



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**SIMULACIÓN ESPACIAL DE LAS POBLACIONES DE TRIPS
(*Frankliniella Occidentallis*) EN EL CULTIVO DE AGUACATE EN
COATEPEC HARINAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

FATIMA IRAIS MALDONADO ZAMORA

COMITÉ DE TUTORES:

Dr. José Francisco Ramírez Dávila

Dr. Martín Rubí Arriaga

Dra. Xanat Antonio Némiga



**CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO" PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA,
ESTADO DE MÉXICO. MARZO 2017.**

La pasión es el inicio del éxito

Robert Kiyosaki

DEDICATORIAS

A mi madre María Elena Zamora Montiel por está conmigo siempre, en las buenas y en las malas apoyando mis locuras aunque sé que es difícil.

A mi sobrino Rafael Gustavo Valdez por siempre ayudarme a descubrir lo mejor de mí y estar conmigo en este camino llamado vida.

A mi tita María del Socorro Montiel Anaya por enseñarme las lecciones más grandes de la vida.

A mi familia por mostrarme que a pesar de los inconvenientes todo es mejor estando juntos.

A la familia Lara Díaz, especialmente a Ana Veronica Lara Diaz por acogerme en los peores momentos y fortalecer mis debilidades.

Al Dr. Cesar Vences Contreras por infundir en mí la pasión por la investigación y más que eso, su amistad sincera a pesar del tiempo y la distancia... Gracias Doctor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mostrarme cada día su amor infinito hacia mí, aunque a veces sus respuestas no sean lo que más deseo.

A la Universidad Autónoma del Estado de México que a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas ha albergado la superación profesional de una servidora.

A los profesores quienes cada día dejan de lado su vida por infundir sus conocimientos en los alumnos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado para la realización de la investigación doctoral.

Al Doctor José Francisco Ramírez Dávila por su amistad y apoyo incondicional brindado a lo largo de todos estos años... Mil gracias.

Al Doctor Martin Rubi Arriaga por sus consejos y apoyo profesional y personal.

A la Doctora Xanat Antonio Némiga por colaborar siempre para hacer crecer la investigación.

A mis compañeros y amigos Ana Veronica Lara, Roberto Rivera, David Acosta quienes además de consejos profesionales me brindaron cariño sincero. Sin ustedes no habría podido llegar a este momento.

RESUMEN

El sabor, textura y calidad son algunas de las características que hacen que el aguacate mexicano sea de los más demandados, y aunque el fruto ha trascendido fronteras; hay situaciones en campo que deben ser atendidas para poder seguir avanzando, uno de estos problemas son los fitosanitarios que han provocado; el uso excesivo e inadecuado de plaguicidas causado graves daños al ambiente y a la salud humana; por ello la búsqueda de nuevas técnicas que coadyuven a mitigar los impactos generados durante los últimos años. Por ello se realizan trabajos enfocados en la planeación y muestreo sistematizado de plagas, que tienen como propósito proveer información necesaria que permita el uso adecuado de plaguicidas y esto dé pie a la generación de una agricultura más sustentable. Uno de los insectos que representa un problema en la producción de aguacate es trips que daña plantaciones de aguacate como en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, por ello, el estudio se realizó con el objetivo de analizar la distribución espacial y la estabilidad, espacio temporal y su modelización espacial de trips. Los resultados muestran que la geoestadística logró establecer patrones espaciales de trips y determinar su estabilidad espacio-temporal. En los mapas de cada muestreo pueden ser visualizados diversos centros de agregación, con ello se pueden poner en marcha acciones preventivas hacia determinados puntos de incidencia de trips como la aplicación de insecticidas a árboles o área de las parcelas con infestaciones mayores.

Palabras clave: Distribución espacial, *Persea americana* Mill, Geoestadística.

ABSTRACT

The taste, texture and quality are some of the characteristics which make the Mexican avocado is the most popular, and although the fruit has transcended borders; there are situations in the field that must be addressed in order to move forward, one of these problems are the phytosanitary which have led to the use of excessive and inappropriate use of pesticides caused serious damage to the environment and to human health; therefore the search for new techniques that help to mitigate the impacts generated during the last few years. This is why work is focused on the planning and systematic sampling of pests, which are intended to provide necessary information to enable the proper use of pesticides and this will result in the generation of a more sustainable agriculture. One of the insects that represents a problem in the production of Avocado thrips that damages avocado plantations in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico, therefore, the study was carried out with the aim to analyze the spatial distribution and temporal stability, space and its spatial modeling of trips. The results show that the geostatistics managed to establish spatial patterns of trips and determine their spatial-temporal stability. In the maps of each sampling can be displayed several centers of aggregation, it can put in place preventive actions to certain points of incidence of trips as the application of insecticides to trees or area of the plots with heavy infestations.

Key words: Spatial Distribution, *Persea americana* Mill, geostatistics.

ÍNDICE

Dedicatorias	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de figuras	vii
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	4
2.1 Origen e Historia del aguacate	4
2.2 Origen del nombre del aguacate	6
2.3 Clasificación taxonómica del aguacate	6
2.4 Situación del cultivo a nivel mundial	7
2.5 Requerimientos edafoclimáticos	7
2.6 Fases fenológicas del aguacate	8
2.6.1 Fase vegetativa	8
2.6.2 Floración	9
2.5.3 Fructificación	10
2.5.4 Maduración del fruto	10
2.7 Enfermedades más comunes del aguacate	10
2.8 Plagas del aguacate	12
2.9 Sistemas de Posicionamiento Global GPS	16
2.10 Estadística Espacial	17
2.11 Geoestadística	18
2.11.1 Ventajas del uso de la geoestadística	19
2.11.2 Etapas comprendidas en un análisis geoestadístico	20
2.11.3 Semivariograma	21
2.11.4 Tipos de semivariograma	22
2.11.5 Parámetros del semivariograma	26
2.12 Krigeado	26
2.13 Validación	34
2.14 Nivel de dependencia espacial	36
2.15 Geoestadística aplicada a estudios entomológicos	36
2.16 Caracterización de la zona de estudio	38
III. Justificación	41
IV. Hipótesis	43
V. Objetivos	43
VI. Materiales y Métodos	44
6.1 Zona de estudio	44
6.2 Establecimiento de parcelas y muestreo	45
6.3 Aplicación de geoestadística	46
6.4 Validación	48
VII. Resultados y Discusión	49
Capítulo I	50

	Capítulo II	84
	Capítulo III	96
	Capítulo IV	127
	Capítulo V	143
VIII.	Discusión general	160
IX.	Conclusiones	163
X.	Literatura citada	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <u>Ciclo biológico de trips</u>	15
Figura 2. <u>Gps utilizado en los muestreos</u>	17
Figura 3. <u>Ejemplo de semivariograma esférico</u>	25
Figura 4. <u>Ejemplo de semivariograma potencial</u>	25
Figura 5. <u>Mapa de localización del municipio de Coatepec Harinas</u>	44
Figura 6. <u>Trampas usadas en el muestreo de trips</u>	46

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos a nivel mundial ha hecho que los mercados internacionales tengan más apertura y puedan ofertar sus productos, lo que representa un crecimiento económico y agrícola para cada país.

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un ejemplo claro de un fruto que hoy día es demandado en diversos países; es el tercer producto agropecuario con mayor exportación después de jitomate y café. En México este cultivo se encuentra cultivado en 27 estados de la república, de los que destacan por su volumen de producción Michoacán, Jalisco, México, Nayarit, Morelos y el Estado de México.

Una de sus principales limitantes en la producción y comercialización son las barreras de carácter fitosanitario como lo son las plagas insectiles Trips (*Thysanoptera*), barrenador de ramas *Copturus aguacatae* y *Copturus constrictus* Champion, los barrenadores pequeños de la semilla de aguacate *Conotrachelus perseae* Barber *Conotrachelus aguacatae* Barber, palomilla barrenadora de la semilla de aguacate *Stenomoma catenifer* Walsingham, barrenador grande de la semilla *Helipus lauri* Boheman araña roja (*Oligonychus punicae*, Hirst), entre otras más (SENASICA 2015).

Los trips son insectos plaga que han adquirido importancia en el cultivo de aguacate, debido a que estos pequeños insectos se alimentan del fruto, formando crestas o protuberancias sobre el pericarpio (Salgado et al., 2000). Las deformaciones son más visibles cuando el fruto madura (Fisher y Davenport, 1989; González *et al.*, 2000) lo que ocurre con *Frankliniella* y *Neohydatothrips*, muy probablemente por larvas y adultos. En frutos jóvenes se forma una cicatriz de color castaño oscura, aunque comúnmente se observan cicatrices pequeñas, a veces alargadas (Hoddle, 2002). Ascensión *et al.* (1999) y Johansen *et al.* (1999) afirmaron que éste síntoma asociado a trips aparece en el fruto pequeño, aunque no se ha precisado las etapas fenológicas más afectadas.

Las infestaciones de trips dentro de las parcelas de aguacate se ha hecho un problema cada vez más común, y se ha observado el incremento de esta plaga anualmente y a pesar de que se hace control químico en las parcelas este no ha sido suficiente y eficiente, por lo que se buscan nuevas alternativas de control que nos permitan mitigar la plaga dentro del cultivo de aguacate. La realización de monitoreo del insecto-plaga trips nos permite conocer las zonas infestadas así como su manejo focalizado para cada área de la parcela los datos generados a través de técnicas geoestadísticas son de importancia dado que nos permiten hacer una visualización del comportamiento de la plaga en tiempo real, estudios como este en distribución espacio-temporal, proporcionan los fundamentos de la dinámica de las plagas a través del tiempo, este tipo de estudios también los han realizado autores como: (Isaaks y Srivastava, 1988; Rossi *et al.*, 1992;

Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer, 2001 y Ramírez *et al.*, 2002), como objetivo de investigación se tuvo analizar el comportamiento de la plaga en las parcelas de estudio dentro del municipio de Coatepec Harinas, y conocer el tipo de patrón espacial que sigue el insecto y sus focos de infestación, todo esto con la finalidad de tener nuevas bases de conocimiento en el manejo eficiente de plagas y enfermedades en campo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen e Historia del aguacate

El aguacate es nativo de América. El árbol se originó en México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. La antigüedad registrada de restos fósiles de aguacate encontrados en el Valle de Tehuacán en el Estado de Puebla es de 8,000 años. Los primeros pobladores de América Central y del Sur y Centro de México probablemente domesticaron al aguacate al descubrir su exquisito sabor (Téliz y Marroquín, 2007). México es el país con más amplia diversidad de tipos de aguacate con al menos 20 especies.

Se ha reportado que el aguacate está presente en zonas boscosas y selvas con un clima tropical, subtropical y templado-cálido de Centroamérica, y Sureste mexicano y en las regiones centrales de México en donde se han encontrado diversas variedades silvestres de aguacate.

El origen y domesticación del aguacate tuvo lugar en las partes altas del centro y Este de México y Guatemala. Entre los años 8000 y 7000 antes de Cristo, culturas antiguas contaban con un buen conocimiento acerca de este fruto y sus variedades, como se muestra en el CódXice Florentino, donde se mencionan tres tipos de aguacate, que de acuerdo a su descripción 'aoacatl' podría tratarse de *Persea americana* var. *Drymifolia* (Raza mexicana), 'tlacacolaocatl' a *Persea*

americana var. Americana (raza antillana) y 'quillaoacatl' a *Persea americana* var. Guatemalensis (raza guatemalteca) (Barrientos y López-López, 1999).

Las variedades que actualmente conocemos de aguacate (*Persea americana* Mill) se han producido por hibridaciones de distintos materiales trasladados desde sus centros de origen (Whiley, *et al.*, 2002). Se clasifica en tres subespecies o razas ecológicas: americana, guatemalensis y drymifolia; son tres razas ecológicas que se desarrollaron en distintas áreas y que también se conocen como antillana guatemalteca y mexicana, respectivamente. Se diferencian en la altura de planta, en la forma y tamaño del fruto, color de follaje y adaptación a diferentes condiciones climáticas y de suelo.

La variedad Hass fue patentada en 1935 por Rudolph Hass, en Habra Heights (California), en virtud de la calidad de sus frutos, alto rendimiento en producción y maduración tardía, comparado con otras variedades importantes para la época. La variedad Hass es la más conocida y comercializada en el mundo (Téliz y Marroquin, 2007), fue obtenida por una semilla de una planta guatemalteca en un huerto de Rudolph Gay Hass en la Habra, California en 1926 y patentado en 1935. Esta variedad es altamente productiva, puede alcanzar alrededor de 16 toneladas por hectárea. La floración principal ocurre de diciembre a marzo y la cosecha de noviembre a abril. Ocasionalmente presenta una floración entre agosto y octubre, denominada loca por estar fuera del periodo normal. En general se estima que en la variedad Hass, en el período de flor a fruto oscila entre 9 y 14 meses, aumentando con la altura sobre el nivel del mar.

2.2 Origen del nombre del aguacate

La palabra aguacate se deriva de “ahuácatl, debido a la forma de los frutos de algunas variedades. Los aztecas llamaban “ahuacacuáhuatl” a la planta, palabra proveniente de dos vocablos, “ahuácatl”, y “cahuatl, árbol o sea “árbol de aguacate” (Quintanar, 1963).

2.3 Clasificación taxonómica del aguacate

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnolipsida

Subclase: Magnoliidae

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: Persea Mill.

Consultado 2016: (<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PEAM3>)



2.4 Situación del cultivo a nivel mundial

A nivel mundial los principales productores de aguacate, produjeron 3.5 millones de toneladas. México es el principal productor ya que aporta el 31% de la producción mundial, Chile es el segundo país productor aportando el 9% de la producción mundial. Destacan también República Dominicana e Indonesia como importantes productores (FAO, 2012). Las exportaciones mundiales de aguacate mexicano se han incrementado en los últimos años por la creciente demanda en algunos países y la apertura comercial.

En los últimos años, países industrializados como EE.UU. y Japón han consolidado su demanda por esta fruta, siendo los principales países importadores de aguacate. EE.UU. es el principal importador de aguacate con 314 mil toneladas. Francia es el segundo país importador de aguacate con 94 mil toneladas. Países bajos, España, Reino Unido y Canadá, en conjunto captan el 36% de las importaciones mundiales, es decir una tercera parte del total de las mismas. Las importaciones del aguacate en los últimos años han desarrollado un crecimiento acelerado y la demanda del fruto va en aumento (SAGARPA, 2014).

2.5 Requerimientos Edafoclimáticos

Suelo: Se adapta a diversos tipos de suelo, desde los arenosos hasta los compactos, prefiriendo un suelo franco y moderadamente profundo con poca salinidad, ya que es aguacate es muy susceptible al exceso de sodio. El pH óptimo

para el desarrollo del aguacate oscila entre 6.0 a 7.5, aunque puede variar según la raza o variedad (Ibar, 1983). Según lo reportado por Benacchio (1982), es indispensable que el terreno posea buen drenaje.

Precipitación: El aguacate requiere una precipitación media anual entre 800 y 1000 mm anuales, aunque la raza antillana requiere hasta 2000 mm y la guatemalteca hasta 1500 mm anuales. (Ibar, 1983).

Temperatura: el aguacate crece en un rango de 10 a 35°C con un rango óptimo entre 15 a 30° C, esta situación también varía según la raza (Benacchio, 1982).

Fotoperiodo: En cuanto a la luz, el aguacate se comporta como una planta de día corto (FAO, 1994) pero requiere mucha insolación y lugares con vientos moderados, ya que podrían provocar caída de flores y afectar la producción (Benacchio, 1982).

2.6 Fases fenológicas del aguacate

2.6.1 Fase vegetativa

Rodriguez en 1992, esquematiza los estados fenológicos de la fase vegetativa del aguacate en cinco estados, de acuerdo a la evolución y desarrollo de las yemas vegetativas.

- Yema terminal delgada y alargada
- Yemas hinchadas
- Brotes con 4-5 hojas
- Brote juvenil rojo o rosado
- Diferenciación de las hojas

2.6.2 Floración

La inflorescencia del aguacate ocurre en las ramas de un año de edad y en los brotes del mismo año. De aquí la importancia de una poda adecuada, para mantener o cuidar estas ramas secundarias y eliminar las posibles ramas “chuponas” (únicamente vegetativas).

El aguacate tiende a producir naturalmente la floración y por consiguiente la fructificación, en una forma alejada del eje, la floración es típicamente lateral, es decir que la yema terminal de la rama se desarrolla en forma vegetativa, aunque este desarrollo será diferente según las variedades. Cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos. Por esta razón, las variedades se clasifican, con base en el comportamiento de la inflorescencia, en dos tipos A y B, en ambos tipos las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura (Cabezas *et al.*, 1992).

2.6.3 Fructificación

Cuando culmina el proceso de la floración ya se ha producido la fecundación y las primeras divisiones celulares que le siguen, en este momento el fruto alcanza el estado fenológico de “amarre”, de ahí en adelante comienza el proceso de desarrollo del fruto, el cual culmina con la madurez final del mismo que tiene un tiempo variable. (Zilkah y Klein 1987).

El fruto pasa por tres fases distintas, las cuales son:

- A. La de multiplicación celular (duración de 10 a 15 días)
- B. El engrosamiento celular (duración variable)
- C. La maduración

2.6.4 Maduración del fruto

Una vez alcanzado el volumen natural del fruto, la etapa final del desarrollo consiste en una serie de transformaciones físico-químicas a partir de las cuales culmina el proceso previo a la cosecha del producto, en el ciclo natural, este se desprende cayendo y descomponiéndose (Rodríguez, 1992).

2.7 Enfermedades más comunes del aguacate

Pudrición de la raíz (también conocida como tristeza del aguacatero): La pudrición de raíces es la enfermedad más importante del aguacate, es causada

principalmente por el hongo *Phytophthora cinamoni*, aunque (*P. citricola*, *P. cactorum*, *P. parasítica*, *P. palmivora*, *P. heveae*). El hongo causante ataca la base del tallo y lo coloniza totalmente, evita la absorción de agua y su transporte al follaje, produce marchitez, secamiento y muerte repentina del árbol.

Mancha negra o cercospora: Es ocasionada por el hongo *Cercospora purpurea* Cooke, la alta precipitación y la mala nutrición de las plantaciones agrava su severidad. Esta enfermedad ataca a las hojas y produce lesiones pequeñas color marrón oscuro, provocando la caída de todo el fruto del árbol. En poscosecha, ocasiona la llamada mancha negra en el fruto.

Polvillo o Mildiu *Oidium* sp: Esta enfermedad se manifiesta con la aparición de polvillo blanco sobre las inflorescencias, frutos y hojas, causando su caída. Además, las hojas afectadas se deforman y posteriormente aparecen en ellas manchas irregulares color negro. Este hongo requiere de poca humedad relativa para desarrollarse.

Antracnosis: Enfermedad causada por *Colletotrichum Gloeosporioides*. Penetra en las lesiones ocasionadas por otros hongos, se desarrolla antes de la cosecha y se manifiesta en poscosecha, atacando a los frutos cuando casi están para cosechar. Inicialmente se manifiesta con manchas redondas color marrón, paralelamente, el hongo produce una pudrición en la pulpa de fruto, que ocasiona un sabor desagradable y avanza hasta colonizar el hueso.

Cancro del aguacate (*Phytophthora bohemeriae* Sawad): Se encuentra en la base del tronco hasta la altura de un metro, su importancia radica en la velocidad de

desarrollo y capacidad de daño alrededor del tronco. Reduce el vigor del árbol con producción de frutos pequeños y de mala calidad.

Fusariosis: Ataca directamente la raíz del árbol en cualquier estado de desarrollo, provocando pudrición y secamiento en las hojas. Es importante destruir los troncos viejos y quemarlos para eliminar la enfermedad.

Roña: El hongo *Sphaceloma perseae* afecta a la hojas, principalmente las nuevas, y daña a los frutos, deteriorando su calidad estética. En el fruto son lesiones irregulares color marrón de apariencia corchosa, estas lesiones no son superficiales y no afectan la pulpa. En ataques severos, los brotes y las hojas se necrosan, se enroscan hacia arriba y pueden llegar a morir.

<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Monograf%C3%ADa%20del%20aguacate.pdf>

2.8 Plagas del aguacate

Existen al menos 49 especies que se consideran como plaga para los arboles de aguacate pero solo 12 se consideran de mayor importancia, entre ellas tenemos las siguientes:

Barrenadores de hueso: Estos insectos depositan sus huevecillos en los frutos de unas perforaciones que hacen las hembras con su pico, de tal manera que quedan los huevecillos en contacto con la pulpa del fruto y aislados del exterior por un sello que deja la hembra, su ciclo biológico desde la ovoposición hasta la emergencia es aproximadamente de 77 días, la larva pasa por cinco estadios larvarios, con una duración promedio de 20 días, el estado de pupa dura

aproximadamente unos 13 días (Ortega y Llanderal, 1990). Es considerada como de las plagas más importante del aguacate ya que pueden causar pérdidas del 40% al 85% del total de la producción, el fruto es atacado desde el cuajado del fruto provocando perforaciones a causa de la ovoposición de los adultos, estas perforaciones se pueden observar desde el exterior del fruto en forma de media luna (Ortega y Llanderal, 1990).

Barrenadores de rama: Los adultos son de cuerpo robusto, de coloración que va del pardo-rojizo. Los machos tienen una longitud aproximada de 4 mm y las hembras de 5.2 mm, las hembras ovipositan en brotes tiernos del árbol, aunque también llegan a barrenar en infestaciones muy severas ramas gruesas, la incubación de los huevos dura de 10 a 12 días, las larvas pasan por cinco estadios con un periodo de 108 a 117 días, la pupación dura alrededor de 17 a 19 días y se lleva a cabo dentro de los túneles de las ramas de donde posteriormente emergen como adultos. El daño inicial consiste en lesiones producidas por su aparato bucal de los adultos en brotes tiernos, muchas de estas lesiones son utilizadas como sitio de ovoposición de las hembras. Las larvas que eclosionan barrenan a través de la epidermis hasta llegar a la medula de la rama. En infestaciones severas pueden ocasionar caída de las ramas ayudado de factores como el clima y el peso de los frutos (García *et al.*, 1986).

Trips (Insecta: Thysanoptera): Los trips son pequeños insectos que pueden medir de 0.3 a 1.4 mm de longitud, de color blanco, amarillo pálido a castaño oscuro (Johansen *et al.*, 1999). Una de sus características principales son los dos pares de alas largas que pueden llegar a cubrir el abdomen; son muy estrechas y

presentan en sus márgenes pelos muy finos que forman flecos. Poseen un aparato bucal picador chupador. En general se les puede encontrar en poaceas, hojarascas, musgos, hongos y líquenes. La mayoría son fitófagos, aunque también existen especies depredadoras y parasitoides (Johansen *et al.*, 1999). Existen aproximadamente 5000 especies conocidas de trips, los cuales se ubican en dos subórdenes y ocho familias. Sin embargo son pocas las especies, especialmente de la familia Thripidae, que son plagas de diferentes cultivos (Lewis, 1973).

Los trips presentan cinco etapas de desarrollo en los del suborden Terebrantia: huevecillo, cuatro formas inmaduras (dos larvales, prepupa y pupa) y adulto (Figura 1) mientras que en el suborden Tubulifera, la pupa tiene tres estadios: primipupa, prepupa y pupa. El desarrollo de huevecillo a adulto requiere, dependiendo de la especie y temperatura, entre 9 y 35 días.

En plantaciones de aguacate las más altas poblaciones de los trips se presentan en temporada de sequía, posteriormente durante el periodo de lluvias la población baja notablemente, para empezar de nuevo a aumentar cuando las lluvias se terminan. El pico poblacional de febrero a mayo corresponde al periodo de altas temperaturas (González *et al.*, 2000).

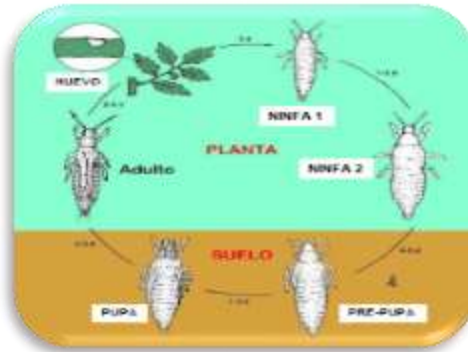


Figura 1. Ciclo biológico del trips

De acuerdo con Johansen *et al.*, 1999 en el cultivo del aguacate se presentan de manera importante nueve especies de trips, de las cuales seis son fitófagas como *Frankliniella bruneri* Watson, *Scirtothrips aguacatae* Johansen y Mojica S. *perseae* Nakahara, *S. kupandae* Johansen y Mojica, *Heliethrips haemorrhoidalis* y *Pseudophilothrips perseae* (Watson) y tres depredadoras como *Aeolothrips mexicanus*, *Franklinothrips vespiformis* (D. L. Crawford) y *Leptothrips mcconelli* (D. L. Crawford).

El principal daño lo ocasionan por el rompimiento de las células epidérmicas de las plantas, por lo cual se origina el necrosamiento de estas áreas, que posteriormente son invadidas por bacterias y hongos (Ascensión *et al.*, 1999).

Los trips son una de las plagas que actualmente ha adquirido mayor importancia en los huertos comerciales de aguacate. En este cultivo, los trips pueden provocar la malformación de los frutos, la caída prematura de éstos, así como también pueden provocar heridas en los tejidos vegetales al momento de alimentarse, por lo que estas lesiones pueden ser los puntos de entrada de otros

microorganismos como el hongo causante de la roña del fruto del aguacate *Sphaceloma perseae*. Las malformaciones superficiales en los frutos se deben a que durante el desarrollo inicial de éstos (tamaño “cerillo” o “canica”) las heridas causadas por la alimentación de los trips provocan protuberancias superficiales en la cáscara de los frutos. Conforme estos frutos van madurando, estas deformaciones se hacen más evidentes.

2.9 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), diseñado por el departamento de defensa de los EE.UU. con fines militares, se basa en una constelación de 24 satélites que están en órbita alrededor de la Tierra a gran altitud. La altura a la que se encuentran los satélites es suficiente como para no presentar los graves inconvenientes de otros sistemas con base en la Tierra o con órbita muy baja (Hofmann y Collins, 1994).

Los sistemas GPS (Figura 3) utiliza una tecnología precisa que define posiciones casi exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día. El sistema calcula la posición de un receptor que se encuentra situado en la Tierra midiendo la distancia del mismo a un grupo de satélites. Esta distancia se calcula a partir del tiempo que tarda una señal de radio emitida por un satélite.



Figura 2. GPS utilizado en los muestreos

2.10 Estadística espacial

El término estadística espacial, en su sentido más amplio, engloba todo análisis estadístico con dimensión espacial. Las técnicas de análisis de la estadística espacial son relativamente recientes y forman parte de una rama de investigación muy activa y que está siendo aplicada no sólo en la minería, donde surgió, sino también en muchos otros campos y muy diversos: Hidrología, geología, silvicultura, meteorología, edafología, ingeniería forestal, epidemiología, climatología, industrias petrolíferas, ciencias ambientales, experimentos agrícolas, topografía, cartografía, etc.

Los métodos comúnmente utilizados en la estadística “clásica” para el estudio de las distribuciones espaciales de los organismos se basan en el uso de las distribuciones estadísticas e índices de dispersión, y por consiguiente no tienen en cuenta la exacta localización espacial de la muestra. Ello produce ciertos efectos indeseables: estos métodos en ocasiones fallan al diferenciar patrones espaciales diferentes, y sus descripciones de los patrones espaciales son

altamente dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990) y no tienen en consideración toda la información espacial disponible. A causa de estos problemas y la disponibilidad de paquete estadísticos apropiados, se ha incrementado el interés en el uso de distintas ramas de la estadística espacial. Una de las ramas más frecuentemente utilizada es la Geoestadística que tiene la ventaja de caracterizar la distribución espacial en un espectro de escalas y direcciones múltiples, además de ser independientes de la relación entre la media y la varianza.

Los métodos 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. La Geoestadística además, permite elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988; Oliver y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Liebhold *et al.*, 1993; Midgarden *et al.*, 1993; Wallace y Hawkins, 1994; Brenner *et al.*, 1998; Estrada, 1998; Liebhold y Sharov, 1998; Speight, *et al.*, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001 y Blom y Fleisher, 2001).

2.11 Geoestadística

Las ubicaciones s provienen de un conjunto D *continuo* y son seleccionadas a juicio del investigador (D *fijo*). Es importante resaltar que en geoestadística el propósito esencial es la interpolación y si no hay continuidad espacial pueden hacerse predicciones carentes de sentido. Además de lo anterior las mediciones,

no obstante sean georreferenciadas, corresponden a una agregación espacial más que a un punto del espacio. En la parte de arriba, al comienzo de este párrafo, se mencionó que D debía ser fijo. También Davis (1986) señala a la geoestadística como el estudio de datos que muestran una determinada correlación en el espacio, además, Matheron (1962) quien es considerado el padre de la disciplina la definió como la aplicación del formalismo de las *funciones aleatorias* al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales. La geoestadística es una rama de la estadística aplicada que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial en ciencias de la tierra. Su objeto de estudio es el análisis y la predicción de fenómenos en espacio y/o tiempo (Díaz, 2002). Por su parte Journel & Huijbregts (1978) señala que la geoestadística es una rama de la estadística que trata fenómenos espaciales. Petitgas (1996), la define como una aplicación de la teoría de probabilidades a la estimación estadística de variables espaciales.

2.11.1 Ventajas del uso de la geoestadística.

Según Rock (1988) permite acoplar las ventajas de la estadística y las de los métodos de interpolación, además, son variables regionalizadas, dicho de otra manera, es una variable distribuida en el espacio de manera tal que presenta una estructura espacial de correlación (Díaz, 2002). La Geoestadística constituye un marco ideal para la ubicación de puntos de muestreo de forma que se minimice la incertidumbre de estimación (Samper y Carrera 1996). Permite establecer el error asociado a la estimación, así como determinar la serie de coeficientes ponderadores para los métodos de extrapolación (De las Cuevas, 1999). Ofrece

una manera de describir la continuidad espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales, y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (Isaaks & Srivastava, 1989).

2.11.2 Etapas comprendidas en un análisis geoestadístico

a) Análisis exploratorio: comprende la aplicación de la estadística pura a los datos para obtener la mayor información posible de los datos y considerar la normalidad de los mismos. Si los datos no presentan una distribución normal, habrá que hacer ajustes usando los métodos del logaritmo base diez, logaritmo natural, coseno, entre otros.

b) Análisis estructural: consiste en estimar y modelar una función que refleje la correlación espacial de la variable regionalizada a partir de la adopción razonada de la hipótesis más adecuada acerca de su variabilidad. Esto quiere decir, que en dependencia de las características de estacionalidad del fenómeno se modelará la función de covarianzas o la de semivarianzas (Díaz, 2002).

c) Kriging: El kriging es un término que ha sido acuñado para designar al "*mejor estimador lineal insesgado*" de un punto y al mejor promedio lineal móvil ponderado de un bloque. Este nombre apareció alrededor de 1960 para nombrar una técnica creada en Francia por Matheron a partir de los trabajos de D. G. Krige quién fue probablemente el primero que hizo uso de la correlación espacial y del

mejor estimador lineal insesgado en el campo de la evaluación de yacimientos minerales.

2.11.3 Semivariograma

El semivariograma es una función matemática que expresa la evolución de la semivarianza de los incrementos de la variable regionalizada (según una dirección determinada) en función de la distancia entre muestras. A partir del semivariograma se puede calcular el error que se comete cuando se asigna el valor promedio de una serie de valores puntuales a un dominio mayor. Dicho cálculo, que recibe el nombre de varianza de estimación, permite la optimización de las técnicas de muestreo (Chica-Olmo, 1988)

La formulación teórica del variograma de una función intrínseca aleatoria esta expresado por:

$$\gamma(x_i, x_j) = \gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h) - Z(x)]$$

En donde $Z(x+h)$ y $Z(x)$ son los valores de leyes en el punto $x+h$ y x respectivamente, considerando que las variables estacionarias e intrínsecas, el promedio de $Z(x+h) - Z(x)$ es cero, el variograma resulta ser el promedio de las diferencias.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x+h) - Z(x)]^2$$

Expresado en términos numéricos para aplicación práctica, tenemos:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(x+h) - Z(x)]^2$$

Los puntos x y $x+h$ se debe entender que pueden estar en un espacio de n dimensiones como $n=1, 2$ ó 3 . En todos los casos es necesario determinar gama (h) en todas las direcciones posibles para identificar la orientación del comportamiento de la mineralización.

Si bien la expresión matemática indica que el variograma es función de h , en donde h es la distancia entre pares de muestras, esto significa que la función se creará con base en el valor promedio de la diferencia de pares de muestras que se encuentren distanciados a h metros.

2.11.4 Tipos de semivariogramas

En sentido amplio se considera por su forma que hay dos tipos principales de semivariogramas. En el primer tipo, la semivarianza se incrementa con el incremento del valor absoluto del intervalo $|h|$ hasta alcanzar un valor máximo a partir del cual se mantiene relativamente constante y oscila alrededor del mismo. Estos semivariogramas son conocidos como de tipo transitorio. El valor del intervalo a partir del cual el semivariograma no se incrementa es conocido como

alcance o rango (radio de correlación) y marca el límite de la dependencia espacial de la propiedad. La varianza máxima es conocida como "*sill*" o meseta del semivariograma y teóricamente debe coincidir con la varianza *a priori* σ^2 de la muestra de la función aleatoria $Z(x)$ (Díaz, 2002).

