presentó en el mes de agosto (Tabla 3) con una media de 149.1 ejemplares por árbol (Tabla 1), mientras que la mayor superficie infestada (79%) se presentó durante el mes de septiembre (Tabla 3) con una densidad de 138.0 ejemplares por árbol (Tabla 1).

**Tabla 3.** Determinación de superficie infestada y no infestada estimada (%) en el muestreo de trips en el cultivo de aguacate

<b>Parcela 1</b>		
	<b>Infestado</b>	<b>% No infestado</b>
1	81	19
2	78	22
3	80	20
4	77	23
5	82	18
6	84	16
7	85	15
8	83	17
9	81	19
10	76	24
<b>Parcela 2</b>		
1	77	23
2	75	25
3	73	27
4	78	22
5	74	26
6	78	22
7	68	32
8	79	21
9	76	24
10	70	30

Los datos obtenidos con la aplicación de los índices del SADIE se presentan en la Tabla 4. En todos los casos el índice  $I_a$  fue significativamente superior a 1, lo cual sugiere que la distribución de trips es agregada. Resultados similares se encontraron con el índice  $J_a$ , su valor no fue significativamente superior a 1, lo que permite determinar que la distribución espacial de las poblaciones del insecto se concentró en diferentes centros de agregación en las dos localidades estudiadas.

**Tabla 4.** Valor de los índices  $I_a$  y  $J_a$  y sus respectivas probabilidades  $P_a$  y  $Q_a$  en la población de trips. ns: no significativo al 5%; s: significativo al 5%

<b>Parcela 1</b>				
<b>Fecha</b>	<b><math>I_a</math></b>	<b><math>P_a</math></b>	<b><math>J_a</math></b>	<b><math>Q_a</math></b>
1	1.51	0.007 <sup>s</sup>	1.22	0.167 <sup>ns</sup>
2	1.58	0.011 <sup>s</sup>	1.24	0.104 <sup>ns</sup>
3	1.70	0.013 <sup>s</sup>	1.13	0.252 <sup>ns</sup>
4	1.74	0.014 <sup>s</sup>	1.27	0.281 <sup>ns</sup>
5	1.46	0.010 <sup>s</sup>	1.18	0.409 <sup>ns</sup>
6	1.51	0.016 <sup>s</sup>	1.22	0.138 <sup>ns</sup>
7	1.62	0.011 <sup>s</sup>	1.18	0.378 <sup>ns</sup>
8	1.70	0.004 <sup>s</sup>	1.24	0.119 <sup>ns</sup>
9	1.73	0.007 <sup>s</sup>	1.28	0.394 <sup>ns</sup>
10	1.46	0.011 <sup>s</sup>	1.12	0.241 <sup>ns</sup>
<b>Parcela 2</b>				
1	1.48	0.014 <sup>s</sup>	1.14	0.239 <sup>ns</sup>
2	1.60	0.003 <sup>s</sup>	1.13	0.148 <sup>ns</sup>
3	1.53	0.002 <sup>s</sup>	1.17	0.307 <sup>ns</sup>
4	1.65	0.012 <sup>s</sup>	1.26	0.342 <sup>ns</sup>
5	1.41	0.011 <sup>s</sup>	1.12	0.295 <sup>ns</sup>
6	1.54	0.008 <sup>s</sup>	1.17	0.223 <sup>ns</sup>
7	1.62	0.010 <sup>s</sup>	1.10	0.301 <sup>ns</sup>
8	1.73	0.005 <sup>s</sup>	1.25	0.368 <sup>ns</sup>
9	1.81	0.009 <sup>s</sup>	1.17	0.412 <sup>ns</sup>
10	1.38	0.014 <sup>s</sup>	1.12	0.321 <sup>ns</sup>

La distribución agregada de las poblaciones (Figuras 1 y 2) de los insectos se manifiestan en cada uno de los mapas obtenidos, lo que corrobora lo establecido por los índices  $I_a$  y  $J_a$ . En los mapas realizados se alcanzan a apreciar los diferentes focos de agregación en las diez fechas, para las dos parcelas.

