



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

MAPEO DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE "Scirtothrips
Perseae." (INSECTA: "Thysanoptera") EN EL CULTIVO DE
AGUACATE MEDIANTE TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS

ARTÍCULO ESPECIALIZADO PARA PUBLICAR EN REVISTA
INDIZADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ VELÁZQUEZ

NUMERO DE CUENTA (1422426)

GENERACIÓN 42

MODALIDAD: ARTÍCULO

ASESORES:

Dr. JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DAVILA

DR. AGUSTÍN DAVID ACOSTA GUADARRAMA

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

NOVIEMBRE 2020



1 **Mapeo del comportamiento espacial de *Scirtothrips perseae* (Insecta:**
2 **Thysanoptera) en el cultivo de aguacate mediante técnicas geoestadísticas**
3 **Mapping the spatial behavior of *Scirtothrips perseae* (Insecta: Thysanoptera) in**
4 **avocado orchards using geostatistical techniques**

5 María Guadalupe Martínez Velázquez¹, José Francisco Ramírez Davila^{2*}, Agustín
6 David Acosta Guadarrama¹

7 ¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus
8 el Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca Estado de México, México

9 ²Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad
10 Autónoma del Estado de México, Campus el Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca Estado
11 de México, México, CP, 50295

12 *email: jframirez@uaemex.mx

13 **RESUMEN**

14 La implementación de programas eficientes de manejo integrado de plagas es de vital
15 importancia en la actualidad, el aguacate que se produce en la zona de estudio, a
16 continuación citada, se comercializa en el extranjero es por ello que se necesita adoptar
17 nuevas tecnologías para reducir la aplicación de agroquímicos y así realizar un manejo
18 integrado de plagas más eficaz. Para realizar el mapeo de la distribución espacial se
19 utilizó la geoestadística la cual se aplica en estudios de comportamiento espacial ya que
20 nos permite conocer la ubicación y los patrones de movilidad de la plaga, el presente
21 estudio se realizó en 2019 en el municipio de Donato Guerra que se encuentra en la
22 zona centro de México y está dentro de los principales productores del Estado de
23 México. Se realizaron muestreos durante un año cada quince días, obteniendo 24

24 muestreos en total, se determinó el semivariograma para cada fecha de muestreo, dichos
25 semivariogramas se ajustaron a modelos esféricos en la mayoría de los casos, se
26 determinó el nivel de dependencia espacial resultando ser alta para todos los casos. Se
27 calculó la superficie infestada para todos los muestreos y se realizaron mapas de
28 infestación de la plaga a través de la técnica del krigado.

29 **Palabras clave:** Krigado, semivariogramas, aguacate, distribución espacial.

30

ABSTRACT

31 The implementation of efficient programs of integrated pest management is of vital
32 importance at present, the avocado that is produced in the study area is sold abroad,
33 which is why it is necessary to adopt new technologies to reduce the application of
34 agrochemicals and thus perform integrated pest management more effectively. To
35 perform the mapping of the spatial distribution, geostatistics was used, which is applied
36 in spatial behavior studies since it allows us to know the location and mobility patterns
37 of the pest, the present study was conducted in the municipality of Donato Guerra in
38 2019, Donato Guerra is of the central zones of Mexico, is among the main producers of
39 the state. Samples were taken during one year every fifteen days, obtaining 24
40 samplings in total, the semivariogram was determined for each sampling date, said
41 semivariograms were adjusted to spherical models in most of the cases, the level of
42 spatial dependence was determined to be high for all cases. The infested surface was
43 calculated for all the samplings and maps of pest infestation were made through the
44 krigado technique.

45 **Keywords:** Kriging, semivariograms, avocado, spatial distribution.