El segundo tipo de semivariograma aparenta un incremento sin límites, es decir son no acotados, por esto no presentan una varianza *a priori* finita.

Un aspecto del semivariograma que es importante señalar es que por definición $\gamma(0) = 0$ pero en la práctica el semivariograma muestral $\gamma^*(h)$ cuando h tiende a cero no necesariamente se anula. Esto es conocido como efecto "nugget" o pepita, y el valor del semivariograma en cero $\gamma(0)$ es conocido como la varianza "nugget" o microvarianza. En principio esto puede ocurrir solamente si existen discontinuidades en la función aleatoria. En la práctica su existencia debe a la variación espacial que no puede explicar el variograma debido a la escala del muestreo. Para un material continuamente variable el efecto *nugget* se produce a partir de la contribución de los errores de medición y la variación a distancias mucho menores que el intervalo de muestreo más pequeño (Díaz, 2002).

Aunque para el modelamiento de un variograma experimental se deben aplicar fórmulas o modelos matemáticos autorizados, estos modelos matemáticos tienen

la característica de ser una función siempre positiva para cualquier valor de $|h|$.
Los modelos autorizados son los siguientes:

Efecto de Pepita (Co): Corresponde a un fenómeno netamente aleatorio, sin correlación entre valores, y sin importar que tan próximos se encuentren ellos. Se aplica por lo general en el origen para $h=0$. En la práctica se obtiene al inferir y determinar en qué punto cruza el variograma experimental con el eje vertical. La interpretación del término "efecto de pepita" se aproxima a imaginar leyes de alto y bajo valor distantes pocos milímetros o centímetros, al aplicar la fórmula del variograma las diferencias entre ellas generan un alto valor del variograma a una distancia h de casi cero metros.

Modelo esférico: corresponde a un comportamiento del variograma de crecimiento similar a la figura 5. La expresión matemática de este modelo es:

Para valores de $h < a$

$$\gamma(h) = C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]$$

Para valores de $h \geq a$ en donde "a" es el alcance, que es la distancia "h" en donde el variograma alcanza la meseta.

$$\gamma(h) = C$$

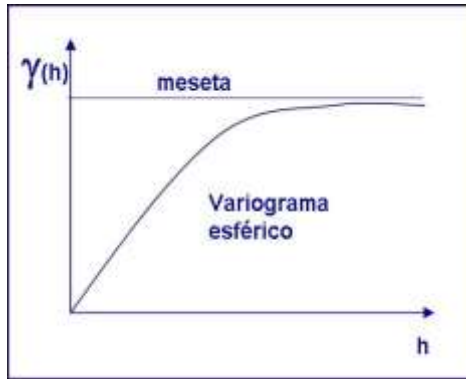


Figura 3. Ejemplo de semivariograma esférico

Modelo potencial: Corresponde a la expresión matemática

$$\gamma(h) = C |h|^\alpha \quad \text{para} \quad 0 < \alpha \leq 2$$

Donde el exponente "n" puede adoptar valores entre cero y 2, reproduciendo lo indicado en la figura 6. (El signo " \wedge " se debe interpretar como potencia "n")

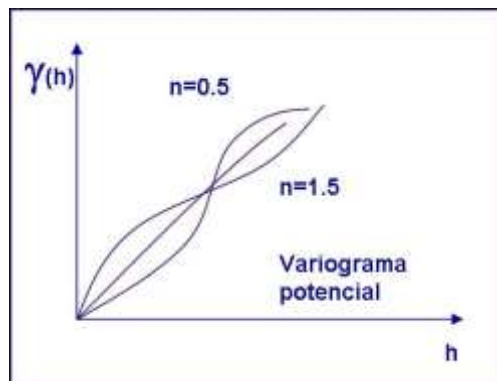


Figura 4. Ejemplo de semivariograma potencial

También se tienen definidos los modelos Gaussiano, Cúbico, función Seno. Sin embargo los tres primeros modelos descritos son los más utilizados para el modelamiento, ya sean estos en forma independiente o combinados entre sí.

2.11.5 Parámetros del semivariograma

Pepita:

Se denota por C_0 y representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen. Puede ser debido a errores de medición en la variable o a la escala de la misma. En algunas ocasiones puede ser indicativo de que parte de la estructura espacial se concentra a distancias inferiores a las observadas.

Meseta

Varianza de los datos. Se denota por C_1 o por $(C_0 + C_1)$ cuando la pepita es diferente de cero. Se sugiere que en un modelo que explique bien la realidad, la pepita no debe representar más del 50% de la meseta. Si el ruido espacial en las mediciones explica en mayor proporción la variabilidad que la correlación del fenómeno, las predicciones que se obtengan pueden ser muy imprecisas.

Rango

Es la distancia hasta la cual hay correlación entre los datos. Entre más pequeño sea el rango, más cerca se está del modelo de independencia espacial. El rango no siempre aparece de manera explícita en la fórmula del semivariograma.

2.12 Kriging

El kriging es una técnica de estimación local que ofrece el mejor estimador lineal insesgado de una característica desconocida que se estudia. La limitación a la clase de estimadores lineales es bastante natural ya que esto significa que

solamente se requiere el conocimiento del momento de segundo orden de la función aleatoria (la covarianza o el variograma) y que en general en la práctica es posible inferir a partir de una realización de la misma.

Como ya hemos planteado el estimador kriging se considera óptimo ya que es insesgado y es el que minimiza la varianza de la estimación. A partir de estos dos criterios se derivan las ecuaciones del kriging.

La condición de insesgadez: Para obtener un valor esperado del error igual a cero resulta suficiente imponer la condición:

$$E[Z_k^*] = E\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(\underline{x}_i)\right] = m;$$

Donde m es el valor esperado de la función aleatoria $Z(x)$.

Esto implica que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z(\underline{x}_i)] = E[Z_k^*]$$

Entonces

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i m = m$$

Y finalmente

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

La condición de que la estimación sea de mínima varianza: Para satisfacer esta condición hay que minimizar la siguiente función:

$$F = \sigma_e^2 - 2\mu \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 \right)$$

Donde:

σ_e^2 - es la varianza de la estimación.

μ - un multiplicador de Lagrange.

Nótese que la función F a minimizar consta de la varianza de la estimación σ_e^2 incluye la condición que garantiza el no sesgo de la estimación.

La varianza de la estimación se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_e^2 = \text{Var}[Z_k - Z_k^*] = E[(Z_k - Z_k^*)^2]$$

$$\sigma_e^2 = \text{Var}[Z_k] - 2\text{Cov}[Z_k, Z_k^*] + \text{Var}[Z_k^*]$$

Sustituyendo en esta última fórmula la expresión del estimador Z_k^* tenemos:

$$\sigma_e^2 = \text{Var}[Z_k] - 2\text{Cov}\left[Z_k, \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)\right] + \text{Var}\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)\right]$$

Desarrollando obtenemos

$$\sigma_e^2 = \sigma_{Z_k}^2 - 2\sum_{i=1}^n \lambda_i \sigma_{Z_k Z_i} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \sigma_{Z_i Z_j}$$

Si hallamos las derivadas parciales de F respecto a los coeficientes desconocidos λ_i y con respecto a μ obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} = -2\sigma_{Z_k Z_i} + 2\sum_{j=1}^n \lambda_j \sigma_{Z_i Z_j} - 2\mu = 0, & i=1, \dots, n \\ \frac{\partial F}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 = 0 \end{cases}$$

De una manera más usual se escribe como sigue:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \sigma_{Z_i Z_j} - \mu = \sigma_{Z_k Z_i}, & i=1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases}$$

El sistema de ecuaciones así obtenido sirve para el cálculo del Kriging Puntual. Y la varianza del error de la estimación se puede calcular de una manera más simple si se sustituye el valor de μ :

$$\sigma_z^2 = \sigma_{z_k}^2 - \sum_{i=1}^n \lambda_i \sigma_{z_k z_i} + \mu$$

Los tipos de kriging se pueden denominar

1. Kriging Simple: Se utiliza cuando la variable es estacionaria con media y covarianza conocidas.

2. Kriging Ordinario: Se utiliza cuando la variable es estacionaria con covarianza conocida y media desconocida.

3. Kriging con una Deriva: Cuando la media no es constante dentro de un área limitada.

4. Kriging por Bloques: Resuelve el problema de la estimación del valor promedio de una variable sobre un dominio (bloques) a partir de medidas puntuales o promediadas de la misma (Chilés y Delfiner, 1999).

5. Kriging Ordinario: Para desarrollar las ecuaciones de este kriging hay que imponer que la estimación sea lineal, insesgada y con varianza mínima:

1. Linealidad

$$Z^* = \sum_i \lambda_i Z_i$$

2. Sesgo nulo

$$E(Z^*) = E(Z), \text{ equivalente a } \sum_i \lambda_i = 1$$

3. Varianza mínima

$$E[(Z^* - Z)^2] \text{ es mínimo}$$

Desarrollando esta última expresión se obtiene:

$$\begin{aligned} E[(Z^* - Z)^2] &= E[(\sum \lambda_i Z_i - Z)^2] = E[(\sum \lambda_i Z_i - \sum \lambda_i Z)^2] = \\ &= E[(\sum \lambda_i (Z_i - Z))^2] = \\ &= E\left[\sum_i \lambda_i (Z_i - Z) \sum_j \lambda_j (Z_j - Z)\right] = \\ &= \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \quad (31) \end{aligned}$$

Este último término se puede obtener a partir de la definición del semivariograma:

$$\begin{aligned} \gamma(x_i - x_j) &= \frac{1}{2} E[(Z_i - Z_j)^2] \\ &= \frac{1}{2} E\{[(Z_i - Z) - (Z_j - Z)]^2\} \\ &= \frac{1}{2} E[(Z_i - Z)^2] + \frac{1}{2} E[(Z_j - Z)^2] - E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \\ &= \gamma(x_i - x) + \gamma(x_j - x) - E[(Z_i - Z)(Z_j - Z)] \end{aligned}$$

Se obtiene el valor esperado que aparece en la última línea. Sustituyéndolo se obtiene:

$$E[(Z^* - Z)^2] = -\sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x) + \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_j - x)$$

Sacando factor común a $\sum \lambda_i$ y $\sum \lambda_j$, que valen uno, en los dos últimos sumandos, y teniendo en cuenta que

$$\sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x) = \sum_j \lambda_j (x_j - x)$$

ya que i y j son índices de referencia, resulta la siguiente expresión de la varianza de estimación:

$$E[(Z^* - Z)^2] = -\sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + 2\sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x)$$

Para la minimización se emplea el método de los multiplicadores de Lagrange, que conduce a la siguiente función objetivo

$$\zeta(\lambda_i, \mu) = \frac{1}{2} E[(Z^* - Z)^2] - \mu (\sum_i \lambda_i - 1)$$

que hay que minimizar con respecto a λ_i y μ . Para ello se igualan a cero las derivadas parciales de (34) con respecto a los λ_i y a μ , lo que conduce al siguiente sistema lineal de (n+1) ecuaciones:

$$\sum_j \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + \mu = \gamma(x_i - x) \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

En forma matricial, este sistema tiene la siguiente expresión:

$$\begin{pmatrix} 0 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \dots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & 0 & \gamma_{23} & \dots & \gamma_{2n} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_n \\ 1 \end{pmatrix} \quad (37)$$

Donde:

$$\gamma_{ij} = \gamma(x_i - x_j) \quad \text{y} \quad \gamma_i = \gamma(x_i - x)$$

Si $-\gamma(h)$ es condicionalmente definida positiva, la matriz del sistema es siempre regular y siempre existe solución.

La varianza del error de estimación, también llamada varianza del krigeado, se obtiene teniendo en cuenta que, al ser $E(Z^* - Z) = 0$,

$$\sigma_k^2 = \text{Var}(Z^* - Z) = E[(Z^* - Z)^2]$$

de donde se deduce, tras sustituir la primera línea de (36) en (34),

$$\text{Var}(Z^* - Z) = \sum_i \lambda_i \gamma(x_i - x) + \mu$$

Esta la formulación más común del método del krigeado.

Una de las ventajas del krigeado sobre la mayoría de los interpoladores es la forma en que tiene en cuenta la distribución de los datos. Parece razonable exigir a cualquier estimador que asignase pesos máximos a los puntos situados más cerca y que estos fuesen disminuyendo a medida que aumenta la distancia entre puntos de estimación y datos. Igualmente, parece razonable exigir que si dos puntos están muy próximos, sus pesos sean menores que si están alejados. En el método del krigeado no es preciso exigir estas propiedades porque se cumplen de forma natural. En este método de interpolación el error de estimación es

mínimo y no sesgado. Es importante notar que la minimización del error se hace sobre la base de que se conoce el semivariograma con exactitud, sin embargo, la estimación del semivariograma es no sólo un proceso difícil, sino que no cuantificable. El krigado es un estimador exacto, esto es, si se trata de estimar Z en un punto de observación, el resultado será el valor medido con incertidumbre nula. Las ecuaciones de krigado no dependen de los valores medidos de las variables, sino solamente de sus posiciones y del semivariograma. La técnica del krigado permite además la posibilidad de obtener mapas de la distribución espacial de los organismos estudiados, los cuales a su vez, tienen amplias utilidades (Samper y Carrera, 1996). Los mapas de distribución espacial pueden ser de utilidad en la Agricultura de Precisión con el objeto de dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación o zonas donde se rebase el umbral de daño económico por parte de un insecto plaga (Fleischer *et al.*, 1999).

2.13 Validación

Una vez que los semivariogramas experimentales fueron ajustados a alguno de los modelos descritos fue necesario validarlos. La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989). Este método ha sido ampliamente utilizado para evaluar el grado de bondad de un modelo de semivariograma y reconocido como un método óptimo de estimación de sus parámetros. La operación de validar un semivariograma teórico ajustado a uno experimental siempre toma mucho tiempo, éste se considera como el

último de los pasos importantes del análisis de variabilidad, debido a que una vez obtenido este resultado será utilizado en la estimación por krigeado en cualquiera de sus variantes.

Este proceso se efectúa sucesivamente en todos los puntos muestrales y las diferencias entre los valores experimentales y los estimados se resumen mediante los denominados estadísticos de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989; Hevesi *et al.*, 1992). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados.

Estos estadísticos son los siguientes:

a) Media de los errores de estimación (MEE)

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

Donde: $z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable de interés en el punto x_i ; $z(x_i)$ es el valor medio de la variable de interés en el punto x_i y n es el número de puntos muestrales utilizado en la interpolación

b) Error cuadrático medio (ECM)

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

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)

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

Donde: σ_k es la desviación estándar del error esperado en la estimación del Krigado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1+2 (2/N)^{0.5}$.

- d)** Además se debe cumplir que la varianza de los errores de estimación debe ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera, 1996).

2.14 Nivel de dependencia espacial

Para conocer el grado de relación entre los datos correspondientes resulta importante establecer el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje el resultado. Si el resultado es menor de 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*, 1994).

2.13 Geoestadística aplicada a estudios entomológicos

La geoestadística aplicada a los estudios entomológicos, es una herramienta novedosa, ya que en la actualidad existen pocos ejemplos de investigaciones al respecto. Para ejemplificar lo anterior, trabajos como el de Moral, en 2004, utilizan técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de

Helicoverpa armígera mediante trampas de feromonas sexuales en una plantación de tomate. Colocaron 112 trampas con feromonas y con la aplicación del krigeado consiguieron representar diariamente las distribuciones espaciales de las capturas, lo que permitió analizar su evolución temporal ajustándose a modelos esférico o exponencial, con un alto efecto pepita. Con esta información, se realizó un plan de distribución de feromonas en la parcela para su monitoreo.

Los investigadores Brandhorst-Hubbard *et al.*, (2001), con ayuda del krigeado, elaboraron mapas de distribución espacial de las poblaciones de invertebrados del suelo, para ello elaboraron semivariogramas para las especies de invertebrados del suelo en un campo de heno de Grove Hill y otras poblaciones de Alabama. Los resultados reflejaron que la mayor cantidad de invertebrados encontrados en el suelo fueron Coleópteros y se observó que ambas estimaciones estuvieron correlacionadas positivamente.

Flores y Corredor (2000) hacen referencia a la determinación de la distribución espacial agregada en trips en el cultivo de fresa bajo cubierta mediante el análisis de semivariogramas y correlogramas, observando que los trips cambiaron su distribución en las diferentes fechas de muestreo de una forma azarosa ya que diversos estudios demuestran que la disposición de los insectos en las áreas de producción difícilmente raramente se presentan de manera uniforme en la parcela , ejemplo de ello, los trabajos de Liebhold *et al.*, 1993; Sharov, 1996; Sharov and Liebhold, 1998).

Otro ejemplo de resultados favorables para el uso de herramientas geotecnológicas, es el trabajo realizado por Cabrera *et al.* (2004) donde determinaron que la distribución espacial de *trips palmi* se presenta de manera agregada dentro de las plantaciones de papa establecidas en áreas del municipio Güira de Melena, provincia La Habana en Cuba. En este trabajo, se resalta la importancia de estudios similares para el desarrollo de planes de muestreo y manejo de plagas.

2.16 Caracterización de la zona de estudio

Ubicación geográfica Entre los paralelos 18° 48' y 19° 05' de latitud norte; los meridianos 99° 43' y 99° 54' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 3 900 m. Colinda al norte con los municipios de Temascaltepec, Zinacantepec y Toluca; al este con los municipios de Toluca, Villa Guerrero, Ixtapan de la Sal y Zacualpan; al sur con los municipios de Zacualpan y Almoloya de Alquisiras; al oeste con los municipios de Almoloya de Alquisiras, Texcaltitlán y Temascaltepec. Ocupa el 1.22% de la superficie del estado. Cuenta con 61 localidades y una población total de 31 860 habitantes.

Fisiografía Provincia Subprovincia Sistema de topoformas Eje Neovolcánico (90.89%) y Sierra Madre del Sur (9.11%) Lagos y Volcanes de Anáhuac (62.53%), Mil Cumbres (28.35%) y Sierras y Valles Guerrerenses (9.12%) Lomerío de basalto con cañadas (52.4%), Lomerío de basalto con mesetas (28.35%), Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (10.13%) y Lomerío con mesetas (9.12%).

Clima Rango de temperatura Rango de precipitación Clima 6 – 20°C 1100 – 2000 mm Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (79.53%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (14.67%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (5.8%).

Geología Periodo Roca Sitios de interés Neógeno (74.1%), Cuaternario (17.53%), Paleógeno (4.09%) y No aplica (3.36%) Ígnea extrusiva: basalto-brecha volcánica básica (13.29%), toba básica (4.24%), toba ácida (4.09%) y andesita (3.48%) Sedimentaria: brecha sedimentaria (36.0%) y arenisca-conglomerado (34.62%) Metamórfica: metasedimentaria (2.92%) y metavolcánica (0.44%) No aplica.

Edafología Suelo dominante Andosol (52.67%), Luvisol (21.45%), Cambisol (9.34%), Vertisol (9.19%), Leptosol (5.45%) y Phaeozem (0.98%).

Hidrografía Región. Hidrológica Cuenca Subcuenca Corrientes de agua Cuerpos de agua Balsas (100%) R. Grande de Amacuzac (100%) R. Alto Amacuzac (100%) Perennes: Nava, El Jabalí, Los Tizantes, Agua Blanca, Sabanillas, La Tortuga, Chiquihuitero, Tecolotepec, Salto La Providencia, Chiltepec, El Molino, Las Flores, Salosto, Tlapala, De Las Flores y Almoloya Intermitentes: Chiquihuitero, Tequimilpa, Culebrillas, Chiltepec, El Salto, Los Capulines, Tía Nieves, Utlapilco, La Fragua, El Paso, Los Hernández, Las Mesas y Malina.

Uso del suelo y vegetación Agricultura (45.53%) y zona urbana (0.92%) Bosque (51.2%) y pastizal (2.35%).

Uso potencial de la tierra Agrícola Pecuario Para la agricultura mecanizada continua (42.58%) Para la agricultura de tracción animal estacional (1.16%) Para la agricultura manual estacional (55.34%) No apta para la agricultura (0.92%) Para el desarrollo de praderas cultivadas (54.1%) Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal (2.54%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (42.44%) No apta para uso pecuario (0.92%).

Zona urbana La zona urbana está creciendo sobre rocas sedimentarias del Neógeno y metamórficas; en lomeríos; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Andosol y Luvisol; tiene clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y bosques.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15021.pdf>

III. JUSTIFICACIÓN

El aguacate se cultiva en México desde hace más de 6000 años, es actualmente uno de los frutales más importantes en la agricultura del país y a nivel mundial, este fruto abastece el consumo nacional y tiene mucha demanda en el extranjero, por lo que su cultivo se ha extendido de manera rápida por todo México .

Como sabemos el principal productor de aguacate es el estado de Michoacan, el Estado de México ocupa el tercer lugar con una superficie sembrada de 10 900 ha. Una de las limitantes de este cultivo es el monocultivo sostenido e incesante, así como el cambio de uso de suelo que ha hecho que las poblaciones de trips presenten una alta incidencia dentro de las parcelas de cultivo; estos insectos son considerados como plagas de importancia económica, puesto que lesionan hojas y frutos de aguacate como resultado de esta alimentación las capas de las células de la epidermis del fruto se crean áreas pálidas o cafés la presencia de estas puede originar la entrada de microorganismos patógenos, también producen malformaciones en el fruto , inhiben la fecundación de flores y provocan su caída todos estos daños provocan que su valor en el mercado nacional baje y en el ámbito internacional no tengan ningún valor.

Para el estado de México se han reportado daños considerables en las regiones aguacateras siendo en el municipio de Coatepec Harinas uno de los que ha reportado mayor problema de la plaga a través del año, siendo la mayor repercusión en los periodos de brotación vegetativa, floración y amarre de frutos.

El manejo de esta plaga se ha hecho solo con aplicaciones de insecticidas y por medio de eliminación de malezas que son reservorios de esta plaga.

Es por este hecho que se hace importante el estudio de esta plaga para conocer la fluctuación de las poblaciones de trips, modelizar la distribución espacial de mediante técnicas geoestadísticas, así como obtener mapas de densidad por medio del krigeado, así al tener el comportamiento espacial de trips en aguacate se podrá dirigir serteramnete las medidas de control en campo.

IV. HIPÓTESIS

La distribución espacial de las poblaciones de trips se presenta de manera agregada en los huertos de aguacate establecidos en Coatepec Harinas.

V. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar mediante métodos de simulación la distribución espacial de poblaciones de trips en tres parcelas del municipio de Coatepec Harinas para poder predecir el comportamiento de este insecto en huertos de producción.

Objetivos específicos

- Analizar la distribución espacial de trips en aguacate quincenalmente.
- Realizar los mapas de distribución de trips para tres parcelas de cuatro hectáreas cada una.
- Estimar la superficie infestada de trips en tres parcelas del Estado de México.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en una zona productora de aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, el cual se encuentra en la parte sur del Estado de México, El clima que predomina es templado, subhúmedo con lluvias en verano e invierno benigno, su temperatura máxima es de 39°C y la mínima es de 2° C. Su temperatura media anual, oscila alrededor de los 19°C. Por lo general la temporada de lluvias inicia a finales del mes de abril, pero suele interrumpirse durante el mes de mayo, continúa durante los meses de junio y julio, agudizándose en los meses de agosto y septiembre. La precipitación promedio anual es de 1,242.53 mm.

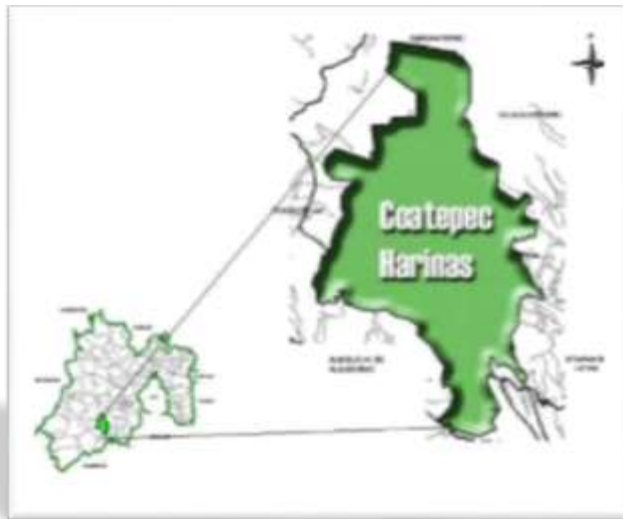


Figura 5. Mapa de localización del municipio de Coatepec Harinas en el Estado de México.

6.2 Establecimiento de parcelas y muestreos.

Los muestreos se realizaron en tres parcelas comerciales de aguacate de la variedad Hass, cada parcela tenía una superficie de 4 hectáreas. Cada una de las parcelas se dividió en cuadrantes de 20x20m, para tener un total de 100 cuadrantes por parcela. Bajo la metodología de muestreo por cuadrantes, se tomaron 40 al azar y por cada cuadrante se seleccionaron 3 árboles, teniendo un total de 120 árboles a muestrear en cada parcela experimental.

En las tres parcelas se realizaron dos muestreos por cada mes, de enero de 2014 a diciembre de 2015 y en cada muestreo se contó el número de trips presentes en cada árbol muestreado, esto para realizar la distribución espacial de trips. Los muestreos se realizaron quincenalmente en las respectivas parcelas, esto se llevaron a cabo mediante el uso de trampas amarillas.

Las trampas amarillas fueron vasos de plástico del número 8 de color amarillo de acuerdo con lo sugerido por Hernández *et al.* (1997); a cada vaso se le colocó un gancho en la base y se le aplicó un adherente (manteca vegetal) en la superficie externa. Las trampas se colgaron en los arboles a muestrear utilizando 4 trampas en dirección a cada punto cardinal y estas se revisaron quincenalmente para contar y retirar los trips capturados.

De los datos de cada muestreo, se realizó una exploración estadística de las poblaciones de adultos de trips para determinar su normalidad y proceder a su análisis estadístico con la finalidad de determinar el comportamiento espacial del

insecto plaga por medio de técnicas geoestadísticas. Se consideraron las variables climáticas (temperatura, humedad, velocidad del viento y precipitación) en cada una de las parcelas a estudiadas, consultando las estaciones climatológicas cercanas, para asociarlas con los resultados de distribución espacial de trips.



Figura 9. Trampas de vasos amarillos cubiertos de manteca vegetal utilizados para el monitoreo de trips en el cultivo de aguacate.

6.3 Aplicación de geoestadística

Con los datos obtenidos de la población de trips en los muestreos realizados (Isaaks y Srivastava, 1989) se estimó el semivariograma experimental. Los semivariogramas experimentales se obtuvieron con los programas Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA.).

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma: Una vez obtenido el semivariograma experimental, se realizó su ajuste a algún semivariograma teórico (Englund y Sparks, 1988) utilizando el programa Variowin 2.2. Para determinar los valores de la meseta, rango o alcance y el efecto pepita.

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 y Carrera 1996) como son: Media de los errores de estimación, error cuadrático medio, error cuadrático medio adimensional, otro parámetro a ser considerado consiste en que el valor de la varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

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 de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*, 1994).

Elaboración de mapas: Se realizó la interpolación de valores a través del krigado que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, para ello se utilizó el programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA). Las estimaciones obtenidas se representan en forma de mapa para cada fecha de adultos de trips mediante el uso del programa Surfer 9. Con los mapas obtenidos se calculó la superficie infestada (Ramirez-Davila *et al.*, 2011; Sánchez-Pale *et al.*, 2011).

Se determinó la superficie infestada por trips en las tres parcelas, determinando así las zonas donde se encuentra la plaga y hacer el control a lugares o zonas específicas en donde se encuentren los puntos de agregación.

6.4 Validación

La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado “validación cruzada” (Isaaks y Srivastava, 1989). Con este procedimiento no paramétrico, se elimina un valor muestral y se emplea el método de interpolación geoestadístico denominado krigado, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el valor de la variable de interés en dicho punto muestral, a partir de los restantes valores muestrales. Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a), se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados.

Estos estadísticos son los siguientes:

Media de los errores de estimación (MEE)

Error cuadrático medio (ECM)

Error cuadrático medio adimensional (ECMA)

VII. RESULTADOS

Derivado de los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se han realizado a la fecha, cuatro artículos científicos que fueron enviados para su publicación en las revistas que se enlistan a continuación:

Phyton internacional (Argentina)	Aceptado
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (México)	Publicado
Southwestern entomologist (Estados Unidos)	Aceptado
Entomotropica (Venezuela).	Enviado
Ecosistemas (España)	Enviado

Cabe mencionar que estas revistas se encuentran indexadas en Thomson ISI, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Scopus respectivamente.

CAPITULO I

Resultado del análisis de información proveniente del primer semestre de muestreos correspondiente a enero-junio de 2014 se envió un artículo a la revista Internacional de Botánica Experimental Phytón de la fundación Romulo Raggio publicada en Argentina, la cual aceptó el artículo para ser publicado en el número 86 (2017).

Φ Y T O N

INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY

REVISTA INTERNACIONAL DE BOTANICA EXPERIMENTAL

ISSN 0031 9457

Founded 1951 by Fundada en 1951 por
Miguel Mario Raggio & Nora Moro de Raggio

Editor-in-Chief: Dr. Carlos A. Busso

Publicada por/ Published by: FUNDACIÓN RÓMULO RAGGIO

Director General: Dr. Mario Miguel Raggio

Gaspar Campos 861, 1638 Vicente López (BA) ARGENTINA
TEL: 54-11-4796-1456 / TELFAX: 54-11-4791-0868

www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar / fund_r_raggio@hotmail.com

FECHA: 20.01.2016

Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México
jframirez@uaemex.mx , mrubia@uaemex.mx

Toluca Apartado postal 5020 México.

De nuestra mayor consideración:

Tenemos el agrado de informarle que el manuscrito “**Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en aguacate**” por los autores: **FI Maldonado, JF Ramírez, M Rubí, X Antonio, AV Lara, AD Acosta, R Rivera, AL Ávila** ha sido aceptado para publicación en el Volumen 86 (2017) de ΦYTON INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY.

Saludamos a Ud. muy atentamente,

Alejandra Krüsemann de Raggio

Por los Editores de ΦYTON

Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en aguacate

Modelling the spatial behavior of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in growing avocado

FI Maldonado¹, JF Ramírez², M Rubí², X Antonio³, AV Lara⁴, AD Acosta⁴, R Rivera⁴, Ávila AL⁵

Resumen. El cultivo de Aguacate (Lauraceae: *Persea americana* Mill.), es para México un cultivo de gran importancia económica en cuanto a los sistemas de producción perenne, ya que en los últimos años, la comercialización de este fruto a nivel nacional e internacional se ha incrementado notablemente. En México, en 2013 se cultivaron 168 113.64 ha con un rendimiento promedio de 10.2 ton/ha obteniendo una producción aproximada de 1, 467 837.35 ton. Como cualquier otro frutal puede sufrir daños ocasionados por plagas (insectos, nematodos, ácaros entre otros) y enfermedades (causadas por hongos, bacterias y virus). A este respecto, uno de los insectos con mayor problemática es *Frankliniella occidentalis*, que provoca pérdidas significativas en el cultivo, al preferir alimentarse de tejidos tiernos como brotes foliares, florales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo. Los daños más severos, económicamente hablando, son notorios a simple vista, ya que originan crestas o protuberancias sobre el pericarpio y estas lesiones son más evidentes conforme madura el fruto. El objetivo del presente trabajo fue modelizar la distribución espacial de *F. occidentalis* mediante técnicas geoestadísticas, así como obtener mapas de densidad por medio del krigeado. Los muestreos fueron llevados a cabo quincenalmente en tres parcelas comerciales de cuatro hectáreas cada una en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México usando el método de cuadrantes. Los resultados indican que la distribución espacial de las poblaciones de *F. occidentalis* presentan una distribución agregada en cada una de las fechas de muestreo. La validación cruzada de los valores de los semivariogramas obtenidos, corroboran dicha información, además de una dependencia espacial alta. Los mapas obtenidos

permiten delimitar áreas infestadas y áreas libre de daños, lo que permitirá establecer medidas de control en puntos específicos de cada parcela para hacer un uso eficiente de los recursos plaguicidas.

Palabras clave: aguacate, *Frankliniella occidentalis*, distribución espacial, Coatepec Harinas.

¹Estudiante de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020. irita_3@hotmail.com

²Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020. jframirez@uaemex.mx, mrubia@uaemex.mx

³Profesor Investigador de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020. xantonion@uaemex.mx

⁴Estudiante de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020. sakua_02@hotmail.com

⁵Estudiante de licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020. beth_liz3@hotmail.com.

Abstract. Growing Avocado(Lauraceae: *Persea americana* Mill.), Mexico is for a crop of great economic importance in terms of perennial production systems, since in recent years, the marketing of this fruit at national and international level has increased markedly. In Mexico, in 2013 168113.64 ha cultured. With an average yield of 10.2 ton/ha obtaining a production of approximately 1467837.35 ton. Like any other fruit can suffer damage from pests (insects, nematodes, mites etc.) and diseases (caused by fungi, bacteria and viruses). In this regard, one of the more problematic insects is *Frankliniella occidentalis*, which causes significant crop losses, feed preferring soft tissues as leaf buds, flower, young leaves and developing fruits. The most severe damage, economically speaking, is notorious at first glance, and that cause ridges or bumps on the pericarp and these lesions are more apparent as the fruit ripens. The aim of this study was to model the spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* using geostatistical techniques and density maps obtained by the kriging. The samplings were carried out fortnightly in three commercial plots of four acres each in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico using the method of quadrants. The results indicate that the spatial distribution of populations of *F. occidentalis* feature added in each of the

sampling distribution dates; cross-values validation semivariograms corroborate the information obtained in addition to high spatial dependence. The maps obtained allow defining infested areas and open areas of damage, thus establishing control measures at specific points in each plot to make efficient use of pesticides resources.

Key words: avocado, *Frankliniella occidentalis*, spatial distribution, Coatepec Harinas

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill) es uno de los principales cultivos perennes en México y el país es el principal productor mundial, aportando el 30% de la oferta; las exportaciones alcanzan hoy cerca de 600,000 mil ton con un valor de más de mil mdd; estas están dirigidas a EEUU (80%), Japón (9%) y Canadá (5%) ; siendo el estado de Michoacán el que concentra el 89% del volumen de la producción de aguacate del país, otras entidades que tienen cierta participación, aunque no mayor al 3% del volumen total, son: Jalisco, Morelos, Nayarit, Estado de México y Guerrero (SIAP, 2014).

La estacionalidad así como el clima y las plagas son elementos que inciden en el nivel de la producción y la problemática fitosanitaria. En el cultivo de aguacate, el principal daño, se presenta por insectos y entre estos, el grupo más numeroso pertenece al orden Hemíptera (Moreno *et al.*, 2010). Otro orden de insectos de gran importancia lo conforman los Thysanoptera, al preferir alimentarse de tejidos tiernos como brotes foliares, florales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo (Castañeda y Johansen, 2011). En los frutos, el daño es de mayor importancia, ya que el pericarpio se torna de color café y adquiere una consistencia áspera con agrietamientos que reducen su valor comercial. El daño es más grave en frutos recién cuajados, en los cuales provoca atrofia y aborto de los mismos sin que haya producción. El daño de los trips en frutos jóvenes causa deformaciones en la superficie del pericarpio en forma de protuberancias o crestas (Moreno *et al.*; 2010). Las heridas que provoca *F. occidentalis* en los frutos también pueden favorecer la entrada de patógenos (Marroquín, 1998). Las épocas de mayor

temperatura y sequia favorecen la abundancia de trips, lo que coincide con las etapas de floración tardía e inicio de amarre de frutos lo que causa un daño mayor. El menor número de trips coincide con la época de lluvias (Ascensión, *et al.*, 1999).

Por ello, el propósito del siguiente trabajo es mostrar cómo hacer uso de las técnicas geoestadísticas para el manejo de plagas y, de esta manera, determinar los patrones de distribución a los que se ajusta *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate. Por otro lado, los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su localización espacial, además, permiten elaborar mapas de gran utilidad (Blom y Fleischer, 2002; Isaaks y Srivastava, 1989; Oliver y Webster, 1991) para conocer la distribución espacial de los insectos, permiten establecer grados de infestación que requieran un control inmediato, como también detectar posibles preferencias en su estructura de agregación y zonas que no presenten infestación (Rossi, *et al.*, 1992; Sciarretta, *et al.*, 2001).

El conocer la distribución espacial de la plaga es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado; el conocimiento de estas técnicas permite el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de técnicas de control y de valoración de riesgos (Bressan, *et al.*, 2010). Las técnicas de distribución espacial de insectos con uso geoestadístico han sido empleadas por Solares, *et al.*, (2011) para trips en el cultivo de aguacate en Michoacán, Jiménez, *et al.*; (2013) donde realiza la modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas y Ramírez, *et al.*, (2011) en obtención de los patrones espaciales que presentó *Bactericera cockerelli* en papa, entre otros. En este tenor se plantearon los siguientes objetivos: Determinar y establecer la modelización espacial de *F. occidentalis* en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, así como, generar mapas de la superficie infestada de *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de la distribución espacial de *F. occidentalis* se realizaron muestreos quincenales de enero a junio de 2014 en tres parcelas comerciales de aguacate cv *Hass* de cuatro hectáreas cada una, con antecedentes de presencia de trips en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México. Los muestreos se realizaron por el método de cuadrantes, cada uno de ellos de 20mx20m tomando 40 de estos cuadrantes al azar. Para cada cuadrante seleccionado se tomaron 3 árboles de muestra teniendo un total de 120 árboles muestra por parcela.

Se colocaron 12 vasos-trampa para la captura y conteo de trips usando como referencia los puntos cardinales del árbol. Cada árbol fue georeferenciado con un navegador modelo eTrex Vista HCx2007. Los vasos-trampa fueron vasos plásticos color amarillo del No. 8, de 10 cm de alto, 4.5 cm de diámetro base y 7.5 cm de diámetro de borde superior, esto de acuerdo con los ensayos hechos por González y colaboradores (1998). Para su colocación, a cada vaso se le hizo un gancho de metal en la base, untando sobre él manteca vegetal para que se adhirieran los trips en la parte externa del vaso; estos se revisaron quincenalmente con ayuda de lupas. Los muestreos comenzaron a partir del 3 de enero de 2014 al 18 de junio del mismo año.

Geoestadística

Con la base en los datos de puntos georeferenciados y los muestreos quincenales de las poblaciones de *F. occidentalis* se estimaron los semivariogramas experimentales con el programa Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York, USA). El valor experimental del semivariograma se calculó con la expresión (Journel et al; 1978):

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

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

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).

Nivel de dependencia espacial

La determinación del grado de relación de datos o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando el resultado en porcentaje; si se tiene un resultado menor del 25 % el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor de 76% el nivel de dependencia es bajo (Samper y Carrera, 1996).

Validación cruzada

Los valores de validación cruzada se realizaron de acuerdo al procedimiento establecido por Isaaks y Srivastava (1989). Estos valores son media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM), error cuadrático medio adimensional (ECMA) y la varianza de los errores.

Elaboración de mapas

Se utilizó el método geoestadístico para la interpolación de valores a través del krigeado ordinario que permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, todo esto basado en lo establecido por Samper *et al.*, (1996).

Las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo de *F. occidentalis* mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

RESULTADOS

Con los datos obtenidos fue posible generar la modelización espacial y mapeo de las poblaciones de *F. occidentalis* en aguacate. Se estableció el porcentaje de infestación en cada fecha de muestreo y se logró determinar la estabilidad espacio-temporal de este insecto; con ello se consiguió determinar realmente el patrón de comportamiento espacial. Los resultados se detallan a continuación.

Tabla 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 1).

Table 1. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 1).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Meseta %	Dependencia Espacial
COATEPEC HARINAS (PARCELA 1)	3/enero	Esférico	0	13.2	18.69	0	Alta
	18/enero	Esférico	0	13.2	15.3	0	Alta
	3/febrero	Esférico	0	14.4	21.56	0	Alta
	18/febrero	Esférico	0	15,6	347.8	0	Alta
	3/marzo	Esférico	0	14.8	5100	0	Alta
	18/marzo	Esférico	0	14.4	2320	0	Alta
	3/abril	Esférico	0	13.2	752	0	Alta
	18/abril	Esférico	0	16.8	1116	0	Alta
	3/mayo	Esférico	0	16.8	282	0	Alta
	18/mayo	Esférico	0	13.2	20.9	0	Alta
	3/junio	Esférico	0	13.2	10.2	0	Alta
	18/junio	Esférico	0	11.2	3.145	0	Alta

Geoestadística

En los muestreos realizados, se pudo observar que la mayor cantidad de trips se encontraron en las etapas de floración del aguacate (febrero-abril) (Fig. 3, 4 y 5); y por lo contrario, la menor incidencia de estos insectos, se observó en los meses de enero y junio, cuando las poblaciones por árbol disminuyen hasta veinte o treinta individuos por árbol (Fig. 3,4 y 5). Respecto a los semivariogramas, en la parcela 1, todos se adaptaron al modelo esférico (Tabla 1).

Tabla 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 2).

Table 2. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 2).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Meseta %	Dependencia Espacial
	3/enero	Esférico	0	13.2	51.3	0	Alta
	18/enero	Esférico	0	13.5	408.9	0	Alta
	3/febrero	Gaussiano	0	9.6	1860	0	Alta
	18/febrero	Esférico	0	17	1659	0	Alta
	3/marzo	Esférico	0	12	1320	0	Alta
COATEPEC HARINAS (PARCELA 2)	18/marzo	Esférico	0	12	378	0	Alta
	3/abril	Esférico	0	12	150.4	0	Alta
	18/abril	Esférico	0	15.2	43.7	0	Alta
	3/mayo	Esférico	0	18	9.75	0	Alta
	18/mayo	Esférico	0	13.2	8.036	0	Alta
	3/junio	Esférico	0	12	6.076	0	Alta
	18/junio	Esférico	0	24	4.836	0	Alta

Para la parcela dos, las poblaciones se ajustaron en su mayoría a un modelo esférico mientras que el muestreo correspondiente a la primer quincena de febrero tuvo un ajuste al modelo gaussiano (Tabla 2). Los semivariogramas de la parcela tres se ajustaron a un modelo esférico para los meses de enero, marzo, abril y junio; excepto la primer quincena de febrero, y el mes de mayo cuando se ajustaron al modelo gaussiano (Tabla 3). Para todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero, este valor es indicativo de que la escala de muestreo utilizada en ellos fue la adecuada y el error de muestreo fue mínimo. Este tipo de comportamiento pudo deberse al ambiente heterogéneo de cada parcela que propicio el agrupamiento de trips, permitiéndole sobrevivir a las actividades de control que realiza normalmente el productor, de tal forma que produjo descendencia en cada muestreo realizado o bien se tuvieron constantes

migraciones de huertos aledaños. Las parcelas presentaron condiciones ambientales favorables al insecto creando nichos dinámicos o refugios.

A pesar de tener densidades variables de trips en las fechas evaluadas, la menor densidad promedio se encontró en el primer muestreo correspondiente a la primera quincena de enero en las tres parcelas, esto debido a las bajas temperaturas reportadas en la zona durante este periodo.

En cuanto a los modelos ajustados de los semivariogramas, los modelos gaussianos nos indican que su distribución espacial tuvo una manifestación continua, que implicó el avance de una gran cantidad de zonas aledañas susceptibles, es decir, el insecto tuvo condiciones favorables para su expansión dentro de la parcela, mientras que el modelo esférico, al cual se apegaron la mayoría de los semivariogramas, indica una existencia de zonas en las que se presentó más el insecto respecto al resto de los puntos, es decir, los centros de agregación tuvieron una distribución aleatoria y se propagó de una fuente puntual.

Tabla 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 3).

Table 3. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 3).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Meseta %	Dependencia Espacial
	3/enero	Esférico	0	10.8	47.32	0	Alta
	18/enero	Esférico	0	13.2	399.5	0	Alta
	3/febrero	Gaussiano	0	8.4	1880	0	Alta
	18/febrero	Esférico	0	21.6	1804	0	Alta
	3/marzo	Esférico	0	9.6	1280	0	Alta
COATEPEC HARINAS	18/marzo	Esférico	0	10.8	391	0	Alta
(PARCELA 3)	3/abril	Esférico	0	12	139.2	0	Alta
	18/abril	Esférico	0	10.8	43.75	0	Alta

3/mayo	Gaussiano	0	9.6	10.35	0	Alta
18/mayo	Gaussiano	0	9.6	7.29	0	Alta
3/junio	Esférico	0	13.2	5.607	0	Alta
18/junio	Esférico	0	10.8	4.641	0	Alta

Los valores del rango, que es la distancia máxima hasta la cual existe relación espacial entre los datos, oscilaron, en la parcela 1, entre 11.2 y 16.8 m (Tabla 1); para la parcela 2, los valores fueron de 9.6 y 24 m (Tabla 2), mientras que en la parcela 3 los valores fluctuaron entre los 8.4 y 21.6 m (Tabla 3). En todos los modelos se presentó un alto nivel de dependencia espacial para cada una de las fechas de muestreo (Tablas 1, 2,3).

Tabla 4. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA) en 2014 (Parcela 1).

Los modelos de la distribución espacial de *F. occidentalis* en las 3 parcelas analizadas se lograron validar con los parámetros estadísticos al ubicarse dentro del rango aceptable (Tabla 4, 5 y 6).

Table 4. Values of statistics of cross-semivariogram obtained in sampling *F. occidentalis*, quadrant in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico validation: average estimation errors (MEE), mean square error (RMSE) and dimensionless quadratic mean error (ECMA) in 2014 (Plot 1).

Municipio	Tamaño de Muestra	Media Maestral	Desviación Estándar	Varianza Maestral	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA
COATEPEC HARINAS (PARCELA 1)	121	11.619	4.574	20.92	0.07 ^{ns}	12.67	0.07	1.11
	121	20.743	4.135	17.099	0.10 ^{ns}	11.08	0.11	1.09
	121	32.958	4.669	21.808	0.08 ^{ns}	13.52	0.12	1.12
	121	128.925	19.227	369.70	0.12 ^{ns}	114.32	0.09	1.07
	121	334.578	73.785	5444.24	0.09 ^{ns}	531.98	0.12	1.13
	121	455.355	53.74	2888.37	0.11 ^{ns}	751.05	0.14	1.10
	121	251.16	28.22	796.84	0.06 ^{ns}	206.77	0.09	1.08
	121	141.90	33.91	1150.28	0.11 ^{ns}	602.13	0.10	1.12
	121	47.80	17.08	292.01	0.10 ^{ns}	97.05	0.13	1.06
	121	21.26	4.66	21.79	0.12 ^{ns}	15.92	0.06	1.12
	121	12.66	3.32	11.03	0.07 ^{ns}	8.05	0.09	1.13
	121	3.64	1.89	3.60	0.11 ^{ns}	1.55	0.11	1.10

Tabla 5. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA) en 2014 (Parcela 2).

Table 5. Values of statistics of cross-semivariogram obtained in sampling *F. occidentalis*, quadrant in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico validation: average estimation errors (MEE), mean square error (RMSE) and dimensionless quadratic mean error (ECMA) in 2014 (Plot 2).

Municipio	Tamaño de Muestra	Media Maestral	Desviación Estándar	Varianza Maestral	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA
COATEPEC HARINAS (PARCELA 2)	121	32.18	7.28	53.1	0.10 ^{ns}	24.95	0.12	1.09
	121	131.36	21.67	469.82	0.12 ^{ns}	251.90	0.05	1.11
	121	355.94	44.55	1985.56	0.06 ^{ns}	362.33	0.13	1.10
	121	473.66	45.78	2095.64	0.08 ^{ns}	695.11	0.08	1.13
	121	310.94	37.84	1431.9	0.12 ^{ns}	270.67	0.10	1.06
	121	135.01	20.34	413.90	0.10 ^{ns}	114.80	0.11	1.12
	121	58.39	12.45	155.20	0.11 _{ns}	57.23	0.06	1.08
	121	23.12	6.72	45.20	0.09 ^{ns}	22.64	0.09	1.11
	121	14.76	3.46	12.00	0.12 ^{ns}	7.02	0.11	1.07
	121	9.90	2.84	8.12	0.07 ^{ns}	5.44	0.08	1.10
	121	5.30	2.48	6.19	0.13 ^{ns}	3.01	0.12	1.08
	121	4.93	2.27	5.19	0.11 ^{ns}	2.77	0.11	1.12

Tabla 6. Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas obtenidos en el muestreo de *F. occidentalis*, por cuadrantes en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA) en 2014 (Parcela 3).

Table 6. Values of statistics of cross-semivariogram obtained in sampling *F. occidentalis*, quadrant in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico validation: average estimation errors (MEE), mean square error (RMSE) and dimensionless quadratic mean error (ECMA) in 2014 (Plot 3).

Municipio	Tamaño de Muestra	Media Muestral	Desviación Estándar	Varianza Muestral	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA	
	121	32.216	7.206	51.93	0.11 ^{ns}	34.67	0.09	1.12	
	121	130.93	21.67	469.75	0.09 ^{ns}	125.76	0.14	1.06	
	121	354.79	44.63	1991.96	0.12 ^{ns}	589.21	0.12	1.10	
	121	472.53	45.88	2104.94	0.10 ^{ns}	276.90	0.10	1.13	
	121	312.52	38.80	1505.15	0.13 ^{ns}	492.13	0.08	1.07	
	COATEPEC HARINAS (PARCELA 3)	121	136.06	21.27	452.60	0.06 ^{ns}	110.54	0.10	1.09
		121	58.81	12.63	159.50	0.12 ^{ns}	87.92	0.13	1.11
		121	23.45	7.09	50.25	0.11 ^{ns}	24.77	0.11	1.10
		121	14.68	3.47	12.03	0.14 ^{ns}	7.56	0.15	1.12
		121	9.86	2.83	8.01	0.08 ^{ns}	3.02	0.07	1.08
	121	5.25	2.49	6.21	0.10 ^{ns}	4.81	0.10	1.13	
	121	4.93	2.25	5.04	0.09 ^{ns}	2.31	0.13	1.09	

Obtención de mapas

Los mapas de superficie infestada, obtenidos en el muestreo por cuadrantes, demuestran que las poblaciones de *F. occidentalis*, se ubican en centros de agregación; es decir, las poblaciones se concentran principalmente en puntos específicos de la parcela (Fig. 4, 5, 6). En todos los mapas, podemos observar que no hay un patrón determinado en la conducta de los insectos y se ha observado a la maleza como reservorio para esta especie, lo cual nos permite pensar que si se lleva a cabo un control sobre estas plantas aunado al control

común con insecticidas, es posible disminuir las poblaciones de trips en los huertos de producción

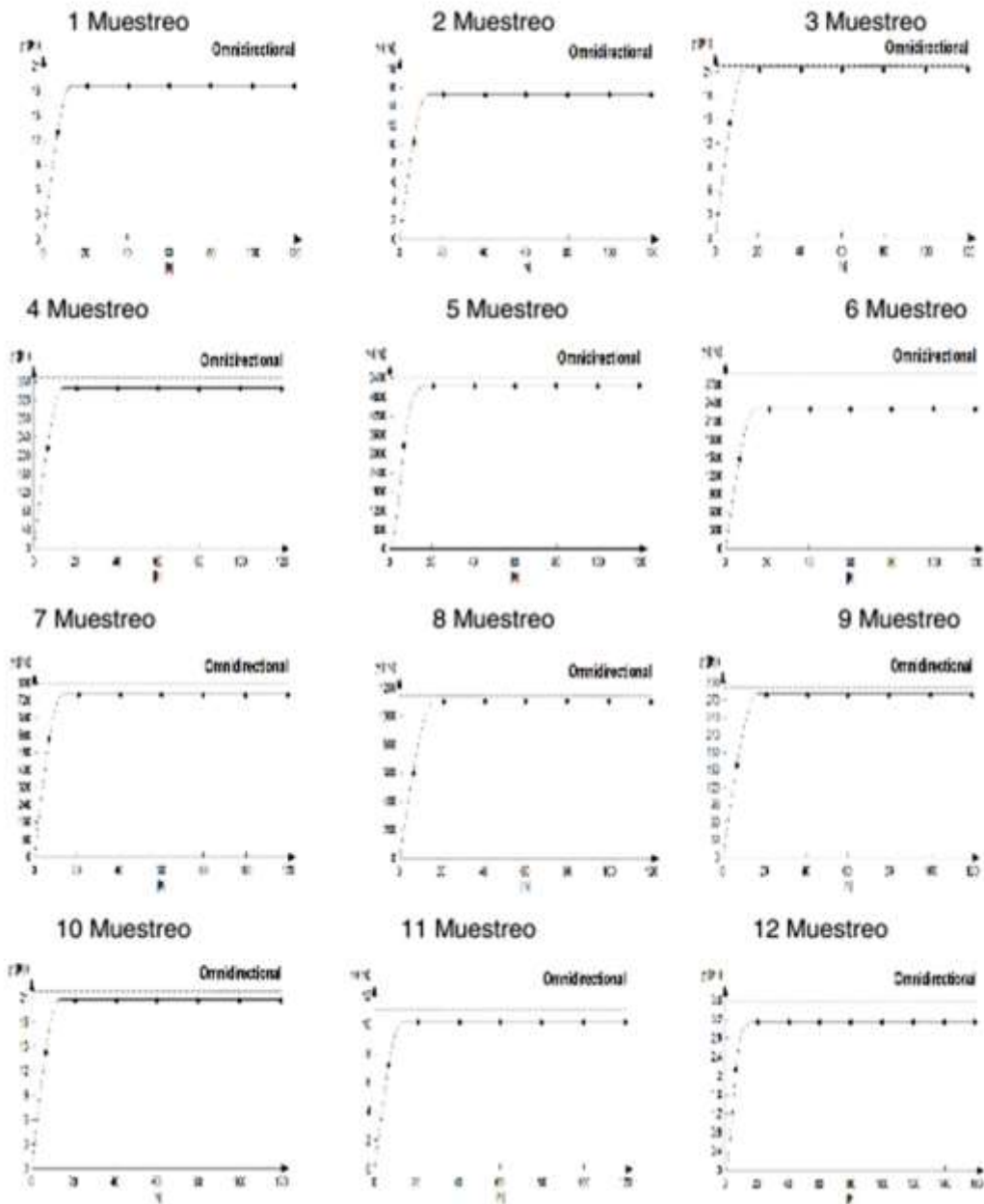


Fig. 1. Semivariogramas de *Trips* en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014 (parcela 1)

Fig. 1. Semivariograms avocado thrips in Coatepec Harinas during 2014(plot 1)

Al respecto de la superficie con presencia de trips, podemos deducir que el manejo es deficiente en las tres parcelas, siendo la parcela 1 la que presenta un mayor número de insectos por árbol, llegando hasta un promedio de 560 individuos por árbol, este huerto se encuentra en una ladera, y el control es menos homogéneo, debido a que el paso de las bombas de aspersión y el tractor se dificulta por la pendiente. Se determinó el porcentaje de infestación por trips para las tres parcelas en los doce muestreos y, aunque no llego a un 100% con presencia de trips, los insectos se encontraron hasta en más del 95% de la parcela en todos los casos, lo que indica que tiene una importancia alta dentro de los problemas de sanidad que presenta este huerto.

Los mapas generados permiten poner en marcha estrategias de manejo del insecto sobre todo si consideramos su papel como agente facilitador para la entrada de enfermedades como la roña del aguacate (*Sphaceloma perseae* Jenk.), la cual genera pérdidas importantes y demerita la calidad del producto final. La apariencia poco usual de estos insectos puede hacer que sean difíciles de observar y su control es cada día una tarea más difícil, por lo que para desarrollar estrategias de manejo de este insecto, se debe tener en cuenta la dinámica poblacional de los mismos y su relación con el estado fenológico así como su comportamiento espacial.

En el caso de los mapas de distribución, podemos observar, que los mapas correspondientes a los meses de enero y junio, así como los correspondientes a la segunda quincena de junio reportan la menor incidencia de trips con una media menor a cuarenta insectos por árbol (Fig. 4, 5 y 6, Tabla 4, 5 y 6), situación que no genera daño significativo, pero conforme las temperaturas van subiendo e inicia la etapa de floración, las poblaciones de insectos se incrementa, esto puede corroborarse en la tabla 4, 5 y 6, donde podemos observar que la mayor cantidad de insectos se dan en los meses de febrero, marzo y abril cuando se superan los 200 insectos por árbol llegando a un pico entre febrero y marzo de hasta 570 insectos por árbol.

También podemos observar distribuciones agregadas de las poblaciones de trips dispersos en las parcelas, en ellos no existe un patrón de comportamiento definido, ya que los insectos se mueven dentro de ellas según las etapas fenológicas del cultivo y la hora del día.

El análisis de estos mapas nos permite definir también, áreas libres de infestación como puede observarse en los mapas de la parcela 3 (Fig. 6), que nos muestra áreas donde no se encontraron insectos, sobre todo en los meses de mayo y junio, en estos meses las densidades de población disminuyen debido a la presencia de lluvias y por ende, la disminución de temperaturas.

5

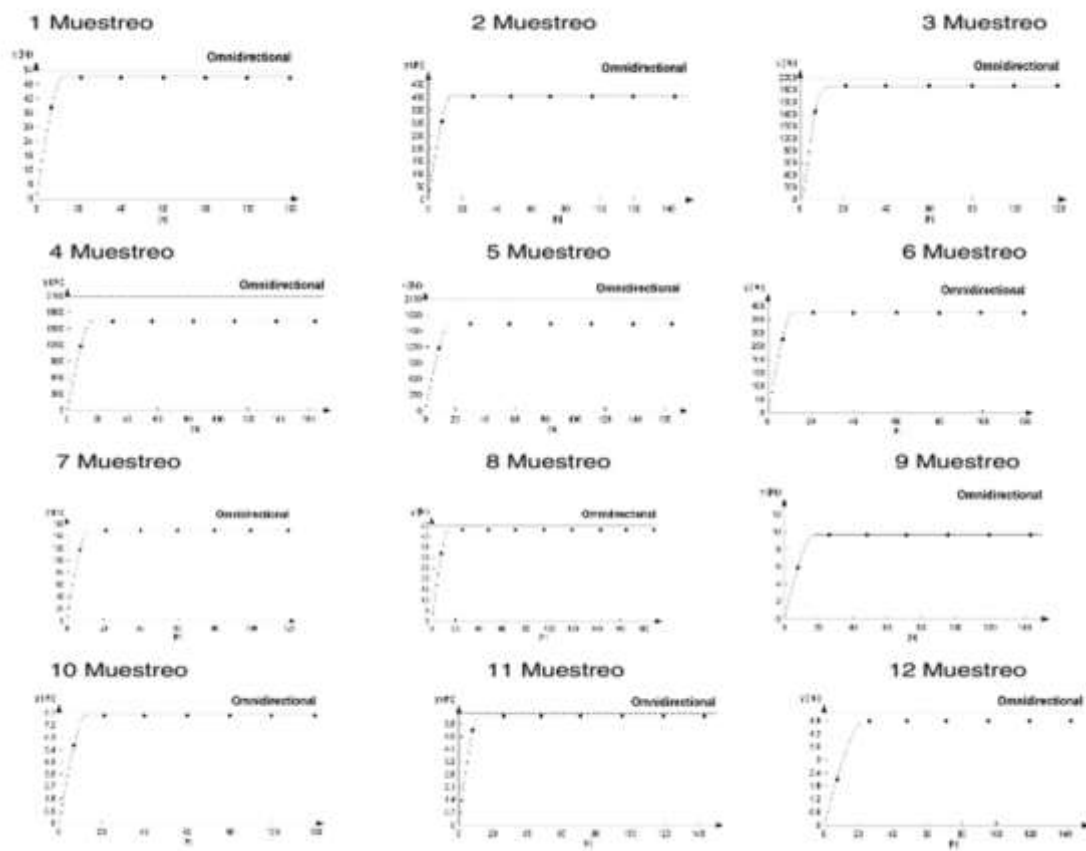


Fig. 2. Semivariogramas de trips en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014(parcela 2)

Fig 2. Semivariograms avocado thrips in Coatepec Harinas during 2014(plot 2)

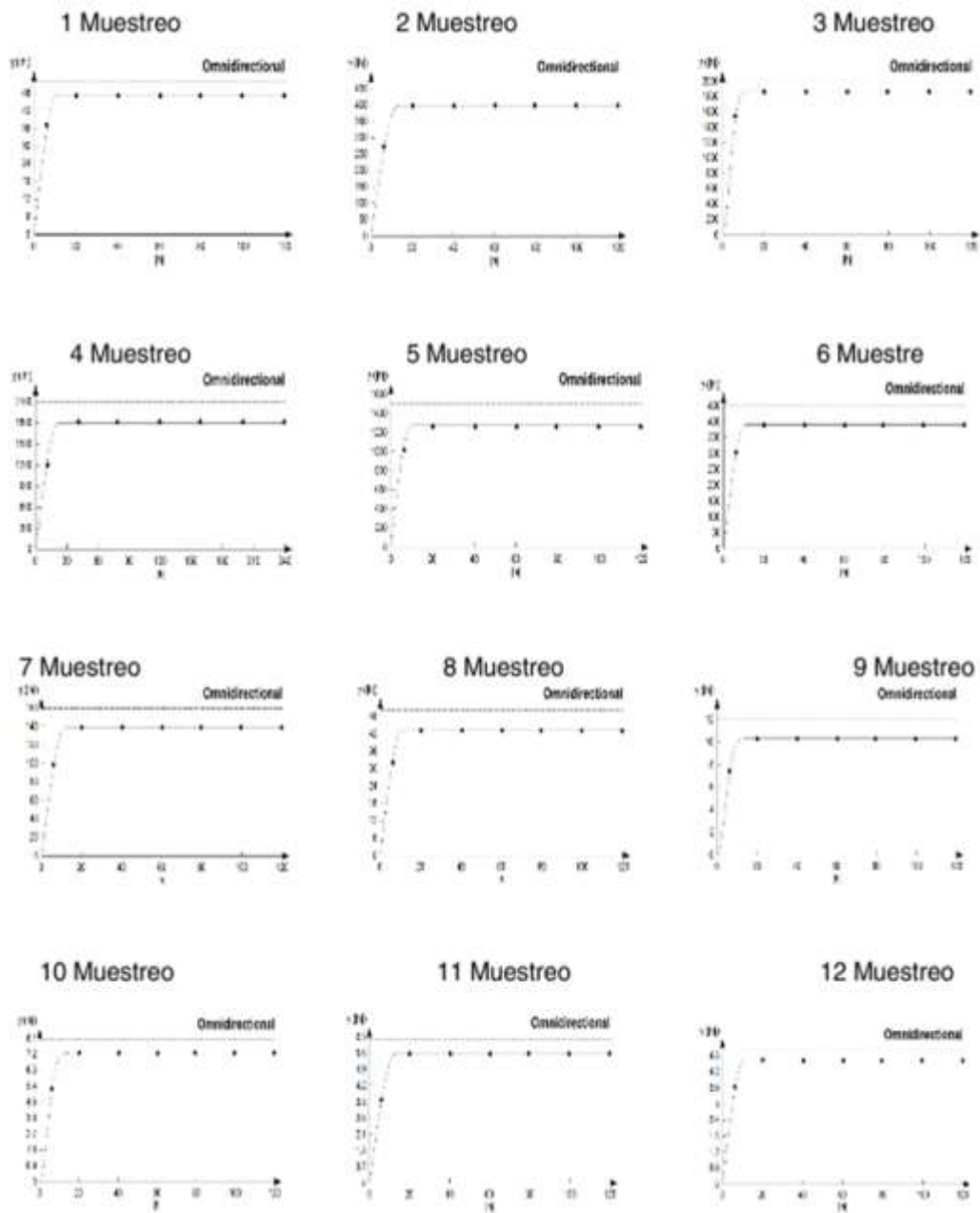


Fig. 3. Semivariogramas de *Trips* en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014 (parcela 3)

Fig. 3. Semivariograms avocado thrips in Coatepec Harinas durante 2014 (plot 3)

Tabla 7. Porcentajes de infestación de *F. occidentalis* en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México en 2014 (parcela 1).

Table 7. Percentages *F. occidentalis* infestation of avocado in the town of Coatepec Harinas, the State of Mexico in 2014 (plot 1).

MUESTREO	% INFESTADO	% NO INFESTADO
1	78	22
2	75	25
3	77	23
4	92	8
5	84	16
6	96	4
7	82	18
8	56	44
9	54	46
10	60	40
11	65	35
12	52	48

Los porcentajes de incidencia se muestran altos en las parcelas de estudio siendo en la parcela 1, del 96% en la segunda quincena de marzo la máxima y la mínima en la segunda quincena de junio con un 12% de la parcela con presencia de trips. En la parcela 2 el máximo nivel de trips dentro de la parcela se ubicó dentro del mes de febrero con un 97% de la parcela infestada, mientras que en la segunda quincena de junio se registró la superficie menos infestada con un 76% del área con presencia de insectos. Para el caso de la parcela 3, durante el mes de febrero se reporta la mayor superficie infestada con un 92% de la parcela con incidencia de trips, siendo nuevamente los muestreos realizados en junio, los que presentaron menor afectación por el insecto con un 71% (Tabla 7,8 y 9).

Tabla 8. Porcentajes de infestación de *F. occidentalis* en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México en 2014 (parcela 2).

Table 8. Percentages *F. occidentalis* infestation of avocado in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico in 2014 (plot 2).

MUESTREO	% INFESTADO	% NO INFESTADO
1	84	16
2	97	3
3	85	15
4	93	7
5	86	14
6	80	20
7	87	13
8	81	19
9	95	5
10	84	16
11	78	22
12	76	24

Tabla 9. Porcentajes de infestación de *F. occidentalis* en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, el Estado de México en 2014 (parcela 3).

Table 9. Percentages *F. occidentalis* infestation of avocado in the town of Coatepec Harinas, the State of Mexico in 2014 (plot 3).

MUESTREO	% INFESTADO	% NO INFESTADO
1	85	15
2	92	8
3	61	39
4	86	14
5	66	34
6	69	31
7	87	13
8	60	40
9	79	21
10	76	24
11	71	29
12	72	28

Discusión.

El análisis geoestadístico demostró ser una herramienta apropiada para determinar los patrones espaciales y la generación de mapas de la distribución espacial de *Frankliniella occidentalis* en tres parcelas de Coatepec Harinas Estado de México con modelos esféricos y gaussianos con efecto pepita igual a cero en todos los casos; situación similar fue reportada por Ramírez *et al*; (2014). Este valor permiten afirmar que la escala de muestreo fue correcta, y que el error de muestreo fue mínimo (Oliver & Webster, 1991) por lo que el porcentaje de los modelos ajustados tienen un 99% de confiabilidad, lo anterior da pie a deducir que más del 90% de la variación total era originada por la dependencia espacial encontrada en la escala de muestreo utilizada (Liebhold & Sharov 1998).

La mayoría de los semivariogramas ajustados se apegaron al modelo esférico y gaussiano en menor medida como lo presentado por Sánchez *et al.*, 2014 quien hace referencia solo a modelos esféricos y gaussianos en el trabajo realizado

sobre la distribución espacial de *Uromyces transversalis* en el cultivo de gladiolo durante el ciclo primavera verano en la región sureste del Estado de México.

El hecho de haber encontrado una dependencia espacial alta significa que la distribución espacial de la plaga es de tipo agregada durante los doce muestreos es decir, la agregación es muy estable, siendo de utilidad para realizar un manejo de la plaga, ya que el insecto se mantiene estable en el espacio y el tiempo tal como lo menciona Moral (2004) quien obtuvo mapas irregulares de la distribución de *Helicoverpa armígera* Hb. Los resultados de agregación y los mapas obtenidos sugieren la posibilidad de realizar alternativas de control químico o biológico en forma dirigida durante las primeras etapas de floración para controlar las infestaciones iniciales de *B. cockerelli* en el cultivo de tomate de cascara. También Jiménez *et al.*, (2014) reporta una dependencia espacial alta en la modelización espacial de huevos de trips en tomate de cascara, así como Solares, *et al.*, (2011) en su trabajo sobre trips en el cultivo de aguacate para Zitácuaro, Michoacán.

La validación cruzada de los valores del semivariograma corroboró la distribución agregada dentro de los huertos de producción, esto verifica que la escala de muestreo y el método usado para la toma de datos es correcta y que el error de muestreo fue mínimo, dicho de otra manera, el procedimiento utilizado para la toma de los datos fue apropiada, situación similar refleja el estudio realizado por Ramírez, *et al.*, (2011). Tal como lo menciona Ramírez, *et al.*, (2013) el comportamiento de tipo agregado en las poblaciones de trips en aguacate permite sugerir que la reducción de las infestaciones se puede lograr al focalizar las estrategias de manejo hacia puntos específicos o focos de infestación en donde se ubican los puntos de agregación, además de poder visualizarlos a través de los mapas generados

La distribución presentada por los trips en la realización de este trabajo es de manera agregada, estos trabajos no solo otorgan estos resultados con la

presencia de plagas en cultivos, sino también en enfermedades y plantas parasitas tal como se presenta en el trabajo realizado por Sánchez *et al.*, (2011) sobre la distribución espacial de *Sporisorium reilianum* en maíz, donde se encontró una distribución espacial de tipo agregada en plantas de maíz afectadas por este hongo y el muérdago enano en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca durante 2010 realizado por Ramírez y Porcayo, quienes por medio de técnicas del análisis espacial por índices de distancia reportan que la infestación de esta planta parasita en *Pinnus* spp. Se lleva a cabo de manera agregada. También Zúñiga *et al.* (2005) encontró una distribución agregada de *Lophophora difusa* y asociación con otras especies como son se encontró una disociación con *Celtis pallida* y *Myrtillocactus geometrizans*. Por su parte, Amador en 2003 expone en su trabajo acerca de la distribución espacial de las malezas que también se distribuyen de manera agregada dentro de las parcelas estudiadas reportando que estos tipos de distribución espacial, son el resultado de la distribución de los tipos de suelo y el manejo agronómico que se lleva a cabo.

Los mapas elaborados permiten visualizar los centros de agregación de la plaga y pueden ser usados para evaluar su aparición dentro del huerto, esta herramienta ha sido utilizada por otros autores como De la Casa *et al.*, (2003) quienes usando los mapas obtenidos mediante krigado lograron ilustrar la disposición de la humedad y el nitrógeno disponible para el cultivo de papa obteniendo en dos horizontes obteniendo que aunque hubiera mayor contenido en superficie, no se garantiza un consumo uniforme de N entre 0 y 40 cm. Al mismo tiempo, la mayor acumulación de $N-NO_3^-$ entre 0 y 20 cm demostró que no ocurrió lixiviación en el perfil. .

De acuerdo a lo observado, la plaga no se distribuye en el 100% del huerto aunque Sánchez *et al.*, 2014 reporta que es posible que las infecciones por hongos afecten el 100% de las parcelas, esta situación no había sido encontrada en aguacate, ya que Johansen *et al.* (2007), reporta daños por trips de hasta del

75% si se descuida su control y durante la realización de este trabajo se encontró hasta un 97% como máximo de la superficie infestada por el insecto.

Todo lo observado durante el desarrollo de este trabajo se confirma con los estudios realizados por Carrizo (1998), quien observo que la mayoría de los integrantes de las poblaciones de trips se encuentran en las flores, ya que es de donde obtienen su alimento.

Con lo anterior, podemos concluir que la elaboración de mapas de densidad de población, permiten dirigir certeramente las medidas de control de insectos, situación que concuerda con los estudios realizados por Fleischer *et al.* (1997) y Rong *et al.* (2006).

Debido a que en las parcelas estudiadas fue observado que los trips encuentran un nicho de protección en las malezas llegamos a la misma conclusión que González *et al.* (2010), ya que con un control de la presencia de arvenses podríamos reducir significativamente la presencia de *F. occidentalis* en los huertos de producción, aunado al control común con insecticidas, aunque es más recomendable usar medidas de control biológico.

Conclusiones.

Con la aplicación de técnicas geoestadísticas es posible determinar la distribución y comportamiento de insectos como *F. occidentalis* en el cultivo de aguacate, ya que estos insectos forman centros de agregación dispersos dentro de los huertos de cultivo de este fruto, situación que fue verificada en las tres parcelas de estudio en el Municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, adicionalmente, el krigeado permite obtener imágenes claras sobre la ubicación geográfica de los centros de agregación de este insecto para dirigir certeramente las medidas de control necesarias.

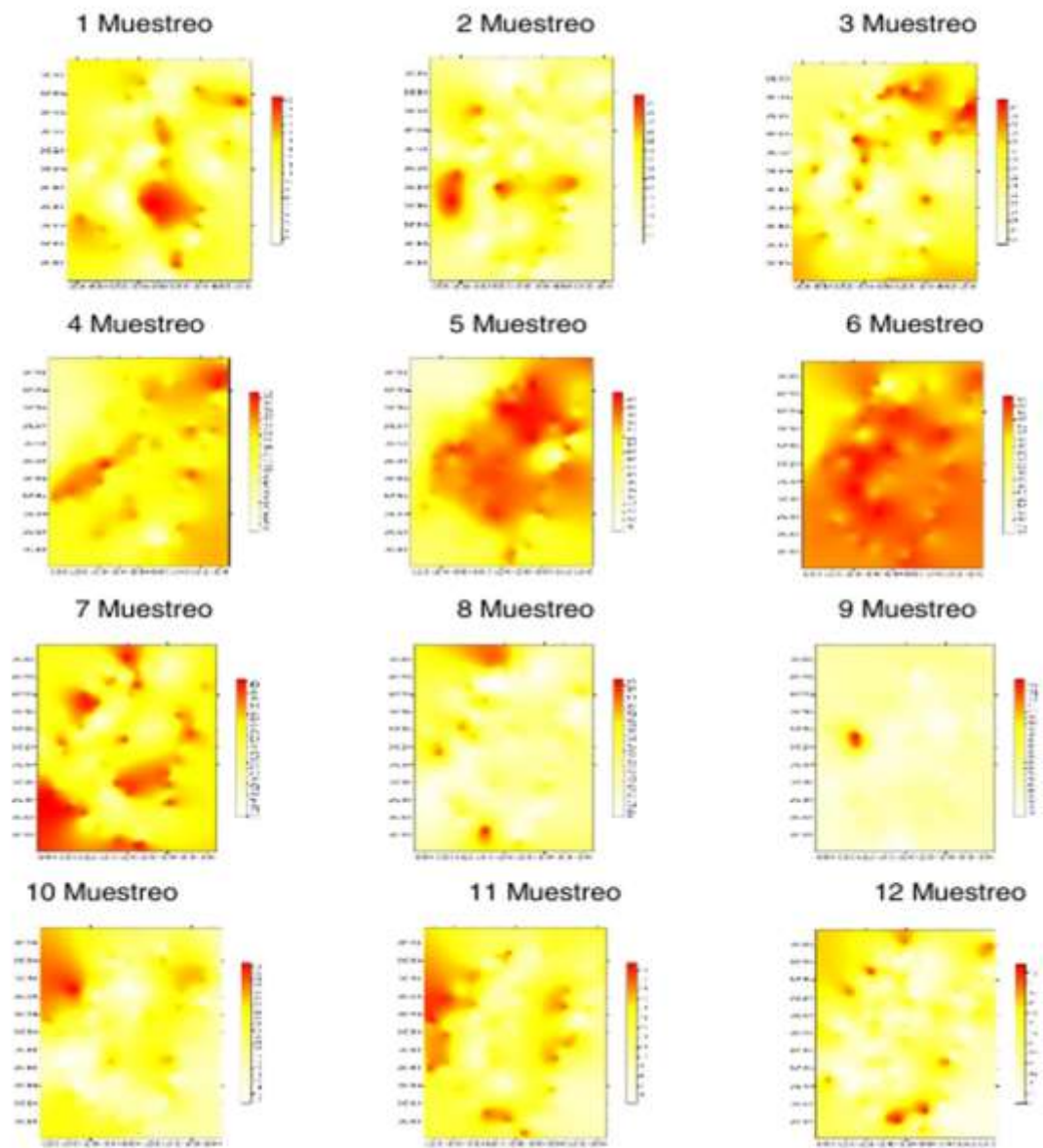


Fig. 4. Mapas de densidad de *Trips* en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014 (parcela 1)

Fig. 4. Density Maps Trips avocado in Coatepec Harinas durante 2014 (plot 1)

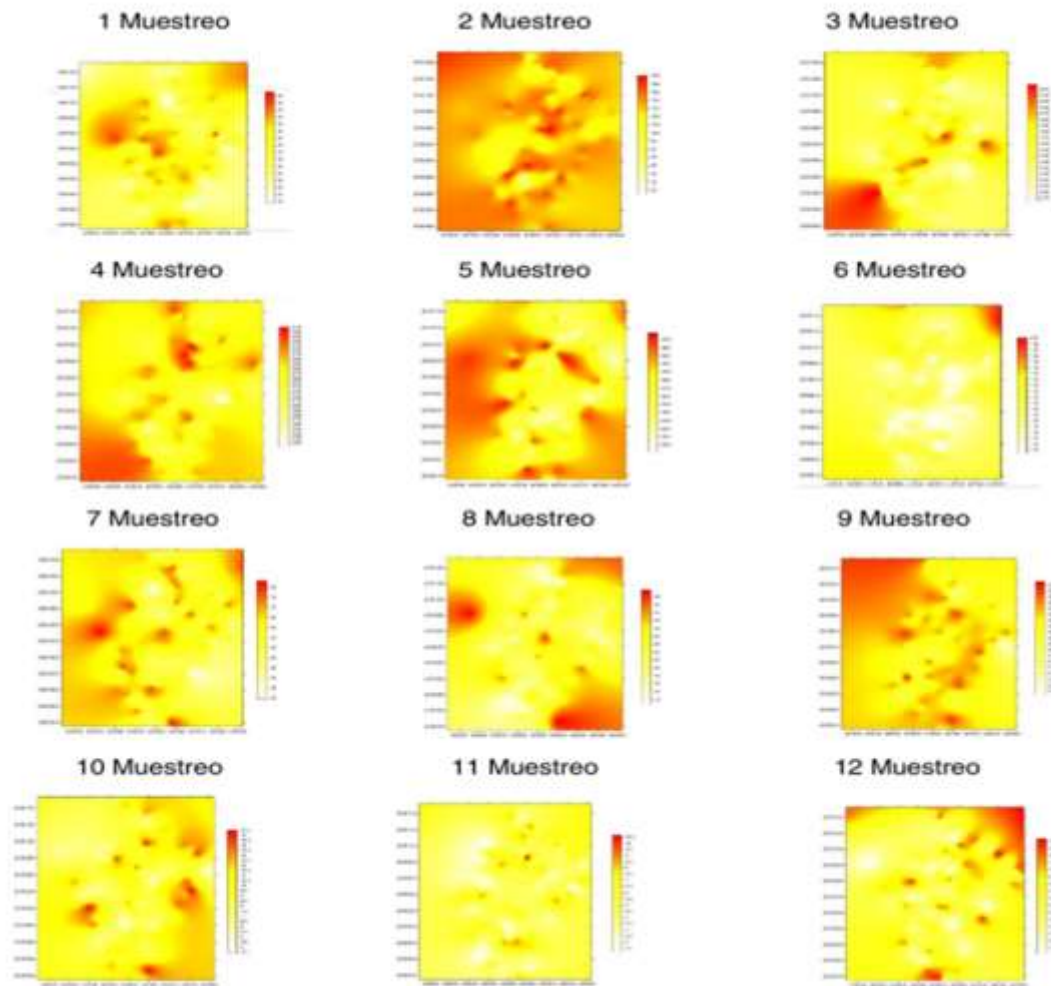


Fig. 5. Mapas de densidad de *Trips* en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014 (parcela 2)

Fig. 5. Density Maps Trips avocado in Coatepec Harinas durante 2014 (plot 2)

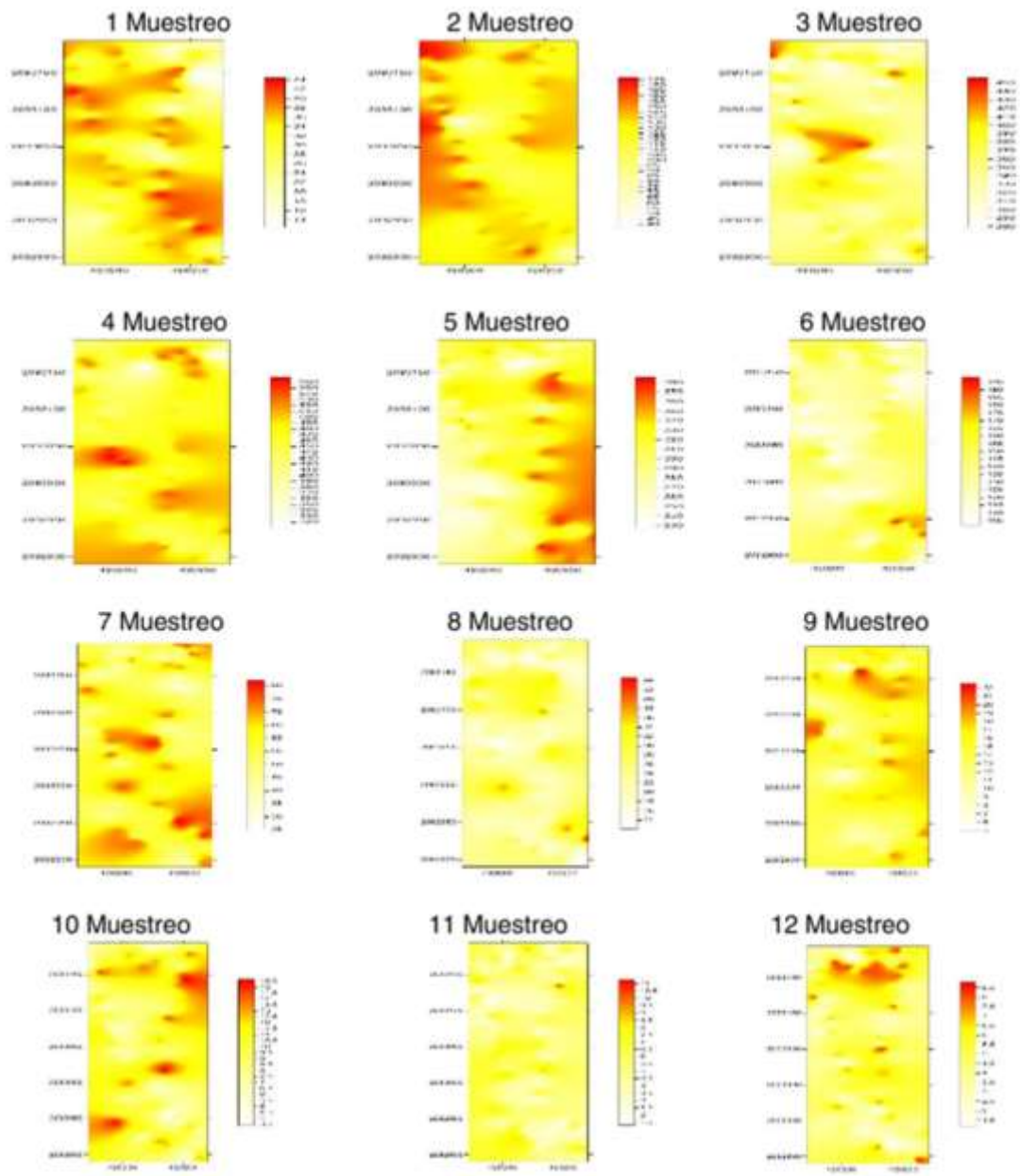


Fig. 6. Mapas de densidad de *Trips* en aguacate en Coatepec Harinas durante 2014 (parcela 3)

Fig. 6. Density Maps Trips avocado in Coatepec Harinas durante 2014 (plot 3)

Literatura Citada.

Amador R; M. D; & Escobedo Rosales, J. S. (2004). Distribuciones espaciales de malezas y rendimiento de maíz en labranza reducida y convencional. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3) 223-231.

Ascensión G., Bravo H., González H., Johanssen R.M. y Becerril A.E. (1999). Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 291-296.

Blom, E. and Fleischer, S. (2002). Dynamics in the spatial structure of *leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 350-364 p.i

Bressan, A.; Moral, J. F.; Semetey, O. and Boudon-Paidieu, E. (2010). Spatio-temporal pattern of *Pentastiridius Leporinus* migration in an ephemeral cropping system: *Agricultural and Forest Entomology*. 59-68 p.

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 p.

Castañeda E.L., y Johanssen R.M. (2011). Trips asociados al aguacate en el estado de México. *Actas del VII Congreso mundial del aguacate*. Cairns, Australia. 1130-1150 p.

DE LA CASA, A; Ovando. G; Rodríguez. A; Bressanini .L; y Buffa, E. (2003). Evaluación espacial del nitrógeno disponible del suelo en un cultivo de papa cv. spunta en Córdoba, Argentina. *Agric. Téc.* vol.63, n.3, pp. 311-318

Fleischer, S., 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. & Sadlerb, E. J. (Eds.). The state of Site-Specific Management for Agriculture, ASA miscellaneous Publication*. Madison, WI, 430 p.

González H., H., Sosa T., C.M., González R., M. & Valle de la Paz, A.R. (1998). Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) In: *Avances de investigación*, 1997. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, 209-210 p.

González H., Méndez A., Valle A. y González M. (1999). Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 287-290.

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.

Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Univ. Press, New York. 35-38 p.

Jiménez C., R. A, Ramírez, D.J.F; Sánchez, P.J.R; Salgado, S.M.L. y Laguna, A. (2014). Modelización espacial de huevos de Thrips (Thysanoptera: Frankliniella occidentalis) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo, Mendoza*, v. 46, n. 1, jun. 2014

Jiménez, C. R. A; Ramírez, D. J. F; Sánchez, P. J. R; Salgado, S. M. L. y Laguna, C. A. (2013). Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 183-192.

Johansen, N. R. M.; Mujica, G. A.; González, H. H., Valle DE LA Paz, A. R., Castañeda, G. E. L., Ávila, Q. G.; Sosa, T. C. M. (2007). Trips asociados con el aguacate en México. pp. 134-153. En: Téliz, M.; Mora, A. (Eds.). *El aguacate y su manejo integrado*. Mundi Prensa México. México. 321 p.

Journel, A. G.; Huijbregts, C. J. (1978). *Mining Geostatistics*. Academic Press, London, U. K. 600 p.

Liebhold, A. & Sharov, A. (1998). Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data, p. 1-17. *In: Baumgartner, J., Brandmayr, P. & Manly, B. F. J. (Eds.). Population and community Ecology for insect management and conservation.* Balkema, Rotterdam, 435 pp.

Marroquín P., F. J. (1998). Factores que favorecen la incidencia de roña *Sphaceloma perseae Jenk*, en el cultivo del aguacate (*Persea americana Mill.*) variedad "Hass", en tres regiones agroclimáticas de Michoacán.

Marroquín, P. F. J. (1999). Factores que favorecen la incidencia de la roña *Sphaceloma perseae Jenk.* en el cultivo del aguacate (*Persea americana Mill.*) variedad "Hass" en tres regiones agroclimáticas de Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 309-312.

Moral, G. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.* ISSN 1697-2473, Número 1

Moreno, S., Rocha, A., Alvarado, M.A., Salgado, M.G. y Pinson, E.P. (2010). Aguacate variedades, cultivo y producción en Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Jiménez editores e impresores

Oliver, M. and Webster, R. (1991). How geostatistics can help you. *Soil use and Management.* 206-217p.

Ramírez, J. F. & Porcayo, E. (2010). 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.

Ramírez, D. J. F.; Porcayo, C. E. y 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.

Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. 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.

Ramírez, D. J. F.; Solares, A. V.M; Figueroa F. D. K.; Sánchez, P.J.R.; (2013).Comportamiento espacial de trips (Insecta:THYSANOPTERA), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana mill.*) en Zitácuaro, Michoacán, México *Acta Zool. Mex.* vol.29 no.3 Xalapa dic. 2013.), 550-556 p.

Ramírez, D. J. F.; Jiménez, C. R.A; Sánchez, P. J. R.; Rubí, A. M ; Figueroa, F. D.K. (2014). Distribución espacial de *Asclepias curassavica* L en el Estado de México, México, *Phyton Argentina*, vol.83. n.1 pp. 193-202.

Rong, J.; Dian-Mo, L.; Bao-Yu, X. Zhe, L. and Dong-Li, M., (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.; Mulla, J.; Journel, G. and Franz, H. (1992). Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*. 62:277-314.

Samper, F. J.; Carrera, J. (1996).*Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea*. 2nd ed. Centro scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American.

Sánchez, P. J. R; Pedraza, E.A.K; De la Cruz, C.M.; Quiñonez, V.R; Ramírez, D. J. F; (2014) distribución espacial de *Uromyces transversalis* en el cultivo de gladiolo durante el ciclo primavera-verano en la región sureste del estado de México. XVI Congreso Internacional y XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. *Revista Mexicana de Fitopatología* Vol. 32 (Suplemento).p s 41.

Sciarretta, A.; Trematerra, P. y Baumgärtner, P. (2001). Geostatistical analysis of *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*. 47:174-184.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGARPA. URL: www.siap.gob.mx (Consulta: 25 de Octubre 2014).

Solares, V.; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. 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.

Zúñiga, B., Malda, G., Suzán, H., 2005. Interacciones planta-nodriza en *Lophophora diffusa* (Cactaceae) en un desierto subtropical de México. *Biotrópica* 37, 351–356.

CAPITULO II

Los datos obtenidos durante los muestreos realizados del 3 de julio al 18 de diciembre de 2014 fueron plasmados en un segundo artículo que ha sido **publicado** en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas en el volumen 7 número 4 perteneciente al mes de mayo del 2016. Este artículo se muestra a continuación.

Texcoco, Estado de México, 25 de noviembre de 2015
Ref.: 740-15

Dr. José Francisco Ramírez Dávila
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Autónoma del Estado de México

Presente

Por medio de la presente se hace constar que el manuscrito titulado: "Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México.", del cual son autores(as): **Fatima Irais Maldonado Zamora, José Francisco Ramírez Dávila, Martin Rubí Arriaga, Xanat Antonio Némiga y Ana Veronica Lara Diaz**, fue aceptado para ser publicado en el Vol. 7 Núm. 4, de 16 de mayo - 29 de junio de 2016 en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Sin otro particular, le envió un cordial saludo.

Atentamente



DRA. DORA MA. SANGERMAN-JARQUÍN
EDITORA EN JEFA DE LA REVISTA
MEXICANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

c.c.p. * Archivo
KYRP/gjr



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
ISSN: 2007-0934
revista_atm@yahoo.com.mx
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
México

Maldonado Zamora, Fátima Irais; Ramírez Dávila, José Francisco; Rubí Arriaga, Martín;
Némiga, Xanat Antonio; Lara Díaz, Ana Verónica
Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 7, núm. 4, mayo-junio, 2016, pp. 845-856
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Estado de México, México

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm. 4 16 de mayo - 29 de junio, 2016 p. 845-856

Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México* Spatial distribution of thrips in avocado in Coatepec Harinas, State of Mexico

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

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

Resumen

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

Abstract

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

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

* Recibido: enero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

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

Introducción

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

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

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

Introduction

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

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

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

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

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

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

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

Materiales y métodos

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

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

Thrips control has been carried out with application of insecticides and weed removal (Coria, 1993; Méndez *et al.*, 1999). Knowledge of the distribution of thrips is indispensable for the development of integrated management programs, due to the importance of this pest, therefore, the objectives were to determine the spatial distribution of adult *F. occidentalis* in the cultivation of avocado in Coatepec Harinas and map the spatial distribution using spatial statistics, in particular geostatistics it provides a direct measure of spatial dependence, taking into account the two-dimensional nature of the distribution of organisms through its exact location space and display maps (Ramírez and Porcayo, 2010).

Materials and methods

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

Los valores de la validación cruzada son:

Media de los errores de estimación (MEE):

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

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

b) Error cuadrático medio (ECM):

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

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

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

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

Nivel de dependencia espacial

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

Elaboración de mapas: la elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del kriging ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados todo esto con base a lo establecido por Samper y Carrera (1996). Y finalmente, se estableció la superficie infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo pertenecientes al ciclo verano-otoño 2014 de *F. occidentalis*,

b) Mean square error (ECM):

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

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

c) Dimensionless mean square error (ECMA):

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

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

Level of spatial dependence

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

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

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

Results and discussion

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

Los valores de la validación cruzada son:

Media de los errores de estimación (MEE):

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

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

b) Error cuadrático medio (ECM):

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

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

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

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

Nivel de dependencia espacial

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

Elaboración de mapas: la elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del kriging ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados todo esto con base a lo establecido por Samper y Carrera (1996). Y finalmente, se estableció la superficie infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo pertenecientes al ciclo verano-otoño 2014 de *F. occidentalis*,

b) Mean square error (ECM):

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

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

c) Dimensionless mean square error (ECMA):

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

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

Level of spatial dependence

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

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

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

Results and discussion

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

Cuadro 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis*, por fecha de muestreo en Coatepec Harinas, Estado de México, verano-otoño 2014 (parcela 2).**Table 2. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis*, by sampling date in Coatepec Harinas, State of Mexico, summer-autumn 2014 (plot 2).**

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

Cuadro 3. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis*, por fecha de muestreo en Coatepec Harinas, Estado de México, verano-otoño 2014 (parcela 3).**Table 3. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis*, by sampling date in Coatepec Harinas, State of Mexico, summer-autumn 2014 (plot 3).**

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

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

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

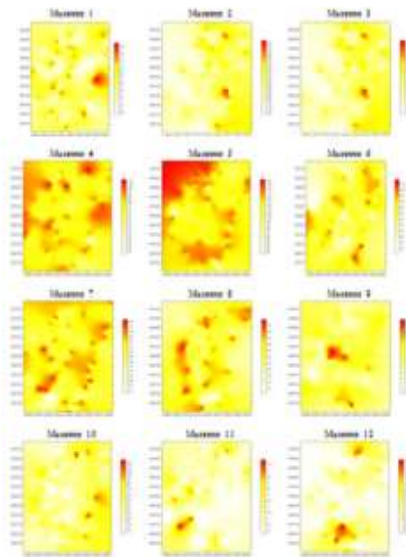


Figura 1. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 1).

Figure 1. Thrips density maps in the cultivation of avocado (plot 1).

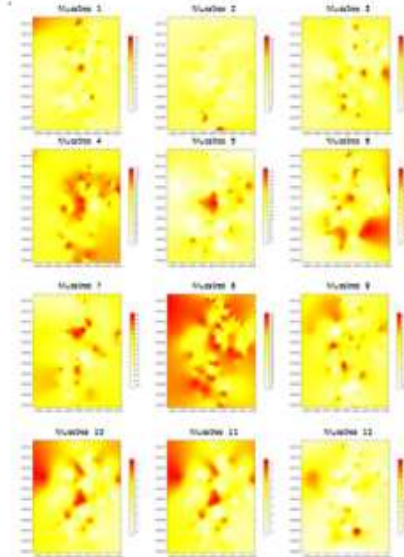


Figura 2. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 2).

Figure 2. Maps density of thrips in avocado cultivation (plot 2).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

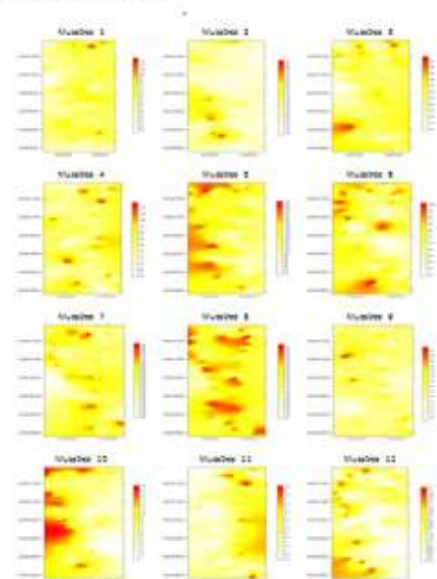


Figura 3. Mapas de densidad de trips en el cultivo de aguacate (parcela 3).

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

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

Literatura citada

- Armstrong, M. and Jabin, R. 1981. Variogram models must be positive definite. *Mathematical Geology*. 13(5):455-459.
- Bender, G. 1998. Avocado thrips in San Diego Country. *Subtropical Fruit News*. 6(2):14.
- Cambardella, C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco, R. and Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58(5):1501-1511.
- Castañeda, E. L. y Johansen R. M. 2011. Trips asociados al aguacate en el Estado de México. *In: Actas del VII Congreso mundial del aguacate*. Cairns, Australia. Sociedad internacional de la palta. 1130-1150 pp.
- Childers, C. C. 1997. Feeding and oviposition injuries to plants. *In: Lewis, T. (Ed.). Thrips as crops pests*. Cab International. USA. 505-537 pp.
- Coria, A. V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán. Folleto para productores Núm. 19. SAGAR. INIFAP. México. 20 p.
- Dahlsten, D.; Garcia, R. and Lorraine, H. 1989. Eradication as a pest management tool: concepts and contexts. *In: Dahlsten, D. and Garcia, R. (Eds.). Eradication of exotic pests. Analysis with case histories*. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 3-15 pp.
- De Villiers, E. A. and Van Den Berg, M. A. 1987. Avocado insects of South Africa. *Afr. Avocado Growers' Assoc Yrb.* 10:75-79.
- Fisher, J. B. 1989. Structure and development of surface deformations on avocado fruits. *HortSci*. 24(5):841-844.
- González, H.; Sosa, C. M.; González, M. y Valle de la Paz, A. R. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.). *In: Avances de investigación, 1997*. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 209-210 pp.
- Hevesi, J.; Istok, J. and Flint, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics, part I, structural analysis. *J. Appl. Meteorol.* 31(7):661-676.
- Higley, L.; Pedigo, L. and Ostlie, K. 1986. "DEGDAY: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach". *Environ. Entomol.* 15(5):999-1016.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M. 1989. An introduction to applied geostatistics. 1^o ed. Oxford Univ. Press. New York, USA. 35-38 pp.
- Jiménez, C. R. A.; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R.; Salgado, S. M. L. y Laguna, A. 2013. Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Rev. Colomb. Entomol.* 39(2):183-192.
- Journel, A. G. and Huijbregts, Ch. J. 1978. Mining geostatistics. Second ed. Academic Press. Londres, Reino Unido. 600 p.
- Le Veen, E. P. 1989. Economic evaluation of eradication programs. *In: Dahlsten, D. and Garcia, R. (Eds.). Eradication of exotic pests. Analysis with case histories*. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 41-56 pp.
- López, G. F.; Jurado, E. M.; Atenciano, S.; García, F. A.; Sánchez, M. and García, T. L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant Soil*. 246(1):97-105.
- scattered aggregation within crop orchards, a situation that was verified in the three study plots in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico. It is noteworthy that the results show that there was a high spatial dependence between the data and the sampling error was minimal. The highest percentage of infestation was found in the plot two during the month of august with 96% infestation.

End of the English version



Mc Murtry, J. A.; Johnson, H. G. and Newberger, S. J. 1991. Imported parasite of greenhouse thrips established on California avocado. *California Agriculture*. 45(6):31-32.

Méndez, R. A.; González, H. H.; González, R. M. y Valle, P. A. R. 1999. Trips en tres huertos comerciales de aguacate en Michoacán. *In: Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología*. Sociedad Mexicana de Entomología A. C. Aguascalientes, México. 368-371 pp.

Milonas, P.; Savopoulou-Soultani, M. and Stavridis, D. 2001. Day-degree models for predicting the generation time and fight activity of local populations of *Lobesia botrana* (Den. y Schiff.) (Lep., Tortricidae) in Greece. *J. Appl. Entomol.* 125(9-10):515-518.

Moreno, S.; Rocha, A.; Alvarado, M. A.; Salgado, M. G. y Pinson, E. P. 2010. Aguacate variedades, cultivo y producción en Nuevo León. Primera ed. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. México. 148 p.

Ramírez, D. J. F. y Porcayo, E. 2010. Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del parque nacional nevado de Toluca, México, utilizando el método de SADIE. *Madera y Bosques* 34(1):93-111.

Rossi, R.; Mulla, J.; Journel, G. and Franz, H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monographs*. 62(2):277-314.

Samper, F. J. y Carrera, J. 1996. Geoestadística: aplicaciones a la hidrología subterránea. Segunda (Ed.). Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona, España. 484 p.

Savopoulou S. M.; Milonas, P. and Skoulakis, G. 1996. Development and life-fertility tables for *Lobesia botrana* (Den. y Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 92(1):551-556.

SIAP. 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola. www.siap.gob.mx (consultado octubre, 2014).

Solares, V.; Ramírez, J. F. y Sánchez, R. 2011. Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 12(2):1-12.

Trematerra, P. and Sciarretta, A. 2002. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *J. Stored Prod. Res.* 40(4): 363-377.

CAPITULO III

El análisis que muestra la comparación de los datos obtenidos durante los 24 muestreos realizados durante 2014 a las tres parcelas estudiadas, se resume en el artículo enviado a la revista Southwestern entomologist.

Cabe mencionar que este artículo ya fue aceptado para su publicación el próximo volumen 42 número 2 correspondiente al mes de junio de 2017.



05Feb17

Estimado Dr. Ramírez: me es grato comunicarle que su manuscrito
**“Estabilidad Espacial y Temporal de la Distribución de Trips (Insecta: Thysanoptera)
en el Cultivo de Aguacate en El Estado de México”** de los autores **Fátima Irais
Maldonado-Zamora; José Francisco Ramírez-Dávila; Ana Verónica Lara-Díaz;
Roberto Rivera-Martínez; Agustín David Acosta-Guadarrama; Dulce Karen
Figueroa-Figueroa y Martín Rubí-Arriaga**, ha sido aceptado para publicarse en la
revista *Southwestern Entomologist*.

Sin más por el momento reciba un afectuosos saludo y le agradecemos su
interés de publicar su interesante trabajo en *nuestra* revista.

Atentamente,

Carlos A. Blanco

Carlos A. Blanco, Editor asociado

Carlos.a.blanco@aphis.usda.gov / carlos.blanco1206@gmail.com

Cc. Bonnie Pendleton, Editor-in-Chief

Estabilidad Espacial y Temporal de la Distribución de Trips (Insecta: Thysanoptera) en el Cultivo de Aguacate en el Estado de México

Stability spatio-temporal distribution of thrips (**Insecta: Thysanoptera**) in the cultivation of avocados in **State of Mexico**

Fatima Irais Maldonado-Zamora¹; José Francisco Ramírez-Dávila²; Ana Verónica Lara-Díaz¹; Roberto Rivera-Martínez¹; Agustín David Acosta-Guadarrama¹; Martín Rubí-Arriaga²

¹Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020.

²Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Apartado postal 5020.
jframirez@uaemex.mx

Resumen.

El uso excesivo e inadecuado de plaguicidas ha causado graves daños al ambiente y a la salud humana; por ello la utilización de nuevas técnicas que coadyuven a mitigar los impactos generados han tomado importancia durante los

últimos años. De esta manera, se realizan trabajos enfocados en la planeación y muestreo sistematizado de plagas, los cuales tienen como propósito proveer la información necesaria que permita el uso adecuado de plaguicidas y esto de pie a la generación de una agricultura más sustentable. A este respecto, los trips son insectos que causan graves daños en las huertas del cultivo de aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, y otros estados productores de este fruto, por ello, el estudio se realizó con el objetivo de analizar la estabilidad espacio temporal de trips con el índice de SADIE y la prueba de Cramér–von Mises, así como la modelización espacial de trips en el año 2014 en tres parcelas de cuatro hectáreas cada una en el Municipio de Coatepec Harinas, Estado de México. Los resultados muestran que la geoestadística y el SADIE lograron establecer patrones espaciales de trips. En los mapas de cada muestreo, pueden ser visualizados diversos centros de agregación a lo largo de las parcelas. Con tales resultados se pueden poner en marcha acciones preventivas hacia determinados puntos de incidencia de trips. El índice de asociación del SADIE (I_m) y la prueba bivariable de Cramér-von Mises (Ψ) permitieron determinar la estabilidad espacio temporal de trips en aguacate para el año 2014.

Palabras clave: Estabilidad espacio-temporal, Distribución espacial, SADIE, Aguacate.

Abstract.

The excessive and inappropriate use of pesticides has caused serious damage to the environment and human health; therefore the use of new techniques that help to mitigate the impacts have become important in recent years. Thus, focusing on planning and systematic pest sampling work is done, which are intended to provide the necessary information to allow the proper use of pesticides and this standing to the generation of a more sustainable agriculture. In this regard, thrips are insects that cause serious damage to crop avocado orchards in the town of Coatepec Harinas, State of Mexico, and other producing states of this fruit, therefore, the study was conducted with the aim of analyzing temporal stability space trips with SADIE index test and the Cramér-von Mises and spatial modeling of thrips in 2014 on three parcels of four acres each in the Municipality of Coatepec Harinas in the State of Mexico. The results show that geostatistics and SADIE able to establish spatial patterns of thrips. On maps of each sample can be displayed various aggregation centers along the plots. With such results can be put preventive actions to certain points of incidence of thrips on. The rate of association of SADIE (I_m) and the bivariate test Cramér-von Mises (Ψ) allowed to determine the temporal stability space trips 2014 in avocado. Keywords: Stability spatio-temporal, spatial distribution, SADIE, Avocado.

Keywords: **Stability** space-time, geostatistics, spatial distribution, SADIE, **avocado**.

Introducción.

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto tropical originario de las partes altas del centro y Este de México. Dichas áreas están incluidas en lo que se conoce como Mesoamérica, donde se considera se llevó a cabo la domesticación del mismo (Williams, 1977).

En México, en 2013, la superficie cosechada con aguacate fue de 144,244 ha (hectáreas), donde se produjeron 1,467,837 ton (toneladas) de fruta al año. Las exportaciones comerciales de aguacate se han intensificado y este país es el principal productor, pues contribuye con el 32% de la producción mundial (FAOSTAT, 2014). En el Estado de México, la superficie sembrada es de 2,036 ha, teniendo una superficie cosechada de 1,796 ha con una producción de 26,691 ton (SIAP, 2013).

La familia Lauraceae, a la cual pertenece el aguacate (*P. americana*), está asociada con 108 especies de insectos y ácaros en las principales regiones productoras de aguacate, en las cuales se agrupa el mayor número de especies nocivas de este frutal (Waite y Martínez, 2002). Este árbol, puede ser atacado por diversas plagas, los trips (Thripidae), son considerados dentro de las plagas de importancia económica (González *et al.*, 2002) debido a que causan lesiones en hojas, flores y frutos pequeños cuando se alimentan (González *et al.*, 2000). En México se conocen 10 especies depredadoras en agroecosistemas de aguacate (Johansen, *et al.*, 2007). Para el control de estos organismos, el método

más usado es el control químico (Dughetti, 1990), lo que ha creado problemas como la resistencia y el impacto ambiental por su mal uso.

Es por ello, que existen estudios que buscan otras alternativas como es el uso de depredadores (Lacasa y Llorens, 1998). Además de la alternativa de agroquímicos, hoy día se cuenta con la ayuda de la geoestadística que permite caracterizar la distribución espacial. Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos y permiten elaborar mapas de gran utilidad (Isaaks y Srivastava, 1988; Oliver y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Speight *et al.*, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer, 2001).

Con el uso de la geoestadística es posible establecer mapas de la distribución espacial del insecto y su porcentaje de incidencia, para obtener ahorros económicos y un manejo amigable con el ambiente al direccionar las alternativas de control tanto químico como biológico a zonas específicas donde se presenta el insecto. Hasta el día de hoy es poca la información disponible sobre la estabilidad espacio temporal de trips en aguacate en las regiones productoras de México y en particular en el Estado de México. Este tipo de trabajos pretende modelizar la distribución espacial de trips en el año 2014 con la utilización de técnicas geoestadísticas y determinar la estabilidad espacio temporal de trips con el uso de la técnica de Cramer-von Mises e índice de SADIE en Coatepec Harinas, Estado de México.

Materiales y Métodos.

El estudio se llevó a cabo en tres parcelas de cuatro hectáreas cada una con antecedentes de la presencia de trips durante el año 2014 en el municipio de Coatepec Harinas en el Estado de México, donde predomina un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw) según la clasificación de Köppen, con una temperatura media anual de 18.8°C.

Las parcelas fueron divididas en cuadrantes de 20x20 metros (100 cuadrantes) y se seleccionaron 40 cuadrantes aleatoriamente para realizar los muestreos quincenales. En cada uno de estos cuadrantes, se seleccionaron tres árboles, lo que formó un total de 120 árboles por parcela. En estos árboles, se colocaron doce trampas (tres en cada punto cardinal del árbol). Cada árbol fue georeferenciado con ayuda de un navegador Garmin modelo Oregón 650 y se llevaron a cabo muestreos quincenales los días 3 y 18 de cada mes de enero a diciembre. La captura de adultos de trips se logró con el uso de vasos amarillos impregnados de manteca vegetal y con un gancho de alambre en la base para sujetarlos en las ramas del árbol. Los trips adheridos en los vasos fueron contabilizados con una lente de aumento 20X.

El análisis geoestadístico se llevó a cabo a partir del valor de la suma de los conteos quincenales con el programa Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Springer Verlag, New York, USA). Una vez hecho lo anterior, se calculó el valor del semivariograma con la expresión (Journel, *et al.*, 1978, Isaaks y 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 . $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Una vez obtenido el semivariograma experimental, se realizó su ajuste a un semivariograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, etcétera) usando el mismo programa (Variowin 2.2) (Ramírez, *et al.*, 2011, Jiménez, *et al.*, 2014). Los semivariogramas fueron validados mediante el método de validación cruzada, el cual consiste en determinar que los valores de los estadísticos correspondientes se encuentren en los rangos (Isaaks y Srivastava, 1989).

Adicionalmente, se realizó el análisis para determinar el nivel de dependencia espacial, esto se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando su resultado en porcentaje según los procedimientos usados por Cambardella *et al.*, (1994) y López, *et al.*, (2002).

La elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del krigado ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, todo esto en base a lo establecido por Samper *et al.* (1996). Y finalmente, se estableció la superficie

infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo pertenecientes al año 2014 de *F. occidentalis*, mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

Además de lo anterior, se utilizó el análisis espacial por índices de distancia, este método fue desarrollado por el Dr. Joe N. Perry del departamento de entomología y nematología de Rothamsted (Reino Unido). El programa SADIE (por sus siglas en inglés) identifica el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de la agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual, incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico. Este, es un índice más descriptivo e informativo de la distribución espacial de las poblaciones de insectos que el índice de dispersión y el índice de Green, los cuales dependen directamente de la abundancia de la población (Perry *et al.*, 1996). En 1995, Perry determinó que para datos de ubicaciones específicas, el uso de la distancia para la regularidad es muy adecuado y demostró como distinguir no aleatoriedad en forma de heterogeneidad estadística, de la no aleatoriedad espacial. También, desarrollo 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 para la

interpretación y un índice para estimar el número de focos de agrupamiento de las poblaciones llamado índice *Ja*.

Se realizó el análisis de la estabilidad espacial y temporal usando la modificación a la prueba no paramétrica de Cramér-von Mises propuesta por Syrjala en 1996 para los resultados obtenidos con el método del krigeado y para los resultados obtenidos con SADIE. Se llevó a cabo mediante el uso del índice de asociación (*Im*) (Perry y Klukowsky, 1997). Si $Im > 0$ es indicativo que existe una asociación o estabilidad espaciotemporal entre los mapas.

Resultados y Discusión.

Diversos trabajos sobre la distribución espacial de plagas han mostrado beneficios en las áreas de producción, ya que el uso de las técnicas geoestadísticas permite reducir el uso de insecticidas para el control de estas, por ejemplo los trabajos realizados por Bressan, *et al.*, (2010), Sciarreta, *et al.*, (2001), Winder, *et al.*, (1999) y Sciarreta, *et al.*, (2006).

El uso de técnicas geoestadísticas permitió determinar que, en las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, existe una estructura agregada dentro de las tres parcelas estudiadas; situación que concuerda con los estudios realizados por Ramírez, *et al.*, (2011), Jiménez, *et al.*, (2013), Solares, *et al.*, (2011), y Crespo, *et al.*, (2012). El número máximo de trips superó los cuatrocientos individuos entre los meses de febrero y marzo en las tres parcelas y el número menor de trips se encontró en el mes de diciembre en ambos muestreos y pese a lo observado por Ramírez, *et al.*, (2013) en la época de lluvias (junio-agosto) se observa una

reducción drástica en las poblaciones de trips debido a las bajas temperaturas registradas durante este periodo.

La determinación de los posibles patrones de distribución a los que se ajusta una población de insectos en un cultivo dado ayuda a conocer sus hábitos de vida, su tendencia a agruparse o no en las diferentes etapas de su desarrollo y las preferencias con respecto a su hábitat (Manoiloff, *et al.*, 1982); conforme a esto, en las tres parcelas muestreadas se encontró una distribución espacial de tipo agregada para todas las fechas registradas (Figura 1, 2, 3).

Los mapas de densidad de población muestran los centros de agregación donde se localizaron los trips, es decir, su distribución se localiza en puntos específicos de las parcelas tanto en la región central, inferior, derecha o izquierda de los mapas, según el caso; en ellos, podemos observar que las mayores densidades de población fueron encontradas en los meses de febrero y marzo en las tres parcelas estudiadas, situación que difiere con lo reportado por González, *et al.*, (1998) y Ramírez, *et al.*, (2013), además de observar las menores incidencias del insecto en los meses de noviembre y diciembre debido a las bajas temperaturas reportadas en el Estado de México durante el invierno. Mediante los mapas, también fue posible identificar áreas libres de infestación, lo que nos facilita la dirección de medidas de control preventivas o correctivas ante la presencia de una plaga o enfermedad en los cultivos, evitando la generación de resistencia a plaguicidas y reduciendo la dependencia del área de producción, lo cual reducirá los gastos generados por los insumos e incrementará la eficiencia del agroecosistema.

Cuadro 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 1).

Table 1. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 1).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pep/ Mes %	Depend. Esp.
	3/Ene	Esférico	0	13.2	18.69	0	Alta
	18/Ene	Esférico	0	13.2	15.3	0	Alta
	3/Feb	Esférico	0	14.4	21.56	0	Alta
	18/Feb	Esférico	0	15,6	347.8	0	Alta
	3/Mar	Esférico	0	14.8	5100	0	Alta
Coatepec Harinas	18/Mar	Esférico	0	14.4	2320	0	Alta
(parcela 1)	3/Abril	Esférico	0	13.2	752	0	Alta
	18/Abril	Esférico	0	16.8	1116	0	Alta
	3/Mayo	Esférico	0	16.8	282	0	Alta
	18/May	Esférico	0	13.2	20.9	0	Alta
	3/Jun	Esférico	0	13.2	10.2	0	Alta
	18/Jun	Esférico	0	11.2	3.145	0	Alta
	3 /Jul	Esférico	0	13.2	9.96	0	Alta
	18/Jul	Gaussiano	0	13.2	16.53	0	Alta
	3/Ago	Gaussiano	0	14.3	96	0	Alta
	18/Ago	Gaussiano	0	12.1	269.7	0	Alta
	3/Sept	Esférico	0	15.4	487.2	0	Alta
	18/Sept	Gaussiano	0	12.1	228.1	0	Alta
	3/Oct	Esférico	0	18.7	200.1	0	Alta
	18/Oct	Esférico	0	17.6	88	0	Alta
	3/Nov	Gaussiano	0	15.6	7.56	0	Alta
	18/Nov	Gaussiano	0	9.9	10.08	0	Alta
	3/Dic	Gaussiano	0	9.8	10.06	0	Alta
	18/Dic	Esférico	0	17.6	4.12	0	Alta

Para el caso de la parcela número 1, la mayoría de los semivariogramas se adaptaron al modelo esférico, siendo la segunda quincena de julio, de

septiembre, los dos muestreos de agosto y noviembre y el primero de diciembre los que se adaptaron al modelo gaussiano (Cuadro 1). Para el caso de la parcela 2, los muestreos de la primer quincena de febrero, segunda de agosto y las correspondientes a los meses de noviembre y diciembre se adaptaron al modelo gaussiano mientras que el resto de las fechas de muestreo se ajustó al modelo esférico (Cuadro 2). En la parcela 3, los muestreos ajustados al modelo gaussiano fueron los correspondientes al mes de mayo, la primera quincena de febrero, la segunda quincena de octubre y el segundo de diciembre (Cuadro 3). El ajuste de la mayoría de los semivariogramas al modelo esférico indica que los centros de agregación se dispersan de forma aleatoria en la parcela, mientras que los que se apegan al modelo gaussiano reflejan que los centros de agregación se presentan de una manera continua dentro de la parcela, lo que podría generar infestación a plantaciones vecinas de forma continua. Los centros de agregación encontrados en las inmediaciones de las parcelas ajustadas a los modelos esféricos pueden deberse a la presencia de mayores poblaciones de malezas y las condiciones medioambientales propicias, así como corrientes de viento que dispersan a los insectos alrededor de los centros de agregación.

Cuadro 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 2).

Table 2. Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 2).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Meseta %	Dependencia Espacial
Coatepec Harinas (Parcela 2)	3/Ene	Esférico	0	13.2	51.3	0	Alta
	18/Ene	Esférico	0	13.5	408.9	0	Alta
	3/Feb	Gaussiano	0	9.6	1860	0	Alta
	18/Feb	Esférico	0	17	1659	0	Alta
	3/Mar	Esférico	0	12	1320	0	Alta
	18/Mar	Esférico	0	12	378	0	Alta
	3/Abril	Esférico	0	12	150.4	0	Alta
	18/Abril	Esférico	0	15.2	43.7	0	Alta
	3/May	Esférico	0	18	9.75	0	Alta
	18/May	Esférico	0	13.2	8.036	0	Alta
	3/Jun	Esférico	0	12	6.076	0	Alta
	18/Jun	Esférico	0	24	4.836	0	Alta
	3/Jul	Esférico	0	15.6	6.66	0	Alta
	18 /Jul	Esférico	0	13.2	113.1	0	Alta
	3/Ago	Esférico	0	12	186	0	Alta
	18/Ago	Gaussiano	0	12	226.2	0	Alta
	3/Sept	Esférico	0	14.4	755.3	0	Alta
	18/Sept	Esférico	0	12	153	0	Alta
	3/Oct	Esférico	0	16.8	239.2	0	Alta
	18/Oct	Esférico	0	14.4	133.5	0	Alta
3/Nov	Gaussiano	0	12	8.65	0	Alta	
18/Nov	Gaussiano	0	10.8	8.26	0	Alta	
3/Dic	Gaussiano	0	15.6	2.52	0	Alta	
18/Dic	Gaussiano	0	15.5	1.62	0	Alta	

Los parámetros del semivariograma se encuentran detallados en el cuadro 1, 2 y 3. En el caso del rango, indica la distancia máxima hasta la cual existe una relación espacial entre los datos. Los modelos de la distribución espacial de trips en las tres parcelas se lograron validar con los parámetros estadísticos al ubicarse dentro del rango permisible (Cuadro 1, 2 y 3). En todos los casos, existe una dependencia espacial alta entre los datos (Cuadro 1, 2 y 3). El valor obtenido en el efecto pepita para todos los muestreos realizados nos permiten afirmar que la escala de muestreo fue correcta y que el error de muestreo es reducido según lo establecido por Oliver & Webster en 1991. La validación de los modelos fue posible mediante funciones estadísticas establecidas por Isaaks y Srivastava (1988).

La dependencia espacial alta nos refleja que los datos están asociados entre si de una manera altamente significativa (Rossi, *et al.*, 1992), lo que nos permite suponer que las poblaciones de trips dependen entre sí.

Cuadro 3.Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de *F. occidentalis* en aguacate en el Estado de México en 2014 (parcela 3).

Table 3.Parameters of theoretical models adjusted to the semivariogram of *F. occidentalis* in avocado in the State of Mexico in 2014 (plot 3).

Localidad	Fecha	Modelo	Pepita	Rango	Meseta	Pepita/ Meseta %	Dependencia Espacial
Coatepec Harinas (Parcela 3)	3/Ene	Esférico	0	10.8	47.32	0	Alta
	18/Ene	Esférico	0	13.2	399.5	0	Alta
	3/Feb	Gaussiano	0	8.4	1880	0	Alta
	18/Feb	Esférico	0	21.6	1804	0	Alta
	3/Mar	Esférico	0	9.6	1280	0	Alta
	18/Mar	Esférico	0	10.8	391	0	Alta
	3/Abril	Esférico	0	12	139.2	0	Alta
	18/Abril	Esférico	0	10.8	43.75	0	Alta
	3/May	Gaussiano	0	9.6	10.35	0	Alta
	18/May	Gaussiano	0	9.6	7.29	0	Alta
	3/Jun	Esférico	0	13.2	5.607	0	Alta
	18/Jun	Esférico	0	10.8	4.641	0	Alta
	3/Jul	Esférico	0	10.8	6.78	0	Alta
	18 /Jul	Esférico	0	14.4	70.07	0	Alta
	3/Ago	Esférico	0	13.2	137.7	0	Alta
	18/Ago	Esférico	0	14.3	202.4	0	Alta
	3/Sept	Esférico	0	13.1	584.8	0	Alta
	18/Sept	Esférico	0	15.6	224	0	Alta
	3/Oct	Esférico	0	16.8	133.5	0	Alta
	18/Oct	Gaussiano	0	10.8	114.8	0	Alta
3/Nov	Esférico	0	16.8	7.83	0	Alta	
18/Nov	Esférico	0	19.8	0.0018	0	Alta	
3/Dic	Esférico	0	14.4	5.61	0	Alta	
18/Dic	Gaussiano	0	21.6	0.0035	0	Alta	

Los valores obtenidos con el índice I_a fueron significativamente superiores a uno en todos los casos para las tres parcelas, lo cual señala que la distribución de trips es de tipo agregado. Para el caso del índice J_a , su valor no fue significativamente mayor a uno, lo que permite determinar que la distribución espacial para las tres parcelas se encontró en numerosos centros de agregación. Estos datos se corroboran en las figuras 1, 2 y 3; ya que se demuestra la distribución agregada de los insectos en las diferentes parcelas en todas las fechas de muestreo.

Cuadro 4. Valores de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (parcela 1).

Table 4. Exchange rates I_a and J_a and their respective probabilities P_a and Q_a in avocado thrips population in Coatepec Harinas State of Mexico P_a y Q_a en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (plot 1).

FECHA	I_a	P_a	J_a	Q_a
1	1.40	0.007 ^s	1.11	0.156 ^{ns}
2	1.53	0.014 ^s	1.20	0.194 ^{ns}
3	1.44	0.003 ^s	1.13	0.205 ^{ns}
4	1.76	0.007 ^s	1.25	0.177 ^{ns}
5	1.51	0.012 ^s	1.12	0.281 ^{ns}
6	1.66	0.016 ^s	1.19	0.302 ^{ns}
7	1.62	0.011 ^s	1.23	0.271 ^{ns}
8	1.47	0.008 ^s	1.14	0.168 ^{ns}
9	1.62	0.005 ^s	1.19	0.322 ^{ns}
10	1.45	0.005 ^s	1.26	0.254 ^{ns}

11	1.77	0.010 ^s	1.25	0.275 ^{ns}
12	1.59	0.015 ^s	1.13	0.241 ^{ns}
13	1.61	0.009 ^s	1.24	0.193 ^{ns}
14	1.75	0.017 ^s	1.22	0.307 ^{ns}
15	1.44	0.004 ^s	1.12	0.261 ^{ns}
16	1.56	0.007 ^s	1.18	0.244 ^{ns}
17	1.48	0.018 ^s	1.15	0.178 ^{ns}
18	1.42	0.006 ^s	1.23	0.288 ^{ns}
19	1.55	0.012 ^s	1.20	0.312 ^{ns}
20	1.67	0.014 ^s	1.17	0.283 ^{ns}
21	1.78	0.006 ^s	1.14	0.163 ^{ns}
22	1.58	0.013 ^s	1.25	0.237 ^{ns}
23	1.49	0.011 ^s	1.13	0.255 ^{ns}
24	1.74	0.008 ^s	1.22	0.180 ^{ns}

ns: no significativo al 5% s: significativo al 5%

Cuadro 5. Valores de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (parcela 2).

Table 5. Exchange rates I_a and J_a and their respective probabilities P_a and Q_a in avocado thrips population in Coatepec Harinas State of Mexico P_a y Q_a en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (plot 2).

FECHA	I_a	P_a	J_a	Q_a
1	1.66	0.019 ^s	1.20	0.269 ^{ns}
2	1.48	0.012 ^s	1.13	0.193 ^{ns}

3	1.40	0.014 ^s	1.11	0.217 ^{ns}
4	1.59	0.005 ^s	1.25	0.291 ^{ns}
5	1.59	0.010 ^s	1.16	0.250 ^{ns}
6	1.61	0.009 ^s	1.28	0.319 ^{ns}
7	1.50	0.013 ^s	1.13	0.255 ^{ns}
8	1.71	0.011 ^s	1.21	0.293 ^{ns}
9	1.47	0.018 ^s	1.26	0.301 ^{ns}
10	1.77	0.007 ^s	1.17	0.208 ^{ns}
11	1.53	0.013 ^s	1.22	0.238 ^{ns}
12	1.62	0.006 ^s	1.15	0.233 ^{ns}
13	1.68	0.014 ^s	1.24	0.317 ^{ns}
14	1.74	0.004 ^s	1.16	0.211 ^{ns}
15	1.56	0.010 ^s	1.19	0.170 ^{ns}
16	1.60	0.012 ^s	1.21	0.279 ^{ns}
17	1.72	0.016 ^s	1.27	0.299 ^{ns}
18	1.44	0.017 ^s	1.16	0.204 ^{ns}
19	1.65	0.009 ^s	1.11	0.181 ^{ns}
20	1.76	0.013 ^s	1.13	0.259 ^{ns}
21	1.52	0.015 ^s	1.24	0.233 ^{ns}
22	1.44	0.003 ^s	1.19	0.209 ^{ns}
23	1.69	0.012 ^s	1.27	0.244 ^{ns}
24	1.70	0.016 ^s	1.22	0.251 ^{ns}

ns: no significativo al 5% s: significativo al 5%

Cuadro 6. Valores de los índices Ia y Ja y sus respectivas probabilidades Pa y Qa en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (parcela 3).

Table 6. Exchange rates Ia and Ja and their respective probabilities Pa and Qa in avocado thrips population in Coatepec Harinas State of Mexico Pa y Qa en la población de trips en aguacate en Coatepec Harinas Estado de México (plot 3).

FECHA	Ia	Pa	Ja	Qa
1	1.63	0.004 ^s	1.11	0.249 ^{ns}
2	1.79	0.008 ^s	1.25	0.298 ^{ns}
3	1.45	0.011 ^s	1.17	0.252 ^{ns}
4	1.51	0.009 ^s	1.22	0.277 ^{ns}
5	1.73	0.017 ^s	1.19	0.242 ^{ns}
6	1.47	0.013 ^s	1.23	0.305 ^{ns}
7	1.52	0.010 ^s	1.20	0.291 ^{ns}
8	1.80	0.005 ^s	1.14	0.214 ^{ns}
9	1.47	0.015 ^s	1.16	0.244 ^{ns}
10	1.66	0.008 ^s	1.22	0.217 ^{ns}
11	1.52	0.011 ^s	1.12	0.328 ^{ns}
12	1.71	0.004 ^s	1.17	0.180 ^{ns}
13	1.68	0.012 ^s	1.28	0.253 ^{ns}
14	1.62	0.007 ^s	1.14	0.265 ^{ns}
15	1.70	0.014 ^s	1.20	0.183 ^{ns}
16	1.53	0.011 ^s	1.19	0.202 ^{ns}
17	1.77	0.006 ^s	1.23	0.251 ^{ns}
18	1.69	0.012 ^s	1.27	0.211 ^{ns}
19	1.56	0.006 ^s	1.19	0.275 ^{ns}

Cuadro 7. Comparación de mapas con la prueba bivariable de Cramer-von Mises modificada por Syrjala (1996) e índices de asociación de distribución espacial (I_m) de SADIE obtenidos mediante el muestreo de trips en Coatepec Harinas, Estado de México.

Table 7. Comparison of maps with bivariable test Cramer-von Mises amended by Syrjala (1996) and indexes of association of spatial distribution (I_m) SADIE obtained by sampling trips in Coatepec Harinas, State of Mexico.

FECHAS COMPARADAS	PARCELA 1				PARCELA 2				PARCELA 3			
	ψ	VALOR DE P	DIFERENCIA (5%)	I_m	ψ	VALOR DE P	DIFERENCIA (5%)	I_m	ψ	VALOR DE P	DIFERENCIA (5%)	I_m
1 vs. 2	0.20	0.64	No Significativa	0.21	0.44	0.25	No Significativa	1.32	0.16	0.34	No Significativa	1.10
2 vs. 3	0.32	0.45	No Significativa	0.13	0.15	0.62	No Significativa	0.91	1.20	0.04	Significativa	-0.54
3 vs. 4	0.29	0.72	No significativa	1.17	0.19	0.44	No significativa	0.47	1.09	0.02	Significativa	-1.32
4 vs. 5	0.35	0.57	No Significativa	1.62	0.23	0.37	No Significativa	0.66	1.36	0.07	Significativa	-0.55
5 vs. 6	1.18	0.04	Significativa	-0.54	0.21	0.21	No Significativa	1.05	1.22	0.05	Significativa	-0.86
6 vs. 7	1.30	0.06	Significativa	-0.97	0.36	0.68	No Significativa	0.31	1.58	0.09	Significativa	-0.56
7 vs. 8	1.26	0.08	Significativa	-1.05	0.32	0.27	No Significativa	0.86	1.35	0.02	Significativa	-1.47
8 vs. 9	0.29	0.59	No Significativa	0.88	0.18	0.36	No Significativa	1.27	1.29	0.06	Significativa	-1.96
9 vs. 10	0.20	0.75	No Significativa	0.34	1.29	0.05	Significativa	-0.36	0.27	0.28	No Significativa	1.27
10 vs. 11	0.33	0.63	No Significativa	1.37	0.17	0.48	No Significativa	1.01	0.41	0.25	No Significativa	1.62
11 vs. 12	0.21	0.69	No Significativa	1.29	0.29	0.55	No Significativa	1.28	0.36	0.36	No Significativa	0.33
12 vs. 13	0.19	0.71	No Significativa	1.01	0.34	0.29	No Significativa	0.53	0.25	0.49	No Significativa	0.28
13 vs. 14	0.34	0.80	No Significativa	0.55	0.28	0.33	No Significativa	0.96	1.17	0.06	Significativa	-0.82
14 vs. 15	0.18	0.79	No Significativa	0.74	0.17	0.40	No Significativa	0.84	1.44	0.03	Significativa	-0.36

15 vs. 16	1.02	0.06	Significativa	-0.83	1.25	0.04	Significativa	-1.27	1.38	0.05	Significativa	-1.03
16 vs. 17	0.27	0.62	No Significativa	1.65	1.36	0.02	Significativa	-1.63	0.19	0.59	No Significativa	1.44
17 vs. 18	1.21	0.05	Significativa	-0.92	0.38	0.50	No Significativa	0.55	0.24	0.41	No Significativa	1.29
18 vs. 19	1.25	0.04	Significativa	-1.27	0.26	0.65	No Significativa	1.32	1.18	0.05	Significativa	-0.70
19 vs. 20	1.66	0.02	Significativa	-1.41	1.27	0.07	Significativa	-1.43	0.37	0.55	No Significativa	0.99
20 vs. 21	1.32	0.07	Significativa	-0.54	1.09	0.04	Significativa	-1.73	1.03	0.06	Significativa	-0.22
21 vs. 22	1.57	0.06	Significativa	-0.33	0.36	0.71	No Significativa	0.78	1.27	0.04	Significativa	-1.63
22 vs. 23	1.76	0.03	Significativa	-0.69	0.22	0.22	No Significa	1.44	1.15	0.03	Significativa	-1.7
23 vs. 24	0.24	0.67	No Significativa	0.78	0.27	0.36z	No Significativa	1.22	1.13	0.07	Significativa	-0.52

Valores de $l_m > 0$ indican asociación espacial

La serie de pruebas realizadas fueron apropiadas para la modelización y determinación de la estabilidad espacio-temporal de trips en aguacate. Pudieron determinarse los patrones de agregación de este insecto mediante los índices de SADIE y las pruebas geoestadísticas, tal como lo observado por Ramirez, *et al.*, (2014), quienes reportaron que la determinación del índice de SADIE permitió determinar que *A. curassavica* tuvo una distribución agregada, en varios centros de agregación. La prueba bivariable de Cramér-von Mises y el Análisis Estadístico por Índices de Distancia (SADIE) permitieron determinar la estabilidad espacio temporal de trips en aguacate. Con el uso de mapas de densidad de poblaciones es posible determinar áreas infestadas y no infestadas para un control dirigido de la plaga.

Para el caso de la prueba bivariable de Cramer-von Mises, la mayoría indican diferencias no significativas en las tres parcelas al comparar las diferentes fechas de muestreo (cuadro 7), lo que corrobora una estabilidad espacial y temporal en las poblaciones de trips en la diferentes fechas analizadas, lo que refleja que los mapas que cumplen con esta característica presentan similitud estadística entre la dispersión de las poblaciones del insecto. En el caso de la mayoría de las comparaciones realizadas para la parcela tres y algunas excepciones de las parcelas 1 y 2 (cuadro 7) si existió tal diferencia estadística entre la dispersión de trips, lo cual refleja que no existió una estabilidad espacial en estos casos. Este método ha sido usado por diversos autores, ejemplo de ello, el estudio de Jiménez y colaboradores, quienes en 2011 reportaron la distribución espacial de *Cydia fagiglandana*, encontrando una distribución de tipo agregada y

heterogénea con una fuerte estabilidad espaciotemporal en un bosque de encinos en el sur de España.

La permanencia del insecto es posible conocerla debido a los resultados de las pruebas de estabilidad espaciotemporal realizadas en el presente estudio, ya que con estos procedimientos es posible ubicar sus sitios de reproducción a través de un periodo de tiempo para poder decidir las medidas de control a utilizar, sobre todo en una plaga con poca movilidad como son los trips (Ramírez, *et al.*, 2013). En este caso, el cuadro 4 indica los resultados de la comparación entre los mapas de la distribución espacial de las poblaciones de trips para cada fecha de muestreo, los valores de I_m del SADIE fueron mayores que cero en al menos la mitad de los casos indicando que no existió diferencia significativa, es decir, se detectó asociación espacial entre los mapas comparados para trips, por lo que fue posible detectar una estabilidad espaciotemporal a corto plazo de las poblaciones de los trips entre las fechas comparadas. En los casos contrarios, los números menores a cero indican que no existió asociación espacial. Situación similar sucede con la parcela 2 y 3 (cuadro 5 y 6), siendo la parcela 3 la que mostró menos estabilidad espacial y temporal a corto plazo. Este fenómeno puede ser explicado debido a que las condiciones medioambientales para este ciclo de cultivo fueron muy variables y la precipitación pluvial fue excesiva en algunos meses del año, lo que también favoreció la presencia de malezas, siendo estas, el reservorio para el insecto.

Con base a todos los resultados, podemos deducir que ninguna de las actividades que realiza el productor en la parcela aminoran la presencia del

insecto en sus huertas o al menos no de una manera significativa, ya que no se logra romper el ciclo biológico de la plaga. Esta situación es agravada, ya que no se realiza un control eficiente sobre las malezas, situación que es crucial para evitar un medio óptimo para que las plagas se hospeden tal como lo reporta Jiménez (1987). De acuerdo con lo reportado por Ramírez y colaboradores (2013) se recomienda barbechar el suelo después de la cosecha y antes de la floración siguiente, principalmente debajo del árbol esto contribuye a eliminar las pupas de los trips, ya que se exponen al sol, el viento o altas temperaturas, lo que ocasiona su desecación y muerte.

Se sugiere continuar el estudio durante un ciclo más para evaluar si el comportamiento es similar para determinar el patrón de comportamiento del trips y poder realizar programas de manejo, adicionalmente se realizan estudios sobre el comportamiento de dos depredadores para el control del insecto en huertas del Estado de México.

Conclusiones

La serie de pruebas realizadas fueron apropiadas para la modelización y determinación de la estabilidad espacio-temporal de trips en aguacate. Pudieron determinarse los patrones de agregación de este insecto mediante los índices de SADIE y las pruebas geoestadísticas. La prueba bivariable de Cramér-von Mises y el Análisis Estadístico por Índices de Distancia (SADIE) permitieron determinar la estabilidad espacio temporal de trips en aguacate. Con el uso de mapas de

densidad de poblaciones es posible determinar áreas infestadas y no infestadas para un control dirigido de la plaga.

REFERENCIAS CITADAS

Blom, E. Fleischer, S. 2002. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 350-364 p.

Bressan, A.; Moral, J. F.; Semetey, O.; Boudon, P. E. 2010. Spatio-temporal pattern of *Pentastiridius Leporinus* migration in an ephemeral cropping system: *Agricultural and Forest Entomology*. 59-68 p.

Cambardella C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco, R.; Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.

Crespo H. L. A., Vera, G. J., López, C. J., Reyna, R. R. Peña, L. A., Manuel, P. V., Garza, G. R. 2012. Distribución espacial de *Bactericera Cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* (Brot.)). *Agrociencia*. 46: 289-298.

Dughetti, A. C. 1990. Evolución de insecticidas en el control de trips de la cebolla. EEA.INTA Hilario Ascasubi. Informe Técnico. No. 34. 10 p.

FAOESTAT, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistics. Producción mundial de aguacate. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>. (Fecha de consulta: 5/12/2014).

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a ed. UNAM. México, D. F. 220p.
- González H. H., Sosa T., C.M., González R., M. & Valle de la Paz, A.R. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) In: Avances de investigación, 1997.
- González H. H.; Johansen, C. R. Gazca, C. A.; Equihua M. A.; Salinas C. E. Estrada V. F.; Durán A.; Valle P. A. R. 2007. El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi-prensa. 2ª ed. México. pp. 300.
- Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. 1988. Spatial distribution of the montane unicorn. *Oikos* 58: 257-271.
- Isaaks, E.H.; Srivastava, R. M. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York. 561 p.
- Jiménez, C. R. A; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R.; Salgado, S. M. L.; Laguna, C. A. 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.
- Jiménez, C. R. A; Ramírez, D. J. F.; Sánchez, P. J. R.; Salgado, S. M. L.; Laguna, C. A. 2014. Modelización espacial de huevos de Thrips (Thysanoptera: *Frankliniella occidentalis*) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista de la Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Cuyo* número 1, año 2014: 29-44.

- Jimenez, P.A, Maistrello,L., Lopez, M. M.A,Ocete, R.M.E,Soria I.F.J Spatial 2011. Distribution of *Cydia fagiglandana* (Zeller) in an exploited holm oak (*Quercus ilex* L.) forest. Spanish Journal of Agricultural Research 9 (2): 570-579.
- Johansen, R. M., A. Mojica G, H. González, H., Valle, D., E. L. Castañeda González, G. Ávila Quezada, & C. M. Sosa Torres. 2007. Trips asociados con el aguacate en México. In: Téliz, M. y Mora, A. (Eds). El aguacate y su manejo integrado. Mundiprensa. México. pp. 134–153.
- Journel, A. G.; Huijbregts, C. J. 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, London, U.K. 600 p.
- Lacasa, A. & J. M. Llorens. 1998. Trips y su control biológico (II). Pisa Ed., Alicante, pp. 312.
- López, F.; Juradoo, M.; Atenciano, S.; García, A.; Sánchez, M. and García, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil. pp. 97-105.
- Manoiloff, I. T.; Barral, J. M.; De Lavallo G. A. 1982. Distribución de la Población de Pulgones (*Aphis gossypii* Glov) en Algodón en la EERA Sáenz Peña (Chaco) y su Aplicación en el Muestreo Secuencial para la Toma de Decisiones en el Control de la Plaga. pp.11.
- Oliver, M.; Webster, R. 1991. How geostatics can help you. Soil use and management. 7: 206-217.

- Perry, J. 1995. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. In: Ecology and Integrated Farming Systems. Eds. D. M. Glen, M. A. Greaves, H. M. Anderson (Eds). Chichester, England. Wiley. pp. 221-242.
- Perry, J., Bell, E., Smith, R., Woiwod, I. 1996. SADIE. Software to measure and model spatial pattern. Aspects of Applied Biology, 46: 95-102.
- Perry, N., Klukowsky, Z. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. In: VI Conferencia de la sociedad de biometría. Córdoba, España. pp. 103-108.
- Ramírez, D. J. F.; Jimenez, C.R.A. Sánchez, P.J. R. Rubí A.M. Figueroa F. D. K.; 2014 Distribución espacial de *Asclepias curassavica* L. en el Estado de México, México. *Phyton Buenos Aires* 83 (1): 193-202.
- 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.
- Ramírez, D. J. F.; Solares, A. V. M; Figueroa F. D. K.; Sánchez, P. J. R. 2013. Comportamiento espacial de trips (Insecta:Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México *Acta Zool. Mex.* vol.29 no.3 Xalapa dic. 2013.) 550-556 p.
- Rossi, R., Mulla, J., Journel, G., Franz, H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling and interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*, 62: 277-314.

- Samper, F. J. Y Carrera, J. 1996. Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 p.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P. 2006. Geostatistical characterization of the Spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia ineatella*. Males in an agriculture landscape. *Journal of applied entomology*. 130: 73-83.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P.; Baumgärtner, P. 2001. Geostatistical analysis of *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*. 47: 174-184.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2013. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA. URL: www.siap.gob.mx (Consulta: 25 de octubre 2016).
- 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.
- Speight, M; Hails, R.; Gilbert, M. and Foggo, A. 1998. Horse chestnut scale *Pulvinaria regalis* (Homoptera:Coccidae) and urban host tree environment. *Ecology* 79: 1503-1513.
- Syrjala, E. 1996. A statistical test for a difference between the spatial distributions of two population. *Ecology*, 77: 75-80.

Waite, G. K. and Martínez B. 2002. Insect and mite pest. Disponible en Wible, A. W.; B,
Schaffer and B.N. Wolstenholme Ed. The Avocado. Botany, Productions and
Uses. Wallingford, U.K; CAB International. pp: 339-36.

Williams, L.O.1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*.
Economic Botany 31: 315-320.

Winder, L.; Perry, J.; Holland, J. 1999. The spatial and temporal distribution of the grain
aphid *Citobion avenae* in winter wheat. *Entomologia experimentalis et applicata*.
93:227-290.

CAPITULO IV

Los muestreos realizados durante el primer semestre de 2016 se reportan en el artículo enviado al boletín de entomología venezolana, mejor conocida como entomotropica.

Estos resultados fueron enviados los primeros días de febrero de 2017, por lo que nos encontramos en espera de los comentarios pertinentes para su posterior publicación.



#947 RESUMEN

RESUMEN RESUMEN RESUMEN

Envío

Acceso/a	FATIMA FIMALDONADOZ ZAMORA
Título	Modelización y mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de Aguacate en el Estado de México
Archivo original	947-021-010003_2017-02-01
Archivo copia	947021
Título /s	JOSE FRANCISCO RAMIREZ DAVILA SJ
Fecha de envío	09 febrero 13, 2017 - 02:20
Sección	Artículos
Título/s	947021-010003/s

Estado

Estado	4 digitación en espera
Revisado	2017-02-01
Modificado por última vez	2017-02-01

IDIOMA
Español
Español

Envío de Manuscritos

Boletín de Entomología Venezolana 1941-2000

AUTORIA
Inicio
Autoría (2)
Autoría (2)
Última copia

ENVÍO 4
No aparece como correo
Resumen
13 perfil
Cada estado

CONTENIDO DE LA REVISTA
Inicio

[Entomotropica] Envío recibido



Jesús Berti <entomotropica@gmail.com >

Hoy, 14:44

Jose Francisco Ramirez Davila ✉

Bandeja de entrada

JOSE FRANCISCO RAMIREZ DAVILA:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Modelización y mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de Aguacate en el Estado de México" a Entomotropica. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://www.entomotropica.org/index.php/entomotropica/author/submission/952>

Nombre de usuario/a/o: fimaldonadoz

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Jesús Berti
Entomotropica
Entomotropica
<http://www.entomotropica.org>

Modelización y mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de Aguacate en el Estado de México

Fatima Irais Maldonado Zamora ¹, José Francisco Ramírez Davila^{2*}, Ana Veronica Lara Diaz¹, Agustín David Acosta Guadarrama¹, Roberto Rivera Martínez ¹.

¹ Doctorado en Ciencias Agropecuarias en Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. irita_3@hotmail.com

²Laboratorio de Investigaciones Entomológicas y Tecnologías en Agricultura de Precisión, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México jframirezd.uaemex.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

El cultivo del aguacate (*Persea americana Mill.*) atribuye su importancia al hecho que México es el principal exportador de este fruto a países como Estados Unidos, Japón y Canadá. Sin embargo, este cultivo es atacado por diversas plagas tal como los trips, estos insectos demeritan la calidad del fruto originando en él protuberancias o crestas sobre la superficie del fruto, principalmente cuando los frutos se encuentran en tamaño cerillo y canica y es más severa cuando se asocia con la roña del fruto *Sphaceloma perseae Jenk.* El objetivo del presente trabajo fue representar mediante mapas, la distribución espacial de trips mediante el uso de técnicas geoestadísticas. Los muestreos fueron realizados quincenalmente del mes de enero a junio del 2015. Los resultados muestran una distribución espacial de tipo agregada para los doce muestreos realizados, además la mayoría de los semivariogramas se ajustaron a modelos gaussianos. Estos resultados permitirán establecer medidas de control específicas para reducir las poblaciones de trips que afectan al cultivo en las zonas productoras del Estado de México.

Palabras clave: Aguacate, Coatepec Harinas, Trips (Insecta; Thysanoptera)

Abstract

The cultivation of avocado (*Persea americana Mill.*) Attributes its importance to the fact that Mexico is the main exporter of this fruit to countries like the United States, Japan and Canada. However, this crop is attacked by several pests such as thrips, these insects demerit the quality of the fruit originating in it protuberances or crests on the surface of the fruit, mainly when the fruits are in size match and marble and is more severe when is associated with the scab of the fruit *Sphaceloma perseae Jenk.* The objective of the present work was to represent, through maps, the spatial distribution of thrips through the use of geostatistical techniques. Sampling was carried out biweekly from January to June 2015. The results show an aggregated spatial distribution for the twelve samples performed, in addition all semivariograms were fitted to gaussian models. These results will allow to establish specific control measures to reduce thrips populations that affect the crop in the producing areas of the State of Mexico.

Key words: Avocado, Coatepec Harinas, Trips (Insecta; Thysanoptera)

Introducción

La comercialización de productos agrícolas a nivel mundial se ha incrementado en las últimas décadas, por ello, la sanidad de los productos es motivo de continua vigilancia, sobretodo en frutos de exportación como lo es el aguacate. Este fruto es exportado a países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Unión Europea, etcétera; y para todos estos países, los requerimientos fitosanitarios son similares, un ejemplo de ello, es la restricción del daño ocasionado por trips y su interacción con la roña del aguacate con *Sphaceloma perseae*, mejor conocido como roña del aguacatero (Marroquin, 1998). Los trips son insectos pequeños que pueden provocar alteraciones en la cascara de frutos recién formados, inhiben la fecundación de flores provocando su caída. Poseen un aparato bucal es raspador-chupador y lesionan los frutos en las capas de células que componen la epidermis como resultado de la alimentación, generando crestas que pueden ser punto de entrada para microorganismos patógenos (Ascención, *et al*; 1999). Dada la importancia de estos insectos en el cultivo del aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México, se planteó el presente estudio teniendo por objetivos conocer la distribución espacial de trips en tres parcelas de cuatro hectáreas cada una ubicadas en el municipio de Coatepec Harinas representando los resultados mediante mapas obtenidos con el método del krigeado. Estos mapas podrán ser utilizados como apoyos para decisiones de manejo de la plaga dentro de las parcelas muestreadas.

Materiales Y Métodos

El estudio se realizó en predios ubicados en el municipio de Coatepec Harinas Estado de México, entre los paralelos 18.94633° 55' N, longitud -99.79826° 46' O con una altitud entre 1600 y 3900 msnm. Se hicieron observaciones en tres parcelas de cuatro hectáreas cada una sin ningún tipo de control químico. Desde enero a junio 2015; la unidad de estudio se trabajó bajo el método de cuadrantes (20 m x 20 m), haciendo muestreos al azar en 40 cuadrantes y de cada uno de ellos se seleccionó tres árboles de aguacate de variedad Hass de diez años de edad, teniendo un total de 120 árboles por parcela; el monitoreo estuvo dirigido a la búsqueda de trips en el cultivo de aguacate, haciendo recuentos quincenales; con vasos –trampa,(de plástico de color amarillo del No. 8, de 10 cm de alto, 4.5 cm de diámetro base y 7.5 cm de diámetro de borde superior); esto de acuerdo con los ensayos hechos por (González *et al*; 1998). Colocando 12 vasos, repartidos tres en cada punto cardinal distribuidos en los estratos de la copa del árbol. Cada árbol fue georeferenciado con un navegador modelo eTrex Vista HCx2007. La disposición de los vasos se hizo colocando un gancho de metal en la base, e impregnándolos de manteca vegetal por toda la parte externa del vaso para, adherencia de los trips, las observaciones se hicieron con ayuda de una lupa de aumento de 20x.

Análisis estructural geoestadístico

Está basado en un proceso de estimación y modelización de la función que describe la correlación espacial de una variable regionalizada, y es la herramienta básica para el estudio. A partir del semivariograma se puede calcular el error que se comete cuando se asigna el valor promedio de una serie de valores puntuales a un dominio mayor, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula (Journel & Huijbregts 1978, Isaak & 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 muestreo x_i , y $z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Cualquier función matemática se puede utilizar para un modelo de semivariograma siempre que sea positiva y definida (Armstrong & Jabin 1981). Para la realización del semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo se empleó el programa Variowin 2.2 (Software para el análisis de datos espaciales en 2D. Primavera Verlag, New York; EEUU) y WinGslib 2002.

La herramienta Kriging proporciona las siguientes funciones para elegir el modelado del semivariograma empírico los más usados son: el esférico, el exponencial, el gaussiano, el logarítmico, el de efecto pepita puro, el de efecto agujero y el monómico según Samper & Carrera (1996), Trematerra & Sciarretta (2002). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , efecto pepita, C , meseta y a , rango o alcance) se van modificando hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. El modelo seleccionado influye en la predicción de los valores desconocidos, en particular cuando la forma de la curva cercana al origen difiere significativamente. Cuanto más pronunciada sea la curva cercana al origen, más influirán los vecinos más cercanos en la predicción. Como resultado, la superficie de salida será menos suave. Cada modelo está diseñado para ajustarse a diferentes tipos de fenómenos de forma más precisa

Los valores de la validación cruzada 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: σk es la desviación estándar 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

Con el fin de determinar la relación entre los datos de muestreo fue importante establecer el nivel de dependencia espacial. El valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresado en porcentaje el resultado. Si el resultado es menor del 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75 % el nivel de dependencia es moderado y si es mayor de 76 % el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*; 1994). Una vez hechas las estimaciones para cada muestreo se realizaron los mapas donde se visualizan e indican la distribución espacial en campo en las poblaciones de trips en aguacate.

Elaboración de mapas

La elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del krigado ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados ya que se conocen los valores de la media y la varianza muestral en base a lo establecido por Samper & Carrera (1996). Y finalmente, se estableció la superficie infestada de las estimaciones que se representan en forma de mapas para cada parcela de estudio en las diferentes fechas de muestreo pertenecientes al ciclo invierno primavera 2015 de *F. occidentalis*, mediante el uso del programa Surfer 9 (Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809, 14th Street. Golden, Colorado 80401-1866. USA).

La representación espacial de datos sobre el área de producción ha contribuido significativamente para la toma de decisiones y esfuerzos para manejar adecuadamente esas áreas, ya que apunta a producir y obtener información que favorezca el gerenciamiento adecuado de insumos y busca la forma de solucionar o mitigar conjuntamente cuestiones de tipo ambiental, social y económico. En este sentido, la aplicación de técnicas de geoprociamiento utilizando herramientas geotecnológicas se ha transformado en una alternativa esencial para la integración espacial de los datos multidisciplinarios a ser considerados (IICA, PROCISUR, 2014).

Resultados y Discusión.

Este trabajo fue realizado durante los años 2015 y 2016 según lo recomendado por Trumper (2004) ya que para poder aplicar estos análisis se necesita implementar un programa de muestreo de una plaga dada a los largo de varias campañas agrícolas y deben mantener una constante técnica de muestreo.

La incidencia de trips fue monitoreado en las tres parcelas en un periodo de seis meses en Coatepec Harinas, Estado de México, llegando a encontrar más de 430 trips por árbol, situación que es corroborada en el estudio de la fluctuación poblacional y especies de trips en aguacate en Coatepec Harinas, donde la mayor incidencia de trips se presenta entre el mes de febrero y abril, ya que durante este periodo, el frutal se encuentra en etapas de floración y formación de brotes foliares en esta zona del Estado de México (Castañeda *et al.*, 2011).

La presencia de estos insectos se ve influenciada por el aumento en las temperaturas en el cultivo de aguacate, tal como puede observarse en la figura 1, 2, 3 la mayor cantidad de insectos se presentó en la segunda quincena de febrero y las dos quincenas de marzo en las tres parcelas de estudio. Se observó la presencia del insecto durante todos los muestreos.

En el cuadro 1 podemos observar que los modelos a los que se ajustaron los semivariogramas pertenecen mayormente a un modelo gaussiano, lo cual expresa que se encuentra disperso de manera continua dentro de la parcela, provocando infestación a arboles vecinos y plantaciones vecinas; la menor parte se ajustó a un modelo esférico, lo cual indica que la distribución fue más focalizada en relación a los modelos gaussianos, lo cual nos indica que existe dentro de la parcela lugares con mayor proliferación del insecto; este hecho coincide con lo reportado por Jiménez *et al.* (2014) quienes reportan que la presencia de los huevos de trips en tomate de cascara se ajusta mayormente a modelos gaussianos y en menor medida a modelos esféricos, encontrando una distribución agregada y centros de conglomeración de los insectos y por lo tanto de sus huevecillos; a diferencia de lo reportado por Ribes *et al.*, (1998) quienes encontraron solo modelos esféricos para explicar el comportamiento de *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) en arboles de manzano y pera respectivamente en Torregrossa, Cataluña, España.

El nivel de dependencia espacial que se determinó al dividir en efecto pepita entre la meseta y se expresa en porcentaje nos permitió conocer el grado correspondiente de relación que presentan los datos entre sí (Cambardella, *et al.* 1994), en este caso, el resultado fue menor a 25%, lo cual refleja una dependencia espacial alta entre los datos (cuadro 1), con ello podemos asumir que las poblaciones de trips no se comportan de manera independiente, sino que tienen relación con las conglomeraciones vecinas y su nivel de agregación es alto (Rossi *et al.* 1992). Lo anterior ha sido reportado para describir el comportamiento de trips en plantaciones comerciales de aguacate (Ramírez *et al.*, 2013) donde reportan una dependencia espacial alta, contrario a lo reportado por Duarte (2012) quien describen dependencias espaciales mayormente moderadas y bajas para describir el comportamiento de *Grapholita molesta*.

El valor de la meseta para la parcela 1 oscilo entre 12.32 y 3220, en el caso de la parcela dos, el valor de la mínimo de la meseta fue de 5.81 y el máximo de 831.22, mientras que la parcela tres presento valores entre 16.0 y 4032. El rango o alcance que es la distancia hasta la que existe relación entre los datos muestreados oscilo para la parcela uno entre 17 y 42 metros, para la parcela dos entre 9.6 y 16 metros en tanto la parcela tres mantuvo valores entre 10.0 y 18.0 metros (cuadro 1). En rangos mayores, se explica mejor el modelo y este tiene mayor alcance.

El valor de la pepita para todos los casos fue cero (cuadro 1), lo que indica que el error de muestreo fue mínimo y que la variación de la distribución de la plaga se explicó por la estructura espacial representada en los semivariogramas, lo que coincide completamente con lo reportado por Esquivel y Jasso (2014), quienes reportan un efecto pepita cercano a cero y en su mayoría modelos esféricos para la distribución y mapeo de gusano soldado (*Mythimna unipuncta*) en el cultivo de

maíz en seis localidades del Estado de México. Situación similar presentaron Ramírez *et al* (2013) para la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa, donde el comportamiento agregado del insecto se ajustó a modelos esféricos, gaussianos y exponenciales con un efecto pepita cero en los muestreos realizados para ninfas, huevos y adultos con un nivel de dependencia espacial alta para todos los casos.

La superficie infestada para el caso de la parcela uno y tres nos muestra que entre el 99% y el 100% del predio presenta una infestación de trips y en el caso de la parcela 2, la infestación se ubicó entre 95% y 100% de la parcela con presencia de trips, situación que difiere con lo reportado con Maldonado *et al.* (2016) quienes reportaron que la superficie infestada máxima de trips en aguacate es del 96% de la parcela de estudio presentada en el mes de agosto, esto indica que la incidencia de trips es mayor en el primer semestre del año 2016 comparado con el segundo semestre de 2015. Esta situación también difiere con lo reportado por Ramírez *et al.* (2013), quienes encontraron una superficie máxima infestada de trips en huertos de aguacate en Zitácuaro, Michoacán de 90% para los meses de agosto y octubre.

Con todo lo anterior observamos que las poblaciones de trips en aguacate se dan de manera agregada dentro de los huertos de aguacate en Coatepec Harinas, esto concuerda con estudios como los reportados por Vivas (1997) en adultos de *Tagosodes orizicolus* y Espino *et al* (2008) con poblaciones de *Oebalus pugnax* en el cultivo de arroz ya que Taylor (1984 y 1961) menciona que este tipo de distribución se presenta en cerca del 96% de los artrópodos y es la más común en la naturaleza.

Respecto al krigeado, la elaboración de mapas constituye una herramienta muy importante para la correcta planificación para el correcto control de una plaga (Moral, 2004). En los mapas elaborados para ilustrar la distribución de las poblaciones de trips podemos observar los diversos centros de agregación dentro de las parcelas, para el caso de la parcela 1 (figura 1), los centros de agregación más importantes se encuentran en la parte norte de la parcela en el caso del muestreo 1, 2, 7 y 8, mientras que en los muestreos 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12 los centros de agregación se presentan distribuidos en toda la parcela, en tanto los muestreos 5 y 9 presentan los centros de agregación más importantes hacia los bordes de la parcela. Cabe mencionar que en esta parcela la incidencia máxima por árbol fue de 420 insectos por árbol en el muestreo 5 y 6 a diferencia de lo reportado por Solares *et al* (2011), quienes reportan hasta 163 insectos para el mes de julio y 160 para el mes de agosto en plantaciones de aguacate en Susupuato, Michoacán.

Cuadro 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas empíricos de trips por parcela, en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, en 2015.

Table 1. Parameters of the theoretical models adjusted to the empirical semivariograms of thrips per plot, in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico, in 2015.

Parcela 1							
Numero de muestreo	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/meseta	Dependencia espacial	Superficie infestada %
1	Esférico	0	16.06	38.4	0	Alta	99
2	Gaussiano	0	12.32	31.0	0	Alta	100
3	Esférico	0	32.19	33.0	0	Alta	100
4	Esférico	0	129.2	42.0	0	Alta	100
5	Gaussiano	0	3220	22.0	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	2001	17.0	0	Alta	100
7	Esférico	0	607.5	20.0	0	Alta	100
8	Gaussiano	0	667	17.0	0	Alta	100
9	Gaussiano	0	279	20.0	0	Alta	100
10	Gaussiano	0	29.25	19.0	0	Alta	100
11	Gaussiano	0	32.25	19.0	0	Alta	100
12	Gaussiano	0	32.76	17.0	0	Alta	99
Parcela 2							
1	Gaussiano	0	5.81	17.2	0	Alta	99
2	Gaussiano	0	16.00	15.2	0	Alta	100
3	Gaussiano	0	72.25	16.0	0	Alta	100
4	Gaussiano	0	23.10	15.2	0	Alta	100
5	Gaussiano	0	316.80	12.9	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	592.00	12.8	0	Alta	100
7	Gaussiano	0	768.00	9.6	0	Alta	100
8	Gaussiano	0	831.22	14.4	0	Alta	100
9	Gaussiano	0	633.60	13.6	0	Alta	100
10	Gaussiano	0	633.60	14.4	0	Alta	96
11	Gaussiano	0	502.20	15.35	0	Alta	95
12	Esférico	0	52.20	15.2	0	Alta	98
Parcela 3							
1	Esférico	0	43.68	18.00	0	Alta	99
2	Gaussiano	0	16.0	14.00	0	Alta	100
3	Gaussiano	0	54.81	10.56	0	Alta	100
4	Gaussiano	0	216.0	11.00	0	Alta	100
5	Gaussiano	0	481.9	12.00	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	4032.0	10.00	0	Alta	100
7	Gaussiano	0	1256.0	14.00	0	Alta	100
8	Gaussiano	0	1148.0	16.00	0	Alta	100
9	Gaussiano	0	491.4	13.00	0	Alta	100
10	Gaussiano	0	273.6	13.00	0	Alta	100
11	Gaussiano	0	46.17	13.00	0	Alta	100
12	Gaussiano	0	45.12	14.00	0	Alta	99

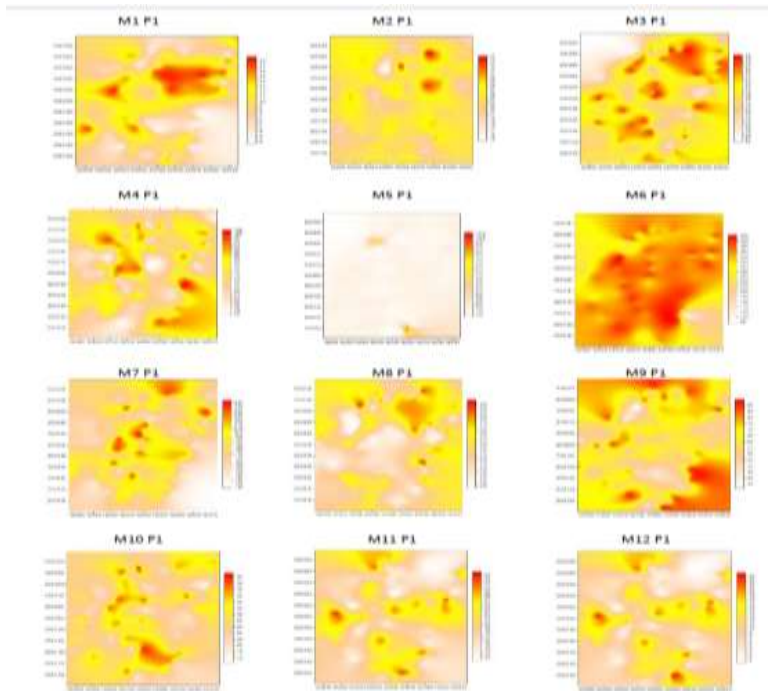


Figura 1. Mapas de densidad de trips en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 1).

Figure 1. Density maps of thrips in avocado in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico (plot 1).

La parcela dos presentó un máximo de 300 individuos por árbol en los muestreos seis y siete y su distribución se encontró dispersa de la parte central hacia los bordes en todas las fechas de muestreo (figura 2).

A diferencia de la parcela uno y dos, en la parcela 3, los centros de agregación más importantes se colocaron hacia los bordes de las parcelas en todas las fechas de muestreo, encontrando el pico más alto en el muestreo seis con un máximo de 430 insectos por árbol (figura 3), siendo la parcela tres en la que más insectos por árbol encontramos, ya que se encuentra establecida en una pendiente, lo que hace más difícil el control de malezas que fungen como reservorio de insectos y favorece su prevalencia dentro del huerto. Los mapas de densidad obtenidos nos permiten ubicar con exactitud la presencia de los centros de agregación de los insectos y mediante su uso podemos direccionar las medidas de control preventivas o correctivas que permitan reducir el número de insectos presentes en la parcela.

En los tres huertos, podemos observar que la mayor cantidad de trips coincide con la etapa de floración, cuajado de fruto y brote de hojas nuevas del aguacate, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Carrizo (1998) quien encontró que los trips se alojan principalmente en los brotes florales de pimientos producidos en invernadero y por Quiroz *et al.* (2005) quienes encontraron que las poblaciones máximas de trips se presentaron durante la floración de pimiento en la región de Coquimbo, Chile. Mientras que en Nayarit, México en el cultivo de calabaza, tanto en invernadero como al aire libre se encontró la mayor cantidad de trips en las épocas de floración del cultivo (Valenzuela *et al.*, 2010).

Conclusiones.

El uso de la Geoestadística resulta de gran relevancia en el manejo específico y preciso de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, pero resultaría de gran importancia por su pertinencia, en el manejo agronómico de diversos problemas fitosanitarios de este cultivo, lo anterior, con la idea de reducir al máximo el uso indiscriminado y nada efectivo de agroquímicos en el control de insectos plaga y enfermedades que aquejan al aguacate. El hecho de poder elaborar mapas de infestación de trips y probablemente de otros problemas fitosanitarios, permitiría dirigir las medidas de control en sitios específicos de infestación, utilizando un control químico o alternativo de manera más racional y conducente, propiciando con ello, un ahorro económico importante para los productores y una reducción considerable en el impacto ambiental que generan los productos químicos. El uso de estas nuevas tecnologías en el manejo fitosanitario global en el aguacate requiere de investigaciones puntuales y detalladas que permitan proporcionar al productor un paquete tecnológico eficiente y oportuno para aminorar los efectos negativos provocados por esos problemas en el precio unitario y global de la producción de aguacate.

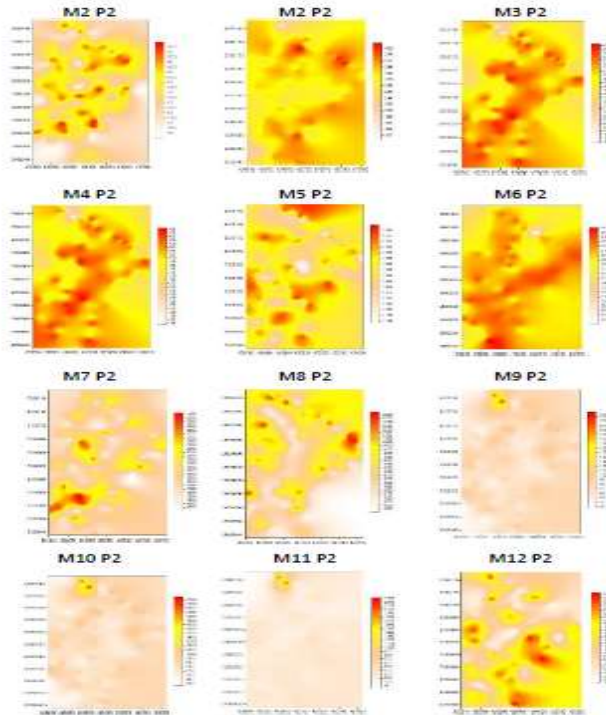


Figura 2. Mapas de densidad de trips en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 2).

Figure 2. Density maps of thrips in avocado in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico (plot 2).

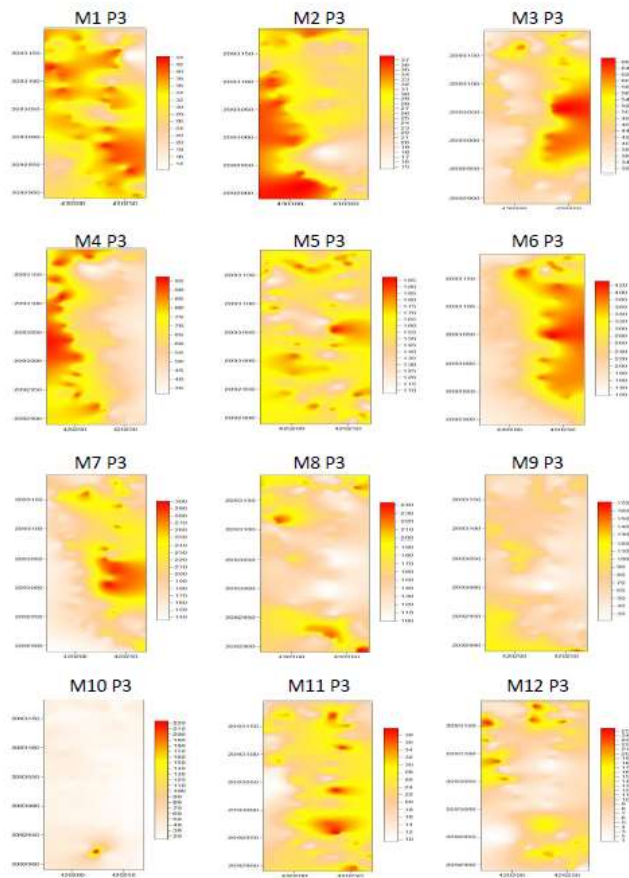


Figura 3. Mapas de densidad de trips en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México (parcela 3).

Figure 3. Density maps of thrips in avocado in the municipality of Coatepec Harinas, State of México (plot 3).

Referencias.

- Amstrong M. y Jabin R., 1981. Variogram models must be positive-definite. *Mathematical Geology*, 13 (5): 455-459.
- Ascensión G., Bravo M. H., González H. H, Johansen, R. y. Becerril R. E. 1999. Fluctuación poblacional y daño por trips en aguacate cv. Hass. IV Congreso Mundial del Aguacate. Revista Chapingo serie Horticultura 5: 291-296.
- Cambardella, C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco,R.; And Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iwa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58:1501-1511.
- Carrizo, P. 1998. Eficiencia de captura con trampas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en cultivo de pimiento en invernáculo y malezas en la Gran La Plata. *Rev. Fac. Agron., La Plata.* 103(1): 1-10.
- Castañeda G E L, Johansen N R M, Hernández V F L, Aparicio P E. 2011. Fluctuación Poblacional y Especies de Trips en Aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. VII congreso internacional de aguacate. Cairns, Australia. Pag 59-64.
- Espino L, Way M O and Wilson L. T. 2008. Determination of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) spatial pattern in rice and development of visual sampling methods and population sampling plans. *J. Econ. Entomol.* 101 (1): 216-25.
- Esquivel H V y Jasso G Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 5, (6):923-935.

González H, Sosa C M, González M, y Valle de la Paz R V. 1998. Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.). Avances de investigación. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 209-210

Hevesi J, Istok J, Flint A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I. Structural analysis. Journal of Applied Meteorology. 661-676 pp.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2014. Manual de agricultura de precisión. Montevideo. 178 pp.

Isaaks E H and Srivastava R M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford Univ. Press, New York. 35-38 pp.

Jiménez R A, Ramírez J F, Sánchez J R, Salgado M L, Laguna A. 2014. Modelización espacial de huevos de Thrips (Thysanoptera: Frankliniella occidentalis) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1)

Journel, A. G. y Huijbregts, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London, Reino Unido. 600 Pp.

Maldonado F I, Ramírez J F ; Rubí M, Antonio X , Lara A V. 2016. Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2016, 7 (4):845-856

Marroquin Pimentel Francisco Javier. 1999. Factores que favorecen la incidencia de roña (*Sphaceloma Perseae* Jenk.) en el cultivo del aguacate (*Persea Americana* Mill.) 'HASS', en tres regiones agroclimáticas de Michoacán. México. *Revista Chapingo serie horticultura* 5: 309-312.

Moral, F. J. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*. 2004/1

Quiroz C, Larraín P, & Sepúlveda P. 2005. Abundancia Estacional de Insectos Vectores de Virosis en dos Ecosistemas de Pimiento (*Capsicum annum* L.) de la Región de Coquimbo, Chile. *Agricultura Técnica*, 65(1):3-19.

Ramírez DJF, Solares AVM, Figueroa FDK y Sánchez PJR. 2013. Comportamiento espacial de trips (Insecta:Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill) en Zitácuaro Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana* 29:545-562.

Ramírez JF; Porcayo E; Sánchez JR. 2013. Modelización de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. (Solanales: Solanaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, . 13-27.

Ribes, M.; Bascuñana, M. Y Avilla, J., 1998: Estudio De La Distribución Espacial De *Cydia Pomonella* (L.) Y *Pandemis Heparana* (Denis & Schiffeirmüller) En Torregrossa (Lleida) Mediante Métodos Geoestadísticos. *Bol San. Veg. Plagas* 24: 935-947

Samper F J y Carrera J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea*. 2a Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 Pp.

Solares, V.; Ramírez, J. F.; Sánchez, R. 2011. Distribución espacial de *Thrips* (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 12(2): 1-12.

Taylor LR. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189:732-735.

Taylor LR. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357.

Trematerra P y Sciarretta A. 2002. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research*. 40:363-377.

Trumper E V. 2004. Bases para el diseño de planes de muestreo de plagas. Serie: Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas. Estación Experimental Manfredi. Sección Entomología. Año (I). Nº 2.

Valenzuela R D, Cambero O J, Carvajal C R, Robles A, & Retana AI. 2010. Fluctuación poblacional y especies de thrips (Thysanoptera) asociados a calabaza en Nayarit, México. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 333-336.

Vivas L E 1997. Dinámica poblacional de la sogata del arroz *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) en el Guárico Occidental. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 147 p.

CAPÍTULO V.

Resultado del análisis de los datos obtenidos de la serie de muestreos correspondientes al Segundo semestre de 2015, se envió el artículo titulado “Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México”, con ello se concluye el análisis geoestadístico que dió lugar a la presente investigación.



ARTÍCULO MÁS DESCARGADO (3 años atrás)

- La diversidad funcional en la restauración ecológica
Fernando Gómez-Lago, Luis Zamora
- Los hongos micorrízicos en su relación con la biodiversidad
Rocío Alonso, Pilar Castro-Fresco
- Reserva del patrimonio de biodiversidad: el caso de la reserva de la biosfera de la Península Ibérica
Julian Bonet-Gómez, Susana Nieto-González, Luis Gutiérrez-Bergida
- Trasplante de larvas de mosca, *Musca domestica*, en la restauración ecológica
Rodrigo, María Amparo García
- Impacto de la gestión del agua en la biodiversidad: un estudio de caso en el río Tago
Rosa Traveset
- El uso de plantas autóctonas en la restauración ecológica
José María Sánchez-Vizcaíno, José María Fernández-Lafuente, José García, José V. López-Bao, Alberto Delgado-García

Inicio | CONTENIDOS | AGENCIA DE... | NORMAS PARA AUTORES | ENVIAR ARTÍCULO | RSS

Inicio > Gestión de Artículos > Envíos activos

Envíos activos

ACTIVO | PENDIENTE

ID	FECHA	ESTADO	AUTORES	TÍTULO	NOTAS
1400	28/10/2017	ENVÍO	matías@uclm.es, lara.diaz@univ...	TARDEES EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	Esperando asignación de revisores...

1 - 1 de 1 elementos

Comenzar un nuevo envío

[GUIA RÁPIDA](#) para el primer paso del proceso de envío (7 pasos)

ACCESO A AUTORES/REVISORES

Se identifican estos usuarios:

- El Autor
- El Revisor

AUTOR/IA

Señalar:

- Autos (1)
- Autos (1)
- Autos (1)

CONTENIDO DE LA REVISTA

Buscar:

Buscar

Sección:

- Resumen
- Resumen
- Resumen

RECIBIDO

Resumen a la 11/10/17

INFORMACIÓN

- Resumen
- Resumen
- Resumen

© 2017 REVISTA CIENTÍFICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE ISSN 1698-2646



Microsoft Corporation (S) | Inicio | Ayuda | Officelife.com/comunicacion.aspx

Responder a todos | Eliminar | Cerrar esta conversación

[RE] Envío recibido

Laura Jiménez-Espinaldo - lmj@uclm.es
Msc. DTS
José Antonio Álvarez García

Enviar un correo

ESTABLECIMIENTO AGROPECUARIO

Señalar por errata o su modificación: "después de la distribución espacial de las plantas (y su dispersión) se produce un proceso de sucesión de plantas en el espacio (y tiempo) a través de la sucesión de plantas, que puede ser el resultado de la gestión de la sucesión de plantas en el espacio (y tiempo) de la sucesión de plantas".

URL del mensaje:

<http://www.ecosistemas.com/ver/ver.php?ver=1400>

Nombre de usuario: jlmj@uclm

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros. Estamos por tener en cuenta esta errata para mejorar su trabajo.

Laura Jiménez-Espinaldo

4437 - Nueva ECOLOGÍA

Departamento de Biología y Geología

Universidad Rey Juan Carlos (URJC)

C/ Tulipán s/n

28940 Móstoles

Correo electrónico:

Revisión (11/10/17)

Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México.

Mapping of the spatial distribution of thrips (Insecta: Thysanoptera) in commercial plots of avocado Var. Hass in Coatepec Harinas, Estado de México.

Fatima Irais Maldonado¹, José Francisco Ramirez², Ana Veronica Lara¹, David Agustín Acosta¹, Roberto Rivera¹.

- (1) Doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- (2) Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Autor de correspondencia: JF Ramírez (jframirez@uaemex.mx)

Resumen

Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México: El uso excesivo de agroquímicos en las últimas décadas ha deteriorado considerablemente las condiciones naturales del suelo de las áreas de producción de alimentos frescos, es por eso que se requiere la aplicación de técnicas que mejoren las prácticas llevadas a cabo en las unidades de producción de alimentos. Por ello el conocimiento de la localización de las plagas y enfermedades ha retomado importancia en los últimos años, ya que mediante técnicas como el krigado, podemos conocer la ubicación exacta de algún organismo perjudicial para las plantaciones comerciales y su posible presencia en puntos no muestreados de las parcelas. El presente estudio permite conocer la distribución espacial de trips mediante mapas de densidad en tres parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Los resultados muestran que para el periodo comprendido de julio a diciembre de 2015, la distribución espacial de trips se ajustó a modelos gaussianos en su totalidad con una superficie infestada que oscilo entre el 90 y 100% mostrando una distribución espacial agregada; el efecto pepita obtenido para todos los muestreos corrobora la agregación de las poblaciones de trips y refiere un mínimo error de muestreo para los doce muestreos realizados. Estos trabajos coadyuvan al conocimiento de los problemas fitosanitarios de los cultivos de importancia económica como es el aguacate.

Palabras clave: aguacate; distribución espacial agregada; geoestadística; krigado; trips.

Abstract

Mapping of the spatial distribution of thrips (Insecta: Thysanoptera) in commercial plots of avocado Var. Hass in Coatepec Harinas, State of Mexico: The excessive use of agrochemicals in the last decades has considerably deteriorated the natural conditions of the soil of the areas of production of fresh foods, that is why it is necessary the application of techniques that improve the practices carried out in the units of food production ; Therefore, knowledge of the location of pests and diseases has become important in recent years, since techniques such as kriging can know the exact location of any organism harmful to commercial plantations and their possible presence in points not sampled the parcels. The present study allows to know the spatial distribution of thrips through density maps in three commercial av. Hass in Coatepec Harinas, Estado de México. The results show that for the period from July to December 2015, the spatial distribution of thrips was adjusted to gaussian models in their entirety with an infested surface that oscillated between 90 and 100% showing an aggregated spatial distribution; The nugget effect obtained for all the samples corroborates the aggregation of the populations of thrips and refers a minimum sampling error for the twelve samples made. These works contribute to the knowledge of phytosanitary problems of crops of economic importance such as avocado.

Keywords: avocado; Aggregate spatial distribution; Geostatistics; Krigeado; Thrips.

Introducción

En México, durante el 2016, la superficie sembrada de aguacate fue de 41,526 hectáreas con una producción de 52,062 toneladas, de las cuales la mayor cantidad de destina para la exportación a países como Estados Unidos, Canadá y Japón, entre otros. Los estados que destacan por su producción son Michoacán, Jalisco, Nayarit y el Estado de México (SIAP 2016).

Debido a la continua demanda de este producto a nivel nacional el principal reto que enfrenta es la sanidad, al este respecto, los trips son insectos pequeños que generan daños en los tejidos del fruto originando en el heridas y malformaciones que van tornándose más visibles conforme avanza el crecimiento del fruto, también estos insectos generan daños en los brotes vegetativos tornándolos castaños (González *et al* 2000). Castañeda y Johansen (2011) reportan 17 géneros de trips asociados al cultivo de aguacate en el Estado de México destacando los géneros *Scirtothrips*, *Frankliniella* y *Neohydatotrips* los de mayor importancia por su número y variabilidad de especies.

Es bien sabido que para planear medidas de control de las plagas, es necesario saber su ubicación precisa y los momentos idóneos para llevar a cabo la aplicación de estas medidas, por ello el presente trabajo pretendió explorar los patrones de distribución espacial de las poblaciones de trips mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, estas permiten elaborar mapas de gran utilidad capaces de reflejar la distribución de un organismo en un espacio continuo (Ramirez y Porcayo 2010), por ello, el presente trabajo tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en plantaciones establecidas con aguacate variedad Hass en Coatepec Harinas, Estado de México.

Materiales y Métodos

Lugar de estudio

El trabajo se realizó en el Municipio de Coatepec Harinas, el cual se encuentra en la parte sur del Estado de México, cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, su temperatura media anual es de 19°C con una precipitación anual de 1,242 mm. Es una zona productora y exportadora de aguacate en el Estado.

Diseño muestral

Se realizaron doce muestreos quincenales de el 3 de julio al 18 de diciembre de 2015 en tres parcelas comerciales plantadas con aguacate variedad Hass. Cada parcela tuvo una superficie de 4 hectareas cada una. Las parcelas se dividieron por cuadrantes de 20x20m obteniendo 100 cuadrantes en cada una. Bajo la metodología de muestreo por cuadrantes, se seleccionaron al azar 40 cuadrantes y de cada cuadrante se seleccionaron 3 arboles en los que se colocaron trampas para obtener un total de 120 arboles por parcela. Cada árbol fue georeferenciado con ayuda de un navegador Garmin® modelo Oregon 650. Cabe mencionar que en las parcelas no se realizó ningún tipo de control contra los insectos durante la investigación.

Para la captura de los trips, se colocaron 12 vasos amarillos del número 8 impregnados de manteca vegetal, también se colocó un gancho de alambre en la base del vaso para sujetarlos a las ramas de los árboles. Los trips adheridos a los vasos fueron contabilizados y registrados generando una base de datos. Los vasos fueron retirados para su lavado y colocando otros limpios para el siguiente muestreo.

Análisis Geoestadístico

Una vez obtenidos los datos en campo, se procedió estimar de forma empírica el semivariograma y ajustarlo con modelos teóricos preestablecidos con el programa Variowin 2.1 (Software for spatial data analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA). Se calcularon los parámetros del modelo del semivariograma

La importancia de conocer la dependencia espacial es que refleja el grado correspondiente de la relación entre los datos, este se obtuvo al dividir el valor del efecto pepita entre el valor de la meseta reflejando el resultado en porcentaje. Si el resultado de esta operación matemática va del 0 al 25% se interpretará que el nivel de dependencia espacial es alto y por el contrario si supera el 75% se asumirá que es bajo, en cambio si el resultado oscila entre 26% y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado.

Para la elaboración de mapas se realizó la interpolación de valores a través del krigado, este método permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos no muestreados. El resultado de este proceso se representó en forma de mapas de densidad mediante el programa

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

Se determinó la superficie infestada por trips para las tres parcelas en los 12 muestreos realizados, esto con la finalidad de determinar las zonas donde se encuentran los puntos de agregación más importantes.

Se llevó a cabo el procedimiento denominado validación cruzada. Con este procedimiento no paramétrico, se elimina un valor muestral y se emplea el método de interpolación geoestadístico denominado krigeado, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el valor de la variable de interés en dicho punto muestral, a partir de los restantes valores muestrales. Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a), se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. (Isaaks y Srivastava 1989).

Resultados

La presencia de trips en tres parcelas con plantaciones de aguacate fueron procesadas y registradas en la **Tabla 1**, en ella, podemos observar que para el caso de las tres parcelas, los semivariogramas teóricos a los que se ajustaron la totalidad de los muestreos pertenecen al modelo gaussiano, lo cual indica que los trips se presentan de forma continua dentro de las parcelas. En todos los casos para las tres parcelas, el valor de la pepita fue cero, estos datos refieren una distribución espacial de tipo agregada.

Para la parcela 1, el número máximo de trips por árbol se presentaron en el muestreo 5 correspondiente al primer muestreo de septiembre con 420 insectos por árbol, mientras que el menor número de trips se registró durante el mes de diciembre, ya que el descenso en las temperaturas generan la muerte de estos insectos, por ello, el número máximo de trips por árbol fue de tres individuos. En el caso de la parcela 2, el número mínimo de trips fue dos insectos por árbol para la segunda quincena de diciembre mientras que la mayor cantidad de trips se presentó en la primera quincena de septiembre con hasta 245 insectos por árbol. Mientras tanto, la parcela tres presentó 320 trips por árbol durante el muestreo 5 y en el muestreo doce se presentó la menor cantidad de insectos con 4 insectos por árbol (Figura 1, 2 y 3). La parcela 1 fue la que mayor densidad de insectos por árbol presentó en el muestreo 5.

En la parcela 1 podemos observar que el valor de la meseta va desde 0.35 hasta 2688 con un rango de 13.44 a 21.12. La parcela dos obtuvo valores de meseta que se encuentran entre 0.24 y 1330, mientras que el rango varió de 5.40 a 18.30. El valor mínimo de la meseta en la parcela

tres fue de 0.21 con un máximo de 1624 mientras que el rango se ubicó entre 4.8 y 18.0. Estos valores se ubican dentro del rango apropiado y permiten validar los modelos adecuadamente.

Para la realización de este trabajo la anisotropía no fue considerada, ya que se desconocía la distribución de los insectos dentro de la parcela y esto hubiera inferido dentro del ajuste de los semivariogramas

El valor del efecto pepita indica un mínimo error de muestreo para los 36 muestreos realizados en las parcelas de aguacate fue cero, lo cual implica que la totalidad de la variación de la distribución de los insectos se explica correctamente por la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos. Este valor también indica que la escala de muestreo elegida para la toma de datos fue correcta. La dependencia espacial en todos los casos se calculó alta.

El cálculo de la superficie infestada mostro sus resultados más altos en el muestreo 5 con un 100% infestado en la parcela 1 y 3, mientras que la parcela 2 tuvo una presencia de trips en el 99% de los árboles, este dato coincide con a la mayor incidencia de insectos en cada una de las parcelas. En el caso de la menor superficie infestada en las tres parcelas corresponden a los dos muestreos realizados en el mes de diciembre (muestreo 11 y 12), esto debido a las baja temperaturas registradas. Los valores obtenidos al realizar la validación cruzada permiten verificar la veracidad y eficiencia de los modelos ajustados al encontrarse en el rango apropiado (Tabla 2).

En cuanto a los mapas de la parcela 1 (Fig. 1) podemos corroborar que la presencia de trips se ubica en más de un centro de agregación en las parcelas de aguacate, para el caso de esta parcela, la distribución aunque es heterogénea, los centros de agregación se ubicaron más hacia los bordes del terreno a excepción de los mapas correspondientes a los muestreos 3, 4 y 9. Situación similar a lo ocurrido en la parcela 2 (Fig. 2) la mayoría de los muestreos reflejan una predicción de los trips por los bordes de la parcela a excepción de los mapas 1, 4, 5, 6, 11 y 12, en los que los centros de agregación más importantes fueron ubicados dentro de las parcelas. En la **Figura 3** podemos observar una distribución más generalizada dentro de la parcela para los muestreos 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12 diferenciando notoriamente a los muestreos 4 y 7, en ellos se muestra una disposición más orientada a la parte Este de la parcela. En estos mapas, podemos ver claramente las áreas libres de infestación, situación que para el planteamiento de programas de manejo es esencial, ya que las nuevas tendencias de la agricultura ecológica plantea una reducción drástica de las aplicaciones de insecticidas y direccionar las medidas de control a puntos de infestaciones severas, estos mapas son de gran apoyo para la toma de decisiones al respecto.

Discusión

El ajuste al modelo gaussiano para todas las fechas de muestreo en las tres parcelas indica una dispersión continua de los insectos dentro de las parcelas, esta dispersión se ve beneficiada o perjudicada por las etapas fenológicas en las que estén los arboles de aguacate, ya que al alimentarse de brotes tiernos y frutos pequeños, los trips se mueven dentro de las parcelas conforme los procesos fisiológicos en que se encuentren los árboles, situación similar fue reportada por Jiménez *et al.* (2014), ellos encontraron que la movilidad y el número de trips en las parcelas se ve favorecida por la floración y fructificación de tomate de cascara en cuatro municipios del Estado de México. Otros trabajos donde se determinó la distribución espacial agregada de insectos son los realizados por Tannure y Mazza (2004) con *Alabama argillacea*, Ribes *et al* (1998) con *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) y Duarte (2012) con su estudios sobre *Grapholita molesta* quienes reportan modelos el ajuste a modelos tanto gaussianos como esféricos y exponenciales para explicar el comportamiento de las plagas mencionadas.

La dependencia espacial alta, así como la validación cruzada aplicada a los semivariogramas indican una distribución agregada de los trips en las tres parcelas muestreadas, resultados similares han sido presentado por Ramírez *et al* (2011) quienes reportaron una dependencia espacial alta para la distribución espacial de *Sporisorium reilianum* que afectaba el plantaciones de maíz en 20 localidades de 19 municipios del Estado de México. Jaramillo (2008) reporta una dependencia espacial alta para el estudio de la variabilidad espacial de las propiedades químicas de los suelos en el Oriente de Antioquia en Colombia con un rango de dependencia de 20 m para la mayoría de las propiedades estudiadas. Lo anterior demuestra, que el uso de estas técnicas, además de ser usado dentro de estudios entomológicos, es una opción para evaluar diversas propiedades de los suelos y enfermedades de las plantas. En el caso de trips en fresa bajo cubierta estudiado por Florez y Corredor (2000), también reporta una dependencia espacial alta para tres de los muestreos realizados observando que en cuanto cambia la disposición de los focos poblacionales, la dependencia espacial disminuye hasta no encontrar dependencia espacial.

La elaboración de mapas de densidad mediante el krigeado permitió la estimación de la incidencia de insectos en puntos no muestreados permitiendo corroborar que la presencia de trips en las parcelas muestra un patrón común (centros de agregación) para todas las fechas de muestreo, este método ha sido utilizado para ilustrar la distribución de *Helicoverpa armígera* Hb. y fue eficiente para demostrar que la distribución de este insecto inicia en los bordes de la parcela y podría llegar a infestar el 100% si las condiciones medioambientales fueran favorables (Moral, 2004). En el caso de *Perkinsiella saccharicida* en el cultivo de azúcar Vera y Guerrero (2009) reportan que los mapas obtenidos a través del krigeado ordinario permitieron observar la

ubicación de zonas de altas incidencias de captura (centros de agregación) para los diferentes periodos evaluados entre 2002 y 2004.

El valor del Error cuadrático medio se aproximó a cero al igual que la media de los errores de estimación, lo cual permite comprobar que los datos interpolados tienen una buena correlación, esto coincide con lo reportado por Díaz *et al* (2012), quienes al validar los modelos ajustados para la presencia de *Alternaria Solani* Sor. en el cultivo de tomate de cascara encontraron una buena correlación entre los datos obtenidos en los muestreos.

A diferencia de lo reportado por Ramírez *et al* (2011) y Sánchez *et al* (2011) la superficie infestada de trips se presentó en al menos uno de los muestreo para la parcela 1 y 3 en el 100% de la parcela, coincidiendo con lo reportado por Jiménez *et al* (2013) quien reporta que los trips (*Frankliniella occidentalis*) que afectan al tomate de cascara en tres municipios del Estado de México se pueden encontrar infestando el 100% de las parcelas plantadas de tomate de cascara.

La mayor incidencia de trips y la mayor superficie infestada fue encontrada en la segunda quincena de febrero y las dos quincenas de marzo (muestreos 4, 5 y 6) fechas que coinciden con la floración de los árboles de aguacate, lo cual coincide con lo reportado por Carrizo (1998) quien reporta que tanto los inmaduros como los adultos de trips predominan principalmente en las flores.

Conclusiones

La aplicación de métodos geoestadísticos constituye una herramienta eficaz para determinar una distribución espacial agregada de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate corroborada y representada mediante su ilustración a través de mapas de densidad de poblaciones en las tres parcelas de Coatepec Harinas, Estado de México.

Tabla 1. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas empíricos de trips en tres parcelas de Coatepec Harinas
Table 1. Parameters of the theoretical models adjusted to the empirical semivariograms of thrips in three plots of Coatepec Harinas

Parcela 1							
Número de muestreo	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/meseta	Dependencia espacial	Superficie infestada %
1	Gaussiano	0	34.86	18.24	0	Alta	79
2	Gaussiano	0	26.23	19.20	0	Alta	77
3	Gaussiano	0	43.71	13.44	0	Alta	87
4	Gaussiano	0	1378	17.28	0	Alta	100
5	Gaussiano	0	2688	15.36	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	756	16.32	0	Alta	100
7	Gaussiano	0	138	21.12	0	Alta	78
8	Gaussiano	0	14.96	16.32	0	Alta	72
9	Gaussiano	0	6.00	14.4	0	Alta	68
10	Gaussiano	0	4.99	17.28	0	Alta	51
11	Gaussiano	0	0.78	19.2	0	Alta	42
12	Gaussiano	0	0.35	17.30	0	Alta	56
Parcela 2							
1	Gaussiano	0	34.44	17.27	0	Alta	50
2	Gaussiano	0	17.60	18.20	0	Alta	69
3	Gaussiano	0	34.32	18.30	0	Alta	84
4	Gaussiano	0	1330	14.56	0	Alta	98
5	Gaussiano	0	521.4	11.83	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	19.20	11.80	0	Alta	96
7	Gaussiano	0	15.62	11.83	0	Alta	88
8	Gaussiano	0	14.56	7.19	0	Alta	85
9	Gaussiano	0	9.23	11.83	0	Alta	84
10	Gaussiano	0	1.93	13.65	0	Alta	75
11	Gaussiano	0	0.34	5.40	0	Alta	63
12	Gaussiano	0	0.29	17.00	0	Alta	57
Parcela 3							
1	Gaussiano	0	15.8	12.0	0	Alta	75
2	Gaussiano	0	30.60	11.0	0	Alta	82
3	Gaussiano	0	107.2	17.0	0	Alta	87
4	Gaussiano	0	1116	14.0	0	Alta	100
5	Gaussiano	0	1694	18.0	0	Alta	100
6	Gaussiano	0	265.2	13.0	0	Alta	96
7	Gaussiano	0	33.67	13.0	0	Alta	81
8	Gaussiano	0	22.33	12.0	0	Alta	80
9	Gaussiano	0	7.37	11.0	0	Alta	79
10	Gaussiano	0	5.81	17.2	0	Alta	74
11	Gaussiano	0	0.87	8.84	0	Alta	62
12	Gaussiano	0	0.21	4.8	0	Alta	55

Tabla 2. Parámetros de los modelos teóricos ajustados a los semivariogramas de trips en el cultivo de aguacate en Coatepec Harinas en 2015.

Table 2. Parameters of theoretical models adjusted to semivariograms of thrips in avocado cultivation in Coatepec Harinas in 2015.