Estabilidad espacial y temporal: En la Tabla 5, se muestran los resultados de la comparación entre los mapas de la distribución espacial de las poblaciones de trips para cada fecha de muestreo. Los valores  $I_m$  del SADIE fueron mayores que 0, indicando que existió diferencia significativa o asociación espacial entre los mapas comparados para trips, por lo que fue posible detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo de las poblaciones del insecto entre las fechas comparadas en las dos parcelas.

Los resultados con la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises, indican diferencia no significativa en la estabilidad espacial y temporal de



corto plazo entre las fechas de muestreo (Tabla 5), para las dos parcelas, es decir, existió estabilidad

espacial y temporal en las poblaciones de trips entre las diez fechas analizadas.

**Tabla 5.** Comparación de mapas con la prueba bivariable de Crámer-von Mises ( $\Psi$ ) e índices de asociación de distribución espacial (Im) de SADIE obtenidos durante el muestreo de trips.

<b>Parcela 1</b>					
<b>Fechas comparadas</b>	$\Psi$	<b>Valor de P</b>	<b>Diferencia (5%)</b>	<b>Im</b>	
1 vs 2	0.16	0.70	No Significativa	1.75	
2 vs 3	0.13	0.55	No Significativa	1.28	
3 vs 4	0.17	0.49	No Significativa	2.05	
4 vs 5	0.31	0.63	No Significativa	1.67	
5 vs 6	0.29	0.33	No Significativa	2.31	
6 vs 7	0.21	0.37	No Significativa	1.46	
7 vs 8	0.25	0.68	No Significativa	0.23	
8 vs 9	0.44	0.51	No Significativa	0.15	
9 vs 10	0.28	0.36	No Significativa	0.11	
<b>Parcela 2</b>					
1 vs 2	0.22	0.68	No Significativa	2.17	
2 vs 3	0.35	0.41	No Significativa	2.31	
3 vs 4	0.15	0.42	No Significativa	1.41	
4 vs 5	0.28	0.51	No Significativa	1.07	
5 vs 6	0.42	0.56	No Significativa	1.53	
6 vs 7	0.37	0.32	No Significativa	1.48	
7 vs 8	0.19	0.62	No Significativa	0.95	
8 vs 9	0.32	0.48	No Significativa	0.19	
9 vs 10	0.21	0.29	No Significativa	0.14	

## DISCUSIÓN

La mayor densidad poblacional de trips de julio y septiembre en el presente trabajo contrasta con lo determinado por González et al. (1998) quienes encontraron que en Michoacán, las más altas poblaciones de trips se presentan entre marzo y mayo, posteriormente durante el periodo de lluvias (junio-septiembre) la población baja notablemente, para un nuevo aumento a partir de octubre.

La determinación de una estructura agregada en la modelación de la distribución espacial de trips en aguacate se logró realizar con el uso de la geostatística. Ésta concuerda con lo encontrado por Sciarretta et al. (2008) en *Lobesia botrana* en uva y por Bressan et al. (2010) con *Pentastiridius leporinus* L., en campos de trigo.

El comportamiento de tipo agregado en las poblaciones de trips en aguacate permite sugerir que la reducción de sus infestaciones se puede lograr al focalizar las estrategias de manejo hacia puntos

específicos o focos de infestación en donde se ubica los puntos de agregación y se visualizan a través de los mapas generados, concordando con lo propuesto por Rong et al. (2006) para el manejo de *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) en puntos específicos. Resultados similares fueron determinados con los índices Ia y Ja de SADIE, los cuales indicaron la estructura espacial agregada de las poblaciones de trips. Además el índice Ja señaló la existencia de varios centros de agregación, tal como se visualiza en los mapas obtenidos. Dichos resultados concuerdan con la distribución espacial determinado en otros organismos por Conrad et al. (2006) y Ramírez & Porcayo (2009).