46

INTRODUCCIÓN

47 El aguacate ocupa el primer lugar en ingreso de capital por exportaciones de productos
48 agrícolas de México (SE, 2019). La zona centro-sur de México ha adquirido en los
49 últimos años un gran impacto en producción y comercialización de aguacate, ocupando
50 el segundo lugar de producción a nivel nacional, estados como Estado de México,
51 Puebla y Morelos suman a diario superficies que producen dicho producto (SIAP,
52 2019). Al incrementarse la superficie cultivada también se acrecientan los problemas
53 fitosanitarios, plagas de importancia como trips, mosca blanca, barrenadores, escamas,
54 entre otros, han adquirido una gran importancia ya que sus daños afectan la
55 productividad de los huertos, así como bajan la calidad comercial del aguacate. El trips
56 se alimenta del fruto pequeño (Salgado, 1993) y forman crestas o protuberancias sobre
57 el pericarpio (González *et al.*, 2000). Las deformaciones son más visibles cuando el
58 fruto madura (Fisher y Davenport, 1989; González *et al.*, 2000) en las especies de
59 *Scirtothrips perseae*, las larvas y adultos causan daños en follaje tierno, provocando
60 distorsión y cicatrices castaño oscuro en el envés a lo largo de la nervadura central de la
61 hoja. Algo similar ocurre con el fruto joven, que puede quedar completamente cubierto
62 por una cicatriz castaño oscuro, aunque comúnmente se observan cicatrices pequeñas, a
63 veces alargadas (Ascensión *et al.*, 1999; Johansen *et al.*, 1999; Hoddle, 2002)
64 afirmaron que éste síntoma asociado a trips aparece en el fruto pequeño, aunque no se
65 ha precisado las etapas fenológicas más afectadas, estos daños destacan causando
66 grandes pérdidas económicas para los productores dado a que la fruta es rechazada al
67 momento de exportación.

68 Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia
69 espacial, ya que tiene en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los
70 organismos a través de su exacta localización espacial, además permite elaborar mapas

71 de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988;
72 Rossi *et al.*, 1992; Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer, 2001; Ramírez *et al.*, 2002).
73 Ayudando de esta manera al productor a realizar una agricultura de precisión eficaz y
74 que sobre todo contribuir notablemente en el ámbito económico manteniendo y
75 mejorando los recursos que proporciona el aguacate de exportación. El objetivo de esta
76 investigación fue realizar un análisis espacial del comportamiento espacial de
77 *Scirtothrips perseae* en huertos comerciales de aguacate, se obtuvieron tablas de
78 infestación de plaga, así como mapas que muestran el comportamiento espacial de los
79 trips.

80 MATERIALES Y MÉTODOS

81 El estudio se llevó a cabo en el año 2019, en Donato Guerra, municipio del Estado de
82 México, localizado en la zona central del México, tiene una altitud promedio de 2200
83 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 19.2 grados
84 centígrados y una precipitación media de 1000 mm, la zona de estudio es de las
85 principales productoras de aguacate en el estado. Se muestrearon cuatro parcelas de
86 cuatro hectáreas cada una, en cada parcela se muestrearon 200 árboles (todos ellos sin
87 aplicación de insecticidas) dichas parcelas fueron distribuidas en los cuatro puntos
88 cardinales del municipio, cada árbol muestreado fue georeferenciado utilizando un
89 DGPS (marca Trimble modelo PRO-XR) para establecer sus coordenadas geográficas.
90 Para el conteo de los trips se utilizaron vasos de color amarillo del número 8 marca
91 plastifestival cubiertos con un adherente comercial (spider-plus) como lo recomienda
92 (Hernández *et al.*, 1999), se colocaron 16 vasos distribuidos en el árbol, ocupando los
93 cuatro puntos cardinales, se realizó un conteo del número de adultos de *Scirtothrips*
94 *perseae*. presentes en los vasos amarillos, se identificaron en el Laboratorio de

95 Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del
96 Estado de México. Los muestreos se realizaron cada quince días.

97 El análisis geoestadístico se realizó con la estimación del semivariograma el cual se
98 realizó con base en los datos adquiridos en los diferentes muestreos de las poblaciones
99 de trips (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastava, 1989).