Validación Cruzada Parcela 1							
Tamaño Muestra	Media Muestral	Desviación Estándar	Varianza Muestral	Varianza de los Errores	MEE	ECM	ECMA
121	4.71	4.64	21.55	11.13	0.08ns	0.09	1.12
121	5.81	5.15	26.52	17.38	0.11ns	0.12	1.07
121	6.75	4.53	20.51	09.68	0.10ns	0.10	1.14
121	44.03	33.43	111.7	45.02	0.09ns	0.13	1.12
121	53.93	43.20	186.7	51.39	0.11ns	0.07	1.10
121	29.57	21.85	477.78	77.26	0.13ns	0.10	1.08
121	34.02	14.89	221.79	39.12	0.10ns	0.12	1.11
121	4.55	3.33	11.12	05.42	0.07ns	0.11	1.13
121	3.11	2.18	4.78	1.19	0.12ns	0.08	1.09
121	2.85	1.59	2.54	1.06	0.10ns	0.10	1.10
121	0.59	1.04	1.09	0.35	0.09ns	0.12	1.13
121	0.38	0.88	0.77	0.22	0.12ns	0.11	1.12
Validación cruzada Parcela 2							
Tamaño Muestra	Media Muestral	Desviación Estándar	Varianza Muestral	Varianza de los Errores	MEE	ECM	ECMA
121	3.36	4.19	17.53	12.88	0.13ns	0.12	1.10
121	2.78	4.65	21.60	13.27	0.11ns	0.08	1.12
121	9.76	6.22	38.71	10.84	0.10ns	0.13	1.14
121	110.27	42.75	182.7	58.06	0.07ns	0.12	1.08
121	175.43	28.08	788.59	77.25	0.10ns	0.08	1.10
121	14.13	4.89	23.93	12.06	0.14ns	0.10	1.09
121	7.53	4.61	21.27	11.71	0.11ns	0.09	1.13
121	4.53	3.00	9.00	3.18	0.08ns	0.12	1.10
121	5.83	3.53	12.47	5.24	0.12ns	0.13	1.11
121	0.80	1.64	2.70	1.18	0.11ns	0.11	1.13
121	0.29	0.58	0.34	0.16	0.13ns	0.09	1.08
121	0.213	0.55	0.30	0.10	0.09ns	0.13	1.11
Validación cruzada Parcelas							
Tamaño Muestra	Media Muestral	Desviación Estándar	Varianza Muestral	Varianza de los Errores	MEE	ECM	ECMA
121	13.66	4.41	19.43	11.55	0.11ns	0.11	1.11
121	18.56	5.81	33.78	18.37	0.12ns	0.08	1.14
121	33.89	12.27	150.67	79.83	0.13ns	0.07	1.10
121	126.37	34.32	117.79	40.16	0.07ns	0.14	1.11
121	238.24	45.86	210.33	66.40	0.09ns	0.12	1.08
121	41.50	18.29	334.69	85.01	0.12ns	0.11	1.10
121	14.32	6.05	36.65	17.09	0.10ns	0.12	1.07
121	12.36	5.33	28.40	11.34	0.09ns	0.07	1.13
121	4.30	3.11	9.67	4.08	0.13ns	0.13	1.12
121	2.59	2.02	408	90.16	0.10ns	0.11	1.10
121	0.576	0.92	0.85	0.24	0.11ns	0.09	1.09
121	0.19	0.48	0.23	0.11	0.12ns	0.12	1.11

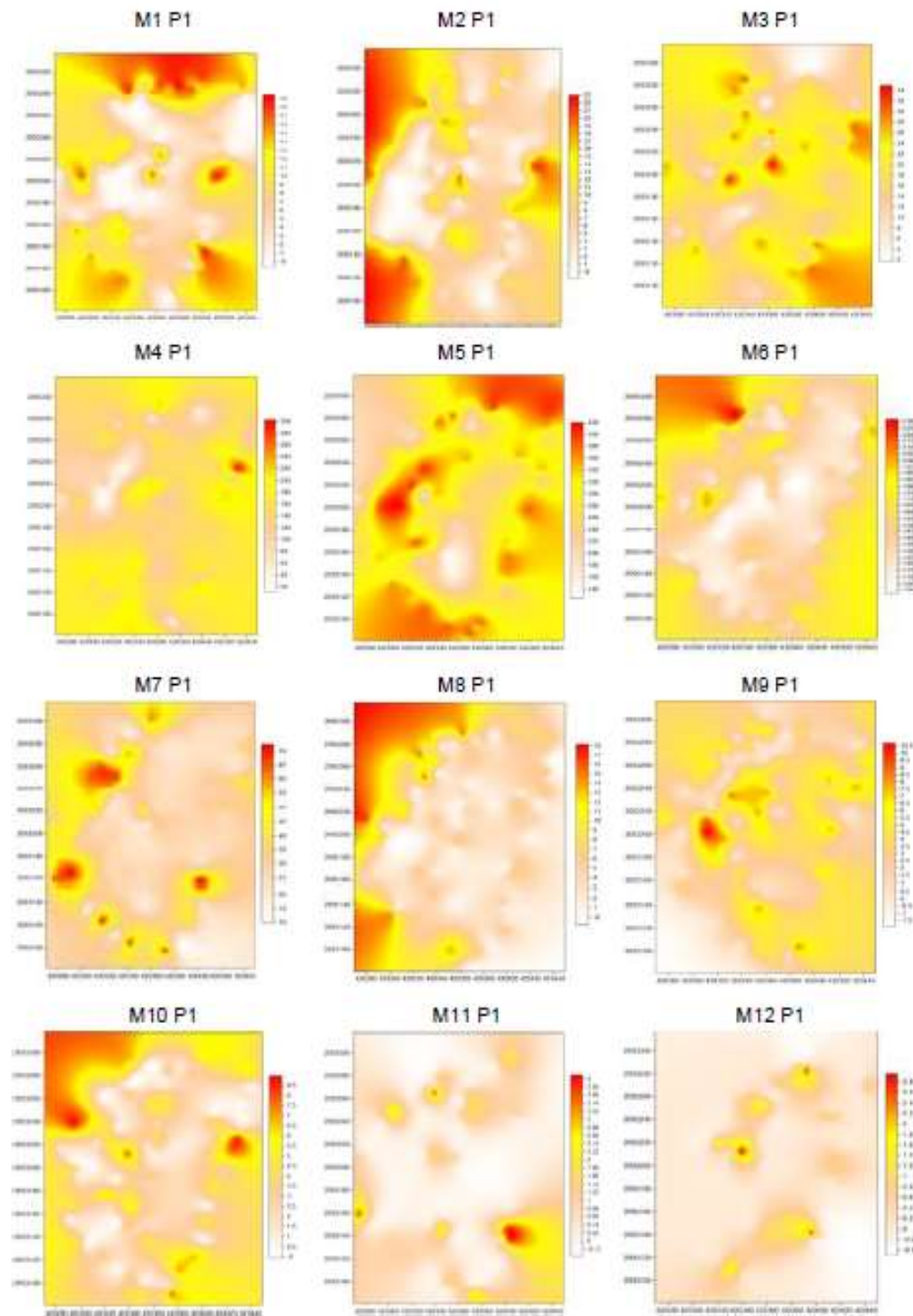


Figura 1. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 1).

Figure 1. Population density maps of thrips in avocado var. Hass (plot 1).

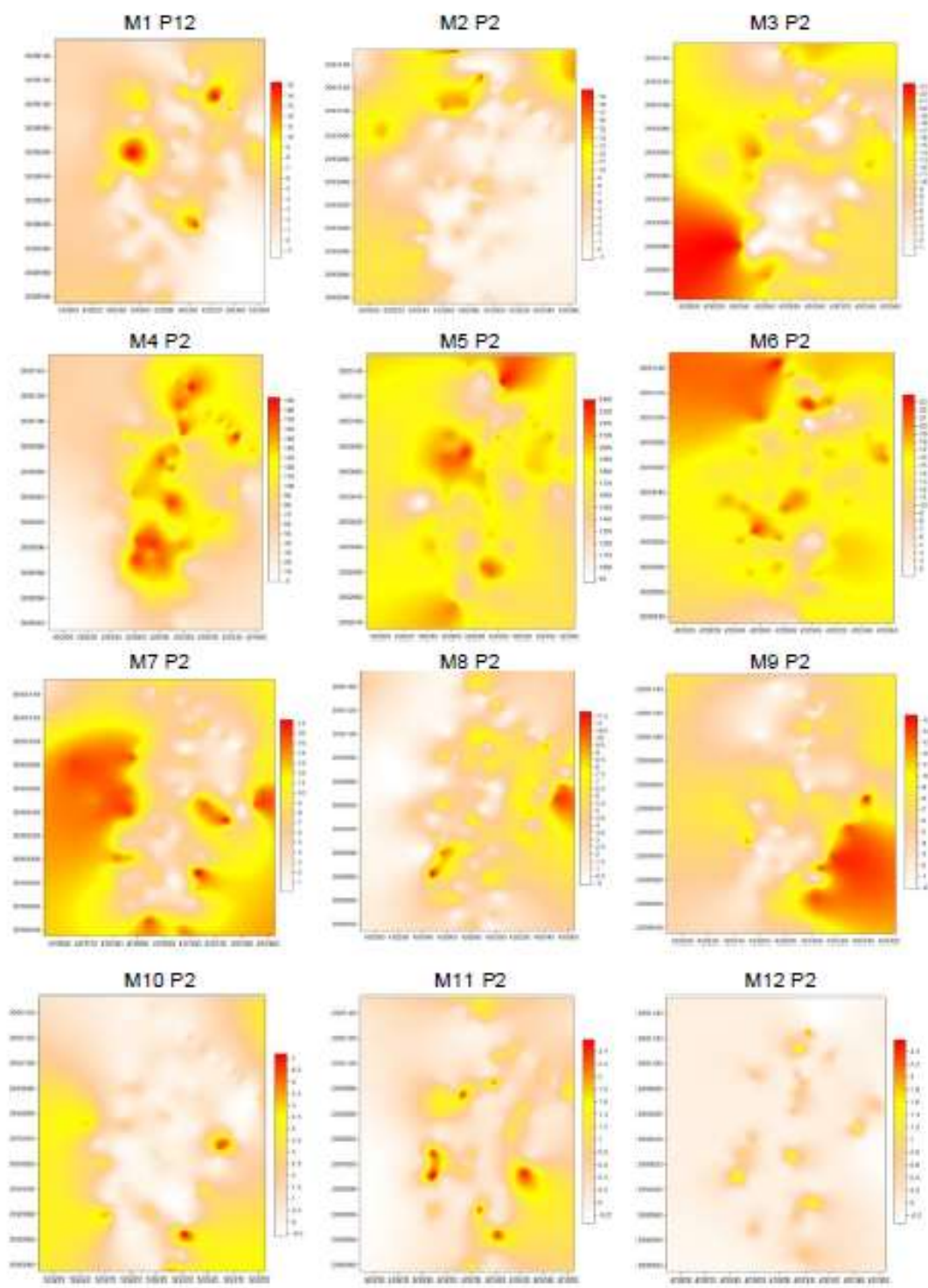


Figura 2. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 2).
Figure 2. Population density maps of thrips in avocado var. Hass (plot 2).

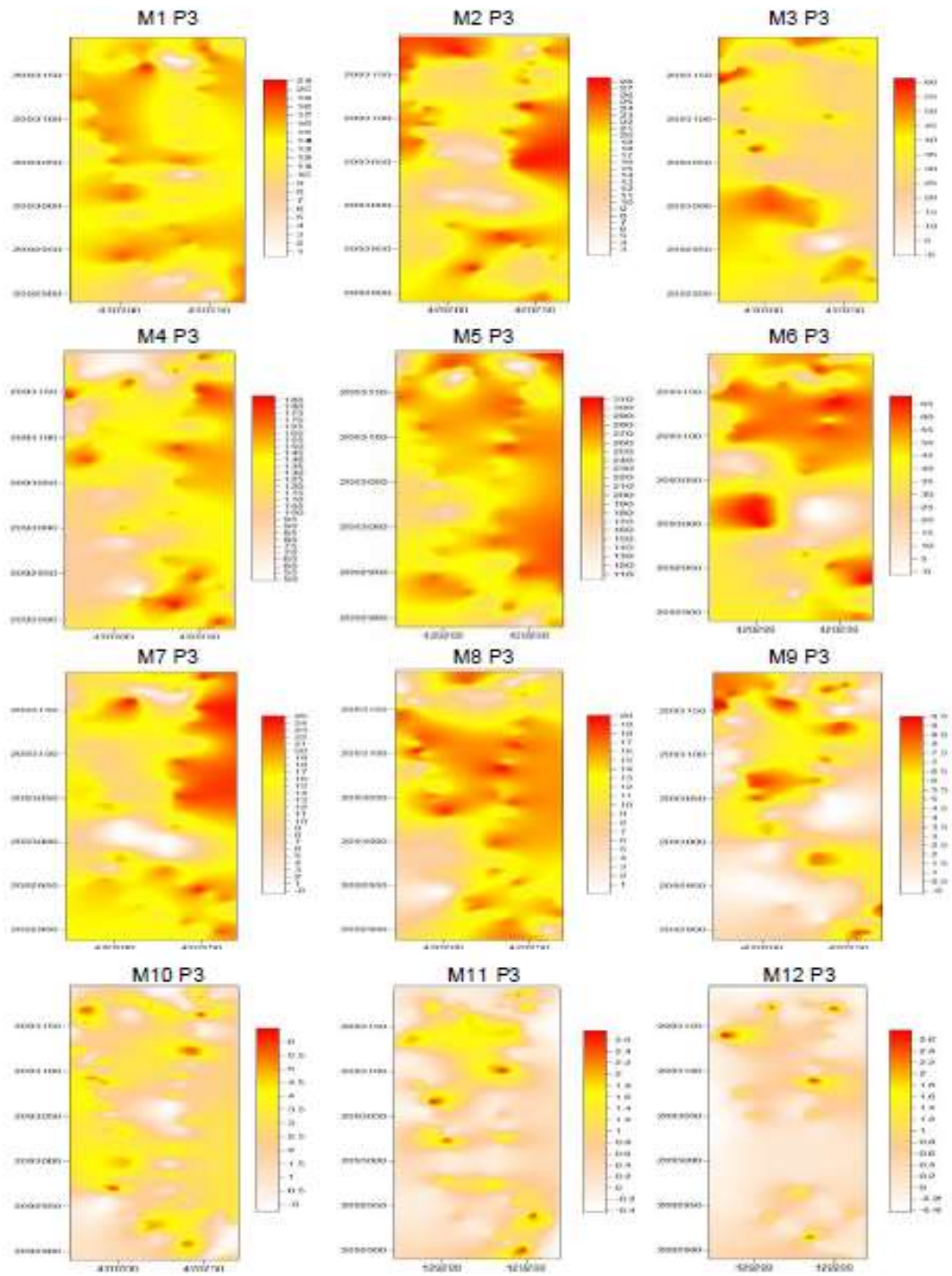


Figura 3. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 3).

Figure 3. Population density maps of thrips in avocado var. Hass (plot 3).

Referencias

Castañeda G E L, Johansen N R M. 2011. Trips asociados al aguacate en el Estado de México. VII congreso internacional de aguacate. Cairns, Australia. Pág. 900-920.

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

Díaz, Peña, M. , González, L. C., Cosío, E. C., & Cardoso, G. C. (2012). Estimación espacial de la intensidad de *Alternaria solani* Sor. en el cultivo del tomate en la estación de protección de plantas de Lajas. *Investigación Operacional*, 33(1), 85-95.

Duarte F. 2012. Caracterización espacio-temporal de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) mediante métodos geoestadísticos y sistemas de información geográfica. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 94 pág. disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/tesisposgrado/textostesis/2012/0074dua.pdf>

Flórez, E. & Corredor, D., 2000.- Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en un cultivo de fresa bajo cubierta, como soporte en las decisiones de manejo integrado de plagas. *Rev. Agronomía Colombiana*, 17: 25-42

González, H. H., R. Johansen N., L Gasca C., A. Equihua M., A. Salinas C., E. Estrada V., F. Durán de A., y A. Valle de la P. 2000. Plagas del Aguacate. pp: 117-121. En: *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Daniel Téliz (coordinador). Edit. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México.

Isaaks, E. H. y Srivastava, R. M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Univ. Press, 1° ed. New York, United States of America. 35-38 pp.

Jaramillo, Daniel Francisco. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Bogota** 61.2 (2008): 4588-4599.

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.

Jiménez Carrillo, Rocio de los Angeles, Ramírez, José Francisco, Sánchez Pale, Jesús Ricardo, Lidya Salgado Siclán, Martha, & Laguna Cerda, Antonio. (2014). Modelización espacial de huevos de Thrips (Thysanoptera: *Frankliniella occidentalis*) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1)

Moral, G. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 13 (1): 78-86

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. *Madera y Bosques*. 34: 93-111.

Ramírez, José Francisco, Sánchez, Jesús Ricardo, González Andrés & de León, Carlos. (2011). Modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* ((Kühn) Langdon y Fullerton) en Estado de México, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 157-173.

Ribes, M.; Bascuñana, M. Y Avilla, J., 1998: Estudio De La Distribución Espacial De *Cydia Pomonella* (L.) Y *Pandemis Heparana* (Denis & Schiffeirmüller) En Torregrossa (Lleida) Mediante Métodos Geoestadísticos. *Bol San. Veg. Plagas* 24: 935-947

Sánchez, Jesús Ricardo, Ramírez, José Francisco, González, Andrés, De León, Carlos. (2011). Spatial distribution of head smut (*Sporisorium reilianum*) of corn in Mexico. *Ciencia e investigación agraria*, 38(2), 253-263.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGARPA. URL: www.siap.gob.mx (Consulta: 25 de Octubre 2016).

Tannure C., Mazza S. (2004). Caracterización geoestadística de la distribución espacial de *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del algodón. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias. Comunicaciones Científicas y Técnicas 2004.

Vera Casanova A. Rossana & Guerrero Cesar. 2009. Análisis geoestadístico de la variabilidad espacial de plagas. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/319>

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

Esta tesis doctoral pretende contribuir al conocimiento de los procesos que influyen en la distribución espacial de trips en aguacate en el municipio de Coatepec Harinas Estado de México. Se han analizado alternativas para describir los patrones de distribución espacial, esta emplea información acerca del valor que toma la variable y la ubicación espacial de los puntos de muestreo tal y como lo muestran en sus trabajos (Ramírez *et al*, 2011, Midgarden *et al.*, 1997).

La contribución del trabajo en cuanto al conocimiento del patrón de distribución espacial de trips se hace necesario ya que este se utiliza para estimar el tamaño de la población del insecto en campo, así como determinar los posibles patrones de distribución a los que se ajusta la población de trips; esto ayuda a conocer sus hábitos de vida, tendencias de agrupamiento en las diferentes etapas de desarrollo, el conocimiento del modelo de dispersión que fue resultado de los muestreos en campo lo que permite desarrollar planes de muestreo que proporcionen elementos necesarios para la toma de decisiones sobre el control de trips; las técnicas utilizadas podrían permitir la predicción de áreas en campo donde las poblaciones de trips podrían superar el umbral de daño económico, el trabajo contribuye a la elaboración de programas de manejo integrado este estudio concuerda con estudios realizados por (Sevacherian & Stern, 1972; Boiteau *et al.*, 1979; Ruesink, 1980; Taylor, 1984; Liebhold *et al.* , 1993; Emmen, 2004).

Para cada ciclo de muestreo se obtuvo un alto nivel de dependencia espacial en todas las parcelas, teniendo una distribución de tipo agregada en las parcelas de Coatepec Harinas, este trabajo permitió modelizar la estructura espacial de trips en árboles de aguacate, con modelos esféricos y gaussiano teniendo un efecto pepita igual a 0 en cada muestreo, las validaciones pertenecientes a los variogramas experimentales en cada fecha de muestreo confirman una distribución agregada del insecto, el nivel de dependencia espacial es alto en todos los casos.

El número máximo de trips superó los cuatrocientos individuos entre los meses de febrero y marzo en las tres parcelas y el número menor de trips se encontró en el mes de diciembre en ambos muestreos. La distribución de los trips se muestra en puntos específicos o agregados dentro de la parcela de aguacate muestreadas, lo que posibilita acciones de monitoreo y control hacia sitios específicos. Los muestreos con propósitos de investigación y manejo son básicos para conocer la densidad y dispersión de una población, en un estudio realizado por Moradi- Vajargah *et al* (2011) en Irán, sobre la densidad y el patrón de distribución de *Hypera postica*; encontraron que las condiciones de clima se relacionan con la densidad, el patrón fue agregado y permitió sincronizar las estrategias y los tiempos en los cuales debía de iniciar el programa de manejo.

Los trips dentro de las parcelas de estudio durante los dos años de muestreo no infestan al 100%, por lo que el manejo de los focos de infestación permite obtener

frutos de aguacate inocuos como lo requiere el mercado de exportación. La oportunidad de contar con herramientas de manejo para este insecto abre la posibilidad de generar modelos de predicción en tiempo real.

El uso de la Geoestadística resulta de gran relevancia en el manejo específico y preciso de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate, pero resultaría de gran importancia por su pertinencia, en el manejo agronómico de diversos problemas fitosanitarios de este cultivo, lo anterior, con la idea de reducir al máximo el uso indiscriminado y nada efectivo de agroquímicos en el control de insectos plaga y enfermedades que aquejan al aguacate. El hecho de poder elaborar mapas de infestación de trips y probablemente de otros problemas fitosanitarios, permitiría dirigir las medidas de control en sitios específicos de infestación, utilizando un control químico o alternativo de manera más racional y conducente, propiciando con ello, un ahorro económico importante para los productores y una reducción considerable en el impacto ambiental que generan los productos químicos. El uso de estas nuevas tecnologías en el manejo fitosanitario global en el aguacate requiere de investigaciones puntuales y detalladas que permitan proporcionar al productor un paquete tecnológico eficiente y oportuno para aminorar los efectos negativos provocados por esos problemas en el precio unitario y global de la producción de aguacate.

IX. CONCLUSIONES

- Se comprobó que la metodología utilizada para el estudio de la distribución espacial de trips en frutos de aguacate, constituye una herramienta importante en el análisis del comportamiento de insectos.
- Los patrones de distribución que siguió el insecto durante el tiempo de muestreo permitieron conocer, los centros de agregación del insecto en diferentes estados fenológicos del aguacate.
- Se presentan los resultados obtenidos hasta el momento sobre la distribución espacial de trips en el cultivo de aguacate, con miras al desarrollo de una agricultura con identificación de “sitio específico”.
- Con los mapas generados a través del krigado ordinario ayudan al manejo integrado de plagas en trips en el cultivo de aguacate.
- Con cada uno de los modelos presentados fueron validados y fueron comprobados con datos de campo.
- Con cada muestreo se pretende tener una base de datos que pueda ayudar en la toma de decisiones, apoyados en el uso de sistemas de información geográfica y que este trabajo de investigación sirva para futuros trabajos de riesgos por plagas que afectan el cultivo de aguacate.
- Utilizando el SADIE se observó un patrón de distribución agregado de trips en la zona de producción de aguacate en el estado de México.

X. LITERATURA CITADA

- Ascensión B, G., Bravo M, H., González H, H., Johansen N, R., y Becerril R, A. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate C.V. Hass. Rev. Chapingo. Serie Horticultura 5: 291-296.
- Barrientos-Priego A F, L López-López 1998. Historia y genética del aguacate. *In*: Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX S.C. Coatepec Harinas, México. Pp33-5.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal.de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p. Chuvieco, E.1990. Fundamentos de teledetección espacial. Ed. Rialp, S.A. Madrid, España 419 p.
- Boiteau, G., Bradley, J.R., Van Duyn, J.W. & Stinner, R.E., 1979.- Bean leaf beetle: micro-spatial Patterns and sequential sampling of field populations. *Environ. Entomol.* 8: 1139-1144.
- Blom, E. y Fleisher, S. 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 30 (2): 350- 364.
- Brandhorst – Hubbard, J., Flanders, K., Mankin, R., Guertal, E. y Crocker, R. 2001. Mapping of soil insect infestations sampled by excavation and acoustic methods. *J. Econ. Entomol.* 94 (6): 1452 – 1458.
- Brenner, R., Focks, D., Arbogast, R., Weaver, D. y Shuman, D., 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *American Entomologist.*, 79-10.
- Cabezas C, Hueso J, Cuevas J. 2003. Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en Proc V World Avocado Congress. Málaga, España: Consejería de Agricultura y Pesca. Pp 231-23.
- Cabrera, A.; Surís, M.; Guerra, W. 2003. Aplicación de diferentes índices de agregación en el análisis del patrón espacial de Thrips palmi Karny (Thysanoptera: Thripidae) en papa. *Rev. Protección Veg.* Vol. 18 N.o 3: 200-210.

- Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R. y Konopka, A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58, 1501-1511.
- Chica-Olmo, M., 1988. Análisis geoestadístico en el estudio de la explotación de los recursos minerales. Granada, Ed. Univ. Granada, y el 387p.
- Chilés, J. y Delfiner, P. 1999. *Geostatistics: Modeling spatial uncertainty*. John Wiley & Sons, Nueva York. 695 Pp.
- Cuevas, J. y C. Cabezas. 2007. Control de la apertura y cierre de la flor dicogámica del aguacate. p. 12-16. En: Proceedings VI World Avocado Congress. Viña Del Mar, Chile.
- Davis, J. C., 1986. *Statistics and data analysis in Geology*. New York, John Wiley and Sons, 646p.
- De las Cuevas, C., 1992. Análisis del contenido en agua en formaciones escala a lo largo de la formación, ésta debería tener un salinas. Su aplicación al almacenamiento de residuos radiactivos. Tesis alcance superior al 120 m. doctoral. Univ. Barcelona, 175 p.
- Díaz, M. 2002. *Geoestadística aplicada*. Cuba. Instituto de geofísica, UNAM. Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA.
- Emmen, D.A., 2004. La agricultura de precisión: una alternativa para optimizar los sistemas de producción. Universidad Santa María la Antigua (Usma), Panamá, República de Panamá. *Investigación y pensamiento crítico*, 2: 68-74
- Englund, E. y 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, USA.
- Estrada, A. 1998. Geostatistics and remote sensing as predictive tools of tick distributions: a cokriging system to estimate *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) Habitat suitability in the United States and Canada from advanced very high-resolution radiometer satellite imagery. *J. Med. Entomol.* 35(6): 989-995.

- FAO. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Consultado 2014 (<http://www.fao.org/statistics/es/>)
- Fisher, J. B., y Davenport, T.L. 1989. Structure and development of Surface deformation on avocado fruits. *HortScience* 24:841-844.
- Fleischer, J., Blom, E. y Weisz, R. 1999 a. Sampling in Precision IPM : When The Objective Is a Map. *The American Phytopathological society*. 89 (11): 115- 118.
- Florez, E., y Corredor, D. 2011. Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en un cultivo de fresa bajo cubierta, como soporte en las decisiones de manejo integrado de plagas. *Agronomía Colombiana*, 17(1-3), 25-35.
- García, M., Mújica, R., Vázquez, N y Aranda, E. 1986. Fenología de *Copturus aguacatae* (Coleoptera: Curculionidae) en tres regiones del estado de Morelos. Memoria del XXI Congreso Nacional de Entomología, Monterrey, Nuevo León, CONACYT, Colegio de Posgraduados, UANL.
- González H, H., Johansen, R., Gasca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran, F. y Valle, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz., D. (cd). El Aguacate y su Manejo Integrado. Ediciones Mundi Prensa. México, DF. pp: 177-186.
- Hernández, H. G., Ramos, A. M., De la Paz, A. V., y González-Ríos, M. 1999. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 287-290.
- Hevesi, J., Istok, J. y Flint, A. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology*. 31 (7): 661 – 676.
- Hoddle, M. S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of entomological research*, 92(04), 279-285.

- Hofmann – Wellenhof, B., Lichtenegger, H. y Collins. 1994. GPS Theory and practice Editorial Springer – Verlag Wien. New York. Tercera edición revisada.
- Hulbert, S. 1990. Spatial distribution of the montane unicorn. *Oikos*. 58: 257 – 71.
- Ibar, I. 1986. Cultivo del aguacate, chirimollo, mango y papayo. 3a ed. Barcelona. 175p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/15/15021.pdf>
- Isaaks, E. Srivastava, M. 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*. 20(4): 313 – 341.
- Isaaks, E. H. y Srivastava; R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford university press, Nueva York. 561 Pp
- Johansen, R., Mojica G., y Ascensión, B. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). Rev. Chapingo Ser. Horticultura 5 (Núm. Esp.): 279-285.
- Journel, A. & Huijbregts, C. 1978. *Mining Geostatistics*, Academic Press, London.
- Lewis, T. 1973. Thrips, their biology, ecology and economic importance. *Thrips, their biology, ecology and economic importance*.
- Liebhold, A. y Sharov, A. 1998. Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. Population and community Ecology for insect management and conservation. Pp. 1 – 117.
- Liebhold, M., Rossi, E. y Kemp, P. 1993. Geostatistics and Geographic Information Systems in applied Insect Ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 303-327.
- Matheron, G. 1962. Traite de geostatistique appliquee, tome 1 and 2, Memoires du bureau de recherches Geologiques Et minières, Tecnip, Paris, 1962-3.

- Midgarden, D., Youngman, R. y Fleischer, S., 1993. Spatial Analysis of counts of Western corn rootworm (Coleóptera: Chrysomelidae) adults on yellow sticky traps in corn: Geostatistics and dispersion indices. *Environmental Entomology*, 22(5): 1124- 1123.
- Midgarden, D., Fleischer, S.J., Weisz, R. & Smilowitz, A., 1997.- Site-specific Integrated Pest Management Impact of Development on Esenvalerate Resistance in Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and on Densities of Natural Enemies. Entomological Society of America, Lanham (Maryland), USA. *Journal of Economic Entomology*, 90: 855-867.
- Moral, F. 2004. Analysis of the spatio-Temporal Distribution of *Helicoverpa armigera* in a Tomato Field using Stochastic Approach Biosistemas Engineering 93 (3) :253-259.
- Oliver, M. y Webster, R. 1991. How geostatistics can help you. *Soil use and management*. 7 (4): 206 – 217.
- Ortega, H., y Llanderal, L. 1990 Biología, hábitos e indentificación del barrenador pequeño de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber) en Ziracuarétiro, Michoacán. Tesis de licenciatura de la Facultad de Agrobiología. Michoacan.
- Petitgas, P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data 5: 114-142. In: B. A. Megrey & E. Mosknes, (E). *Computers and fisheries research*. Chapman-Hall, Londres.
- Quintanar, A.F. 1963. El aguacate. México, D.F. 107p.
- Ramírez, J. Porcayo, E. y Sánchez, J. 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, 2011.
- Ramírez, J., González, J., Ocete, R. Y López, M. 2002. Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin y Zanon) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. *Bol. San. Veg. Plagas*. 28: 87-95.
- Rock, N. M. S., 1988. Numencal Geology. Lecture Notes in Earth Sciences, 18. Berlin, Springer Verlag, 427p.

- Rodríguez, S. F. 1992. El aguacate. SAGAR-INIFAP. 1996. Programa Nacional de Investigación de Aguacate. Grupo interdisciplinario de aguacate (GIA). En el Campo Experimental de Uruapan. Michoacán, México. Documento interno. A. G. T. Editor S. A. México, D. F. 167 p.
- Rossi, R. Mulla, J. Journel, G. y Franz, H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling and interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*. 62(2): 277-314.
- Ruesink, W.C., 1980. Introduction to sampling theory: 61-78 (in) de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum* Le: (i) KOGAN, M. & HERSON, D.C. (eds.) Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag, New York.
- SAGARPA. 2014. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Consultado 2014:(<http://www.gob.mx/sagarpa>).
- Samper, F. y Carrera, J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 Pp.
- Sánchez P, J., Ramírez D, J., González H, A., y De León, C. 2011. Spatial distribution of head smut (*Sporisorium reilianum*) of corn in Mexico. *Revista Ciencia e Investigación Agraria* 38 (2): 5-14.
- Sawyer, J. 1989. Inconstancy of Taylor's b: simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.* 31: 11-24.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P. y Baumgärtner. 2001. Geostatistical análisis of *cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*. 47(3): 174-184.
- SENASICA, 2015. Campaña contra plagas reglamentadas del aguacatero https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164153/InformeOctubre_CPRaguacatero2015__1_.pdf
- Sevacherian, V. & Stern, V.M., 1972. Spatial distribution patterns of Lygus bugs in California cotton fields. *Environ. Entomol* 1: 695-704.

Sharov, A. and A. Liebhold. 1998 Model of slowing the spread of Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) with a barrier zone. *Ecological applications* 8 (4): 1170-1179. 1998.

Sharov, A. Modeling forest insect dynamics. http://viner.ento.vt.edu/~sharov/popechomelmodeV_model.html. 1996. SHAROV, A Quantitative population ecology. <http://www.ento.vt.edu/sharov/popechomelrefemee.html>.

Speight, M., Hails, R., Gilbert, M. y Foggo, A. 1998. Horse chestnut scale (*Pulvinaria Regalis*) (Homoptera: Coccidae) and urban host tree environment. *Ecology*. 79(5): 1503- 1513.

Téliz, D., y Marroquin, F. 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. Mundi-Prensa. México. p. 1-28.

Taylor, R.L., 1984. Assessing and Interpreting the Spatial Distribution of Insect Populations. Annual Reviews Publisher, Palo Alto (California), USA. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357.

Wallace, M. K. y Hawkins, DM., 1994. Applications of Geostatistics in Plant Nematology. *Journal of Nematology*, 26(4S): 626-634.

Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN. 2002. The Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon UK. 416 pp.

Zilkah, S., y Klein, I. 1987. Growth kinetics and determination of shape and size of small and large avocado fruits cultivar 'Hass' on the tree. *Scientia Horticulturae*, 32(3), 195-202.

<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PEAM3>

Arthurs, S., C. McKenzie, J. Chen, M. Dogramaci, M. Brennan, K. Houben y L. Osborne. 2009. Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agent of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biol. Control* 49: 91-96.

Calvo, J., y Belda, J. E. 2006. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.:

- Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 32(3), 283-296.
- Englund, E. y 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, USA.
- González H, H., Johansen, R., Gasca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran, F. y Valle, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz., D. (cd). El Aguacate y su Manejo Integrado. Ediciones Mundi Prensa. México, DF. Pp. 177-186.
- Hernández, H. G., Ramos, A. M., De la Paz, A. V., y González-Ríos, M. 1999. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 287-290.
- Isaaks, E. Srivastava, M. 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology*. 20(4): 313 – 341.
- Ramírez Dávila, J. F., Solares Alonso, V. M., Figueroa Figueroa, D. K., y Sánchez Pale, J. R. 2013. Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta zoológica mexicana*, 29(3), 545-562.
- Ramírez, J. Porcayo, E. y Sanchez, J. 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, 2011.
- Rosii, R. Mulla, J. Journel, G. y Franz, H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling and interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*. 62(2): 277-314.

- Salgado, S. M. L. 1993. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas. *Memorias Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el Estado de México*. Pp, 191-212.
- Samper, F. y Carrera, J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 Pp.
- Sánchez P, J., Ramírez D, J., González H, A., y De León, C. 2011. Spatial distribution of head smut (*Sporisorium reilianum*) of corn in Mexico. *Revista Ciencia e Investigación Agraria* 38 (2): 5-14.
- SIAP. 2014. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: 7 de noviembre 2014).
- Solares Alonso, V. M., Ramírez Dávila, J. F., y Sánchez Pale, J. R. 2012. 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.
- Van Houten, Y. M., Ostlie, M. L., Hoogerbrugge, H., y Bolckmans, K. 2005. Biological control of western flower thrips on sweet pepper using the predatory mites *Amblyseius cucumeris*, *Iphiseius degenerans*, *A. andersoni* and *A. swirskii*. *IOBC/wprs Bull*, 28(1), 283-286.