Los valores de cero en el efecto pepita de los diferentes modelos ajustados, permiten afirmar que la escala de muestreo fue correcta, y que el error de muestreo fue mínimo (Oliver & Webster 1991) por lo que los modelos ajustados tienen un 98% de credibilidad (Liebhold & Sharov 1998). Además las funciones estadísticas permitieron validar los modelos del tipo gaussiano en la parcela 1, así

como los de tipos esféricos y gaussiano ajustados en la parcela 2 en las diferentes fechas de muestreo.

El ajuste de las poblaciones de trips al modelo gaussiano, en la parcela 1 indica que en todas las fechas de muestreo el comportamiento de la agregación se expresa en forma continua dentro de la plantación, lo que implica el avance de las infestaciones de trips a árboles de aguacate vecinos. Esto posiblemente es debido a que la variedad Hass tiene la misma susceptibilidad, además permite inferir que las condiciones ambientales dentro de la parcela son muy similares para las infestaciones del insecto durante las diez fechas de muestreo.

En la parcela 2 el ajuste de la distribución espacial al modelo esférico, durante febrero a abril y agosto, indica que las agregaciones del insecto se presentan en mayor cantidad en ciertas zonas de la parcela respecto al resto de puntos considerados en el muestreo. Es decir, los centros de agregación son aleatorios dentro de la zona de infestación de la parcela, posiblemente como resultado del tipo de diseminación del insecto que se da a través del viento que origina infestaciones en zonas específicas, dichas zonas se observan en los mapas obtenidos. La agregación ajustada al modelo gaussiano en las fechas de mayo a julio y de septiembre a noviembre muestra una manifestación continua en su distribución, avanzando a otras partes de la parcela de aguacate, a pesar de que nunca alcanzó una infestación del 100%.

La alta dependencia espacial permite suponer que las poblaciones de trips dependen entre sí y su nivel de agregación es alto (Rossi et al. 1992).

En los mapas de densidad se observan los centros de agregación de las poblaciones de trips, que desde el punto de vista de protección de cultivos permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control del insecto (Fleischer et al. 1997; Rong et al. 2006) generando beneficios económicos al realizar con menor frecuencia las aplicaciones de plaguicidas, menor uso de combustible, menor impacto al medio ambiente, retardar el desarrollo de resistencia del insecto al no tratar toda la superficie del cultivo (Fleischer et al. 1999), además nos permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación. Dichos mapas pueden conducir al manejo con precisión de plaga tal como lo mencionan Fleischer et al. (1997). Paralelamente, Weisz et al.

(1996) señalan que los mapas pueden llegar a ser de gran ayuda en el manejo con precisión de insectos plaga, proporcionando una herramienta para obtener ahorros económicos al reducir la cantidad de insecticida a utilizar. El manejo de focos de infestación permitirá obtener frutos de aguacate con una mayor inocuidad, tal como lo solicitan los mercados de exportación, según la Asociación de Empacadores y Exportadores de Aguacate del Estado de Michoacán (ASEEAM 1998). La mejora de la sanidad permitirá tener una mayor productividad del cultivo de aguacate para el beneficio de los productores. Los mapas permitieron identificar áreas infestadas y libres de infestación, tal apreciación permite indicar que el trips no invade el 100% de la superficie de las parcelas analizadas en la región de Susupuato, Michoacán. La determinación de áreas libres de infestación de trips dentro de las parcelas estudiadas concuerdan con lo reportado por Ramírez & Porcayo (2008) quienes obtuvieron mapas con áreas libres de infestación de *Jacobiasca libica* en viñedos. El conocimiento de las áreas infestadas de trips permiten precisar el posible ahorro económico obtenido con la implementación de estrategias de control dirigidas a los centros de agregación (Sciarretta & Trematerra 2006), sobre todo si consideramos las aplicaciones semanales que realizan contra la plaga sobre toda la superficie del aguacatero.

La estabilidad espacio temporal encontrada en el presente estudio es de gran utilidad ya que nos permite conocer la permanencia del insecto en puntos específicos dentro de la parcela. Dicha estabilidad nos permite realizar acciones de control de tipo preventivas y focalizadas, esto para mantener bajos niveles de infestación. La estabilidad a corto plazo encontrada puede deberse a el hecho de la poca movilidad de trips, lo cual nos puede indicar que no existen nuevos centros de agregación entre las comparaciones, o bien, no son significativas, también nos muestra que los métodos de control utilizados no tuvieron un efecto en la reducción de la población o centro de agregación entre una fecha y otra, o bien, no lograron romper tal ciclo de reproducción del insecto. Finalmente, otra posible causa que origine la estabilidad espacial es la permanente presencia de maleza, dentro de las parcelas de aguacate, que funcionan como reservorio de los trips, tal como lo menciona Jiménez (1987) quien recomienda el mantener los huertos libres de maleza, ya que sirven de refugio o como hospederas alternantes de los trips. El barbechar el suelo después de la cosecha y antes de la próxima floración, principalmente debajo del do-

sel del árbol, puede contribuir a eliminar las pupas de los trips, ya que se exponen al efecto del sol, el viento o las altas temperaturas, lo que ocasiona su desecación y muerte.

## AGRADECIMIENTOS

Al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y al productor de aguacate en Michoacán: Comunidad de Susupuato, Claudio Ortega.

## LITERATURA CITADA

- Ascensión, B. G., M. H. Bravo, H. H. González, R. Johansen & R. E. Becerril. 1999. Fluctuación poblacional y daño por trips en aguacate cv. Hass. IV Congreso Mundial del Aguacate. Revista Chapingo Serie Horticultura, 5: 291-296.
- ASEEAM, 1998. El aguacate mexicano: producción y destino, Uruapan, Michoacán.
- Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. Secretaría de educación en el Estado de Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2004. EDDISA. 143-150.
- Blom, E. P. & S. J. Fleischer. 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environmental Entomology, 30: 350-364.
- Bressan, A., J. F. Moral, O. Sémétey & E. Boudon-Padieu. 2010. Spatio-temporal pattern of *Pentastiridius leporinus* migration in an ephemeral cropping system. Agricultural and Forest Entomology, 12: 59-68.
- Cambardella, C., T. Moorman, J. Novak, T. Parkin, D. Karlen, R. Turco & A. Konopka. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American Journal, 58: 1501-1511.
- Conrad, K. F., J. N. Perry, I. P. Woiwod & C. J. Alexander. 2006. Large scale temporal changes in spatial pattern during declines of abundance and occupancy in common moth. Journal of Insect Conservation, 10: 53-64.
- Englund, E. & A. Sparks. 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, USA.
- Fischer, J. B., & T. L. Davenport. 1989. Structure and development of surface deformation on avocado fruits. Hort Science, 24: 841-844.
- Fleischer, J., E. P. Blom & R. Weisz. 1999. Sampling in Precision IPM: When the objective is a map. Phytopathology, 89: 115-118.
- Fleischer, S., R. Weisz, Z. Smilowitz & D. Midgarden. 1997. Spatial variation in insect populations and site-specific integrated pest management. Pp. 101-130, in: The state of Site-Specific Management for Agriculture (F. J. Pierce & E. J. Sadlerb, eds.) ASA miscellaneous Publication. Madison, WI.
- González H., C. M. Sosa, M. González, & A. R. Valle de la Paz. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.). Pp. 209-210, en: Avances de investigación, 1997. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- González-Hernández, H., R. Johansen, L. Gasca, A. Equihua, A. Salinas, E. Estrada, F. Duran, & A. Valle. 2000. Plagas del aguacate. Pp. 177-186, in: El Aguacate y su Manejo Integrado (D. Téliz ed.) Ediciones Mundi Prensa. México, DF.
- Hevesi, J., J. Istok & A. Flint. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I. Structural analysis. Journal of Applied Meteorology, 31: 661-676.
- Hoddle, M. S. 2002. Development and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): review avocado. California Bulletin Entomology Research, 92: 279-285.
- Isaaks, E. H. & R. M. Srivastava. 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. Mathematical Geology, 20: 313-341.
- Isaaks E. H. & R. M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York.
- Jiménez, R. P. 1987. Plagas y enfermedades que limitan la producción del aguacate y su control en el estado de Michoacán.UCAIM. Revista No. 10. Uruapan, Mich. México.

- Journel, A. G. & C. J. Huijbregts. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, London, U.K.
- Korie, S., J. Perry, M. Muggleston, S. Clark, C. F. Thomas, & R. Mohamad. 2000. Spatiotemporal association in beetle and virus count data. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, 5: 214-239.
- Liebhold, A. & A. Sharov 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. Pp. 1-17, in: *Population and community Ecology for insect management and conservation* (J. Baumgartner, P. Brandmayr & B. F. J. Manly eds.) Balkema, Rotterdam.
- Oliver, M. & R. Webster. 1991. How geostatistics can help you. *Soil Use and Management*, 7: 206-217.
- Perry, J. 1995a. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. Pp. 221-242, in: *Ecology and Integrated Farming Systems* (D. M. Glen, M. A. Greaves & H. M. Anderson eds.) Wiley, Chichester, England.
- Perry, J. 1995b. Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 64: 303-314.
- Perry, J. N. & M. Hewitt. 1991. A new index of aggregation for animal counts. *Biometrics*, 47: 1505-1518.
- Perry, N. & Z. Klukowsky. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. Pp. 103-108, en: VI Conferencia de la sociedad de biometría. Córdoba, España.
- Ramírez, J. F. & E. Porcayo 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca líbica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*, 34: 169-175.
- Ramírez, J. F. & E. Porcayo 2009. Estudios de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México, utilizando el método de SADIE. *Madera y Bosques*, 34: 93-111.
- Rong, J., L. Dian-Mo, X. Bao-Yu, L. Zhe & M. Dong-Li. 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., J. Mulla, G. Journel & H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62: 277-314.
- Salgado S. M. L. 1993. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas. In: *Memorias Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el Estado de México*. Pp: 191-212.
- Samper, F. J. & J. Carrera. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la hidrología subterránea*. 2nd ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería, Barcelona, España.
- Sciarretta A. & P. Trematerra. 2006. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia inatella* males in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology*, 130: 73-83.
- Sciarretta, A., A. Zinni, A. Mazzocchetti & P. Trematerra. 2008. Spatial analysis of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) male population in a mediterranean agricultural landscape in Central Italy. *Environmental Entomology*, 37: 382-390.
- Sciarretta, A., P. Trematerra & P. Baumgärtner. 2001. Geostatistical analysis of *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*, 47: 174-184.
- Speight, M., R. Hails, M. Gilbert & A. Foggo. 1998. Horse chestnut scale (*Pulvinaria Regalis*) (Homoptera: Coccidae) and urban host tree environment. *Ecology*, 79: 1503-1513.
- Syrjala, E. 1996. A statical test for a difference between the spatial distributions of two population. *Ecology*, 77(1): 75-80.
- Téliz, O. D. & P. F. J Marroquin. 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. Pp. 3-28, en: *El aguacate y su manejo integrado*. (2da edición) (D. Téliz ed.) Editorial Mundi Prensa. México.
- Weisz, R., S. Fleischer & Z. Smilowitz. 1996. Site-specific integrated pest management for high value crops: Sample units for map generation using the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) as a model system. *Journal Economic Entomology*, 88: 1069-1080.