100 Para la realización de semivariograma experimental correspondiente a cada muestreo de
101 las parcelas experimentales se emplearon los programas Variowin 2.2 (Software for
102 Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York; USA).

103 Una vez que se estimaron los semivariogramas experimentales, correspondientes a cada
104 muestreo de los diferentes estadios se ajustaron a algún semivariograma teórico. Para
105 determinar qué tan fuerte es la relación entre los datos obtenidos en los muestreos se
106 calculó el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita
107 y la meseta, expresado en porcentaje: con menos de 25 % es alto; entre 26 y 75 % es
108 moderado y mayor a 76 % es bajo (Cambardella *et al.*, 1994; López *et al.*, 2002). Se
109 realizó la validación de los modelos ajustados a los semivariogramas experimentales
110 con el procedimiento de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989), con el cual se
111 elimina un valor muestral y se usó el método de interpolación geoestadística
112 denominado krigado, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el
113 valor de la variable de interés en dicho punto muestral a partir de los restantes valores
114 muestrales. Los parámetros del modelo a validar son el efecto pepita, la meseta y el
115 rango, se van modificando en un procedimiento a prueba y error hasta la obtención de
116 estadísticos de validación cruzada adecuados.

117 Estos estadísticos son los siguientes: media de los errores de estimación (MEE), error
118 cuadrático medio (ECM), error cuadrático medio adimensional (ECMA) y un

119 estadístico adicional para validar el ajuste del modelo consiste en que el valor de la
120 varianza de los errores sea menor a la varianza muestral.

121 Posterior a la realización de los semivariogramas se realizó la elaboración de mapas de
122 densidad de trips, utilizando el método del krigeado ordinario (se utilizó ese método ya
123 que se conocía la media y la varianza de los datos muestreados). El krigeado es un
124 estimador exacto y sus ecuaciones no dependen de los valores medidos de las variables,
125 sino solamente de sus posiciones y del semivariograma. La técnica del krigeado permite
126 además la posibilidad obtener mapas de la distribución espacial de los organismos
127 estudiados, los cuales, a su vez, tienen amplias utilidades (Samper y Carrera, 1996). El
128 krigeado se realizó con el programa Surfer 9.0, las estimaciones se representan en forma
129 de mapa para cada fecha de muestreo de adultos de trips. Con los mapas obtenidos se
130 calculó la superficie infestada (Sánchez *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2013).

131 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

132 Se registró presencia de *Scirtothrips perseae* en los 24 muestreos realizados, el primer
133 muestreo del mes de marzo tuvo la mayor densidad con 46.7 por árbol, el mes de
134 noviembre presentó la menor población con 2.11 por árbol, las densidades mayores
135 ocurrieron cuando el cultivo se encontraba en floración, en esta etapa del cultivo las
136 densidades son mayores ya que el principal órgano de la planta que atacan los trips son
137 las flores, esto va directamente relacionado con el daño que generan estos insectos ya
138 que en el efecto que se refleja en el fruto se realizó cuando aún estaba en flor, los
139 modelos a los que se ajustaron los semivariogramas fueron en su mayoría esféricos, solo
140 para el segundo muestreo del mes de julio se presentó el modelo gaussiano (Tabla 1).

141 En lo que se refiere al análisis geoestadístico se puede observar que en todas las fechas
142 de muestreo se encontró un nivel de dependencia espacial alta, esto nos indica la
143 existencia de una relación espacial elevada entre cada punto de muestreo. El efecto

144 pepita fue igual a cero en todas las fechas de muestreo lo que indica que el error de
145 muestreo fue mínimo y la escala que se utilizó fue la adecuada. Los rangos de los
146 muestreos fluctuaron entre 25.19 para el mes de julio y 58.9 en el mes de septiembre
147 (Tabla 1). Los valores de rango encontrados expresan que la validez de los modelos
148 ajustados se extiende a distancias razonables en cuanto a la explicación del fenómeno de
149 agregación de las poblaciones del insecto.

150 En los 24 muestreos se determinan los valