

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

F.I. Maldonado¹, J.F. Ramírez^{2,*}, A.V. Lara¹, D.A. Acosta¹, R. Rivera¹, A. Tapia Reyes³.

(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.

(3) Maestría en ciencias agropecuarias y recursos naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.

* Autor de correspondencia: J.F. Ramírez [jframirez@uaemex.mx]

> Recibido el 28 de febrero de 2017 - Aceptado el 05 de julio de 2017

Maldonado, F.I., Ramírez, J.F., Lara, A.V., Acosta, D.A., Rivera, R., Tapia Reyes, A. 2017. Mapeo de la distribución espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en parcelas comerciales de aguacate Var. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. *Ecosistemas* 26(2): 52-60. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-2.06

El presente estudio permitió 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 mostraron 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 osciló entre el 90 y 100% mostrando una distribución espacial agregada; el efecto pepita obtenido para todos los muestreos corroboró la agregación de las poblaciones de trips y refiere un mínimo error de muestreo para los doce muestreos realizados. Trabajos como este, en que se aplican métodos geoestadísticos, coadyuvan al conocimiento de los problemas fitosanitarios de los cultivos de importancia económica y a la aplicación de medidas de control (químico, biológico, cultural o mecánico) dirigidas a zonas específicas de la parcela.

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

Maldonado, F.I., Ramírez, J.F., Lara, A.V., Acosta, D.A., Rivera, R., Tapia Reyes, A. 2017. Mapping of the spatial distribution of thrips (Insecta: Thysanoptera) in commercial plots of avocado Var. Hass in Coatepec Harinas, State of Mexico. *Ecosistemas* 26(2): 52-60. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-2.06

The present study allowed to know the spatial distribution of thrips through density maps in three commercial plots of avocado in Coatepec Harinas, State of Mexico. The results showed 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 corroborated the aggregation of thrips populations and referred to a minimum sampling error for the twelve samplings performed. Works such as this, in which geostatistical methods are applied, contribute to the knowledge of phytosanitary problems of crops of economic importance and to the application of control measures (chemical, biological, cultural or mechanical) directed to specific areas of the plot.

Key words: avocado; spatial distribution; geostatistics; krigado; 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 se 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. Los trips (Insecta:Thysanoptera) son insectos pequeños que generan daños en los tejidos del fruto originando heridas y malformaciones que van tornándose más visibles conforme avanza su crecimiento. Estos insectos tam-

bién generan daños en los brotes vegetativos tornándolos castaños (González et al. 2000). Castañeda y Johansen (2011) reportaron 17 géneros de trips asociados al cultivo de aguacate en el Estado de México destacándose los géneros *Scirtothrips*, *Frankliniella* y *Neohydatothrips* por su número y variabilidad de especies.

Para planear medidas de control de plagas, es necesario, además de otros aspectos relevantes, saber su ubicación y los momentos oportunos para llevar a cabo la aplicación de medidas de control químicas, culturales, biológicas o mecánicas. El presente trabajo pretendió explorar los patrones de distribución espacial de las poblaciones de trips mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas 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 del 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 hectáreas. Las parcelas se dividieron por cuadrantes de 20x20m (Mostacedo y Fredericksen 2000) obteniendo 100 cuadrantes en cada una, se seleccionaron al azar 40 cuadrantes y de cada cuadrante se seleccionaron 3 árboles al azar obteniéndose un total de 120 árboles por parcela. Cada árbol fue georeferenciado con ayuda de un navegador Garmin® modelo Oregón 650. Cabe mencionar que en las parcelas no se realizó ningún tipo de control contra los insectos durante la investigación.

En cada árbol se colocaron trampas para la captura de los trips. La trampa consistió de un vaso plástico amarillo de 10.5 cm de altura con un diámetro inferior de 4.5 cm y un diámetro superior de 7.5 cm se colocaron 12 vasos amarillos de 10.5 cm 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 a 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). 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 y Huijbregts 1978; Isaaks y Srivastava 1989)

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

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 .

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 y Carrera (1996); Trematerra y Sciarretta (2002). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , efecto pepita, C , meseta y 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 krigeado. La validez del modelo se satisface si ECMA está comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

Nivel de dependencia espacial

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.

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

Elaboración de mapas

La elaboración de mapas se realizó mediante la interpolación de valores a través del krigeado ordinario que permite la estimación no sesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados ya que se conocen los valores de la media y la varianza muestral en 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, 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 geoprocésamiento utilizando herramientas geotecnológicas se ha transformado en una

alternativa esencial para la integración espacial de los datos multidisciplinarios a ser considerados (IICA 2014).

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.

Resultados

En la **Tabla 1** se observa que para 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 genera 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 in-

sectos 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 (**Figs. 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.

El valor del efecto pepita obtenido indica un mínimo error de muestreo para los 36 muestreos realizados en las parcelas de aguacate, el hecho que el resultado sea cero significa que nuestra escala de muestreo fue adecuada y que no existió error de muestreo, con lo cual podemos aseverar que la agregación presentada en las poblaciones del insecto está perfectamente representada en los semivariogramas obtenidos.

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.

Número de muestreo	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/meseta	Dependencia espacial	Superficie infestada %
Parcela 1							
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

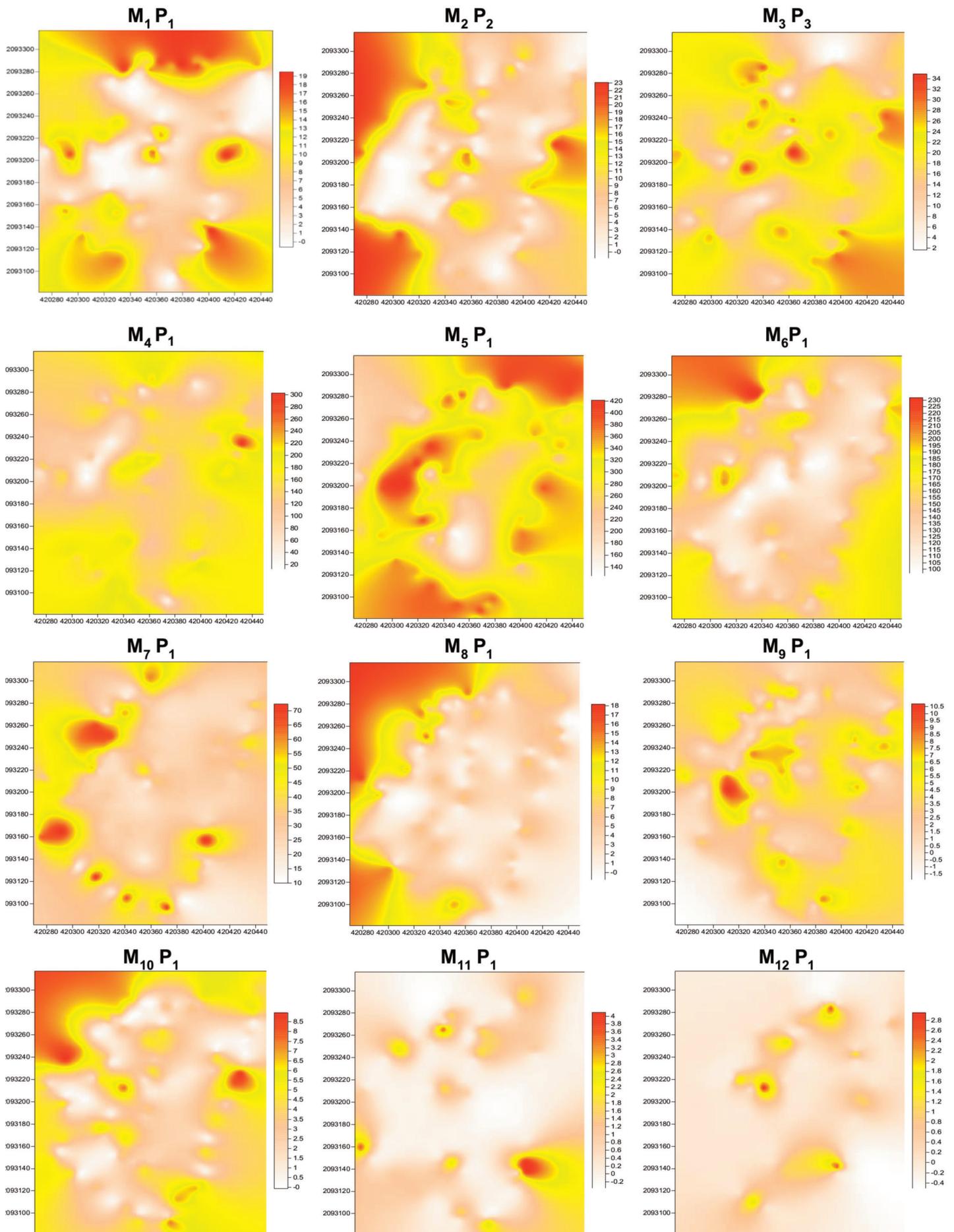


Figura 1. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 1).

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

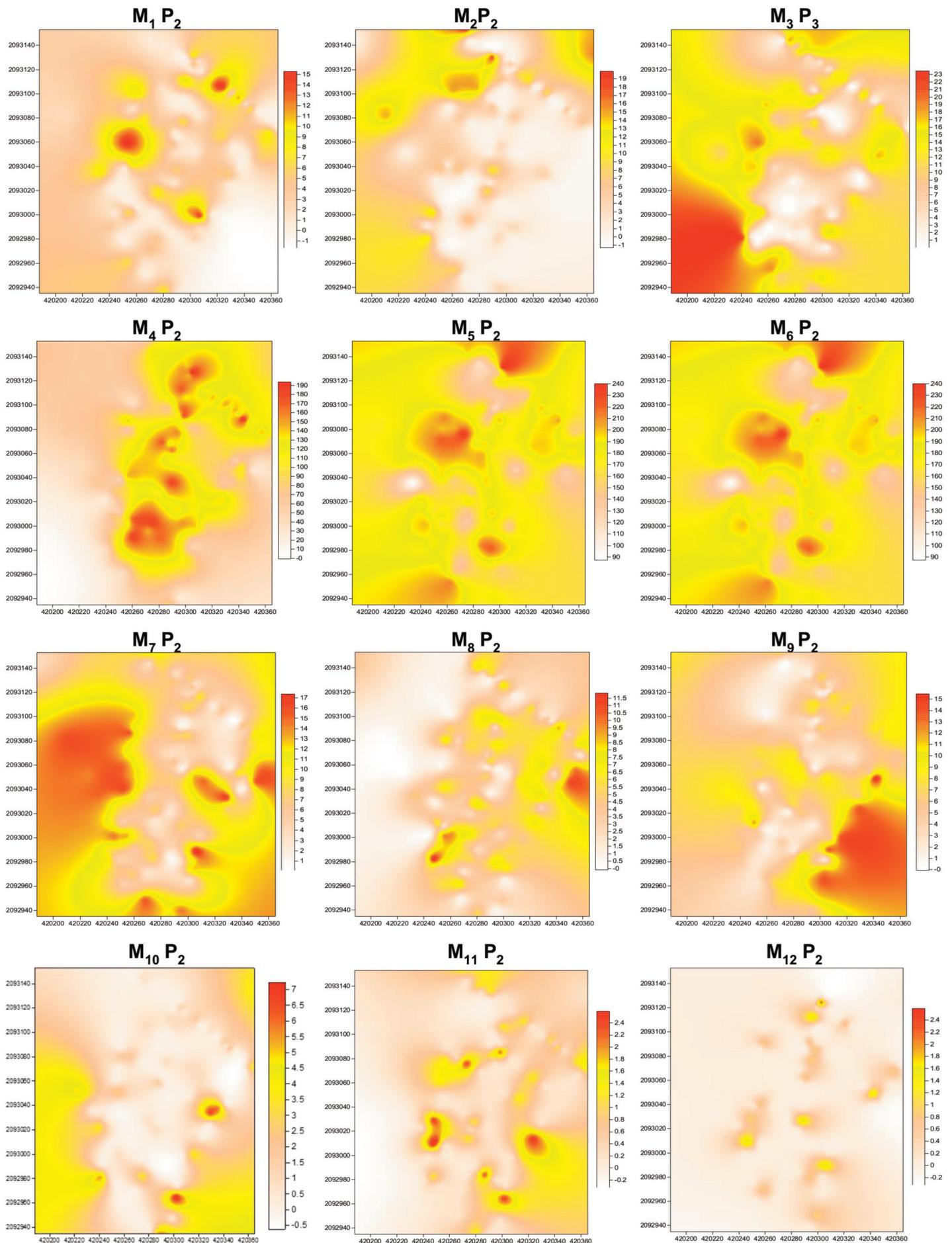


Figura 2. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 2).

Figure 2. Population density maps of thrips in avocado var. Hass (plot 2).

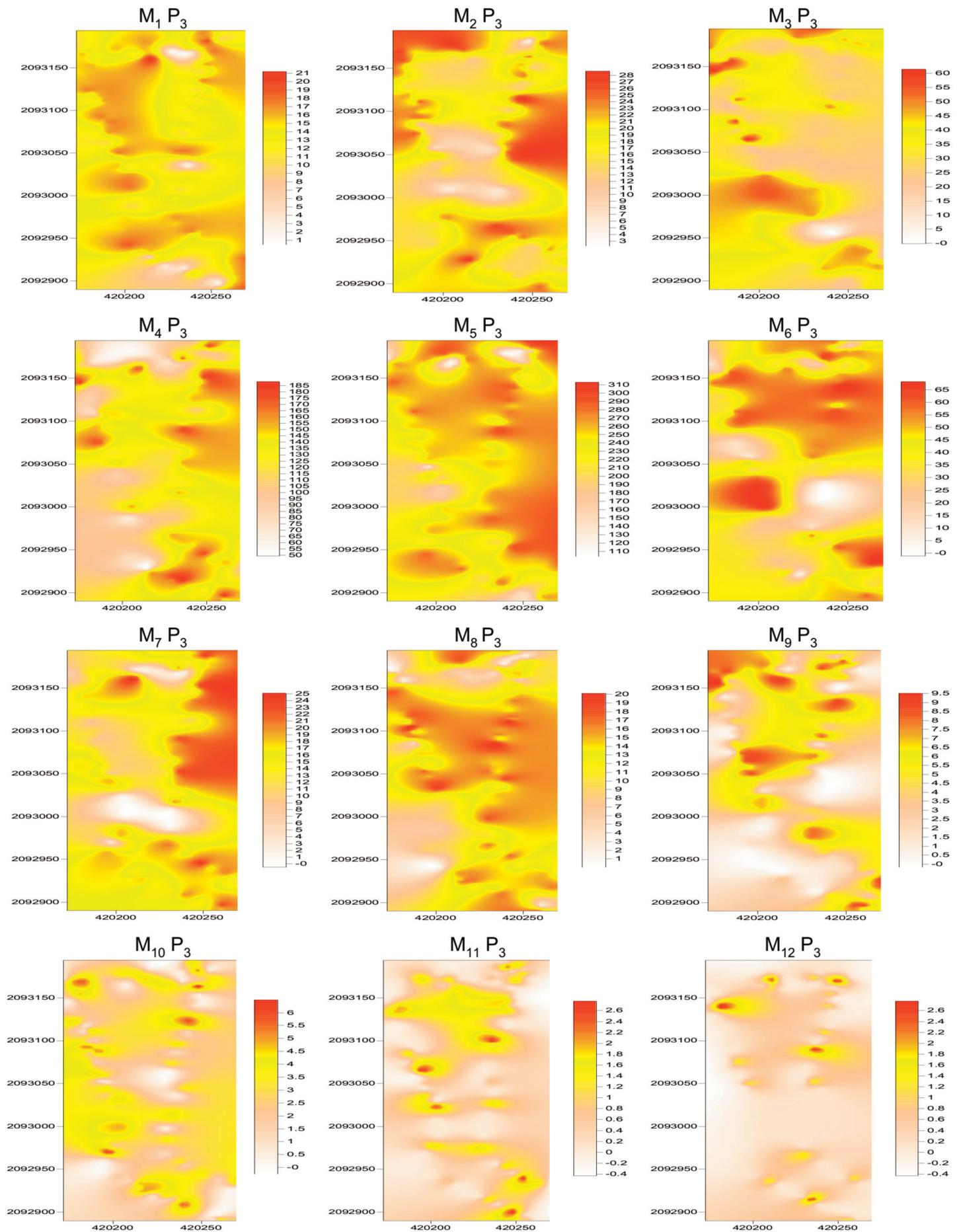


Figura 3. Mapas de densidad de poblaciones de trips en aguacate var. Hass (parcela 3).

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

La dependencia espacial fue alta en todos los casos, esto representa un alto grado de estabilidad en los centros de agregación detectados, lo que nos permite suponer que permanecerán de esa manera por un tiempo prolongado.

El cálculo de la superficie infestada mostró sus valores 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. 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 bajas 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 los mapas correspondientes a la parcela 1 (Fig. 1) se observa que los trips se presentan en más de un foco de agregación en las parcelas de aguacate. En esta parcela, si bien la distribución es heterogénea, los centros de agregación se ubicaron más hacia los bordes de la parcela a excepción de los muestreos 3, 4 y 9. En la parcela 2 (Fig. 2) la mitad 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.

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.

Tamaño Muestra	Media Muestral	Desviación Estándar	Varianza Muestral	Varianza de los Errores	MEE	ECM	ECMA
Validación Cruzada Parcela 1							
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							
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 Parcela 3							
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

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 árboles 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), quienes encontraron que la movilidad y el número de trips en las parcelas se ve favorecida por la floración y fructificación de tomate de cáscara en cuatro municipios del Estado de México. Otros trabajos donde se determinó la distribución espacial agregada de insectos a modelos gaussianos son los realizados por Tannure y Mazza (2004) con *Alabama argillacea* (Lepidoptera:Noctuidae), Ribes et al. (1998) con *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) y *Pandemis heparana* (Lepidoptera:Tortricidae) y Duarte et al. (2015) con su estudios sobre *Grapholita molesta* (Lepidoptera:Tortricidae).

La dependencia espacial alta, así como la validación cruzada aplicada a los semivariogramas indican una distribución agregada estable 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. En el caso de trips en fresa bajo cubierta estudios realizados por Flórez y Corredor (2000), reportan que la dependencia espacial puede aumentar o disminuir según el movimiento de los insectos plaga dentro de la parcela.

La elaboración de mapas de densidad mediante el krigeado permitió la estimación de la incidencia de trips en puntos no muestreados corroborando que su presencia 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 armigera* Hb. (Insecta:Lepidoptera) 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* (Homoptera:Delphacidae) 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 muestreos 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 concuerda 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. La implementación de estas técnicas ayudará en la realización de programas con mayor precisión y eficacia en el manejo de las poblaciones de este insecto plaga, lo cual coadyuvará a un ahorro económico que puede ser realmente significativo tanto en el rubro financiero como en el ambiental.

Referencias

- 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 Science Society of America Journal* 58:1501-1511.
- Castañeda E.L., Johansen R.M. 2011. Trips asociados al aguacate en el Estado de México. En: *Proceedings VII World Avocado Congress 2011. 5-9 September 2011 Cairns, Australia*, pp. 1130-1150.
- 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 de la Facultad de Agronomía, La Plata* 103(1): 1-10
- Díaz, 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., Calvo, M.V., Borges, A., Scatoni, I.B. 2015. Geostatistics and Geographic Information Systems to Study the Spatial Distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in Peach Fields. *Neotropical Entomology* 44(4):319-27.
- 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. *Agro-nomía Colombiana* 17: 25-42
- González-Hernández, H., Johansen-Naime, R., Gasca-Corona, L., Equihua-Martínez, A., Salinas Castro, A., Estrada-Venegas, E., Durán de Anda, F., Valle de la Paz, A.R. 2000. Plagas del Aguacate, En: Téliz, D. (ed.). *El Aguacate y su Manejo Integrado*, pp. 117-136. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. Ciudad de México, México.
- IICA 2014. *Manual de agricultura de precisión*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROSISUR). Montevideo, Uruguay. 176 pág. [Disponible en <http://www.iica.int>]
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Univ. Press, (1° ed). Nueva York. Estados Unidos.
- Jiménez, R.Á., Ramírez J.F., Sánchez, J.R., Salgado, M.L., Laguna, A. 2014. 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, R.Á., Ramírez J.F., Sánchez, J.R., Salgado, M.L., Laguna, A. 2013. 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 UNCuyo* 46(1)
- Journel, A.G., Huijbregts, C.J. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press, Londres, Reino Unido.
- Moral, G. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 13(1): 78-86.
- Mostacedo B., Fredericksen T.S. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Ramírez, J.F., Sánchez, J.R., González, A., De León, C. 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 UNCuyo* 43(2): 157-173.

- Ribes, M., Bascuñana, M., Avilla, J. 1998. Estudio de la distribución espacial de *Cydia Pomonella* (L.) y *Pandemis Heparana* (Denis y Schiffeirmüller) en Torregrossa (Lleida) mediante métodos geoestadísticos. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas* 24: 935-947
- Samper, F.J., Carrera, J. 1996. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea, (2ª Ed)*. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona, España. 484 p.
- Sánchez, J.R., Ramírez, J.F., González A., De León, C. 2011. Spatial distribution of head smut (*Sporisorium reilianum*) of corn in Mexico. *Ciencia e investigación agraria* 38(2): 253-263.
- SIAP 2016. *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>. [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 Tecnológicas* 2004. Resumen A-017.
- Trematerra, P., 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.
- Vera, A.R., Guerrero C. 2009. *Análisis geoestadístico de la variabilidad espacial de plagas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/319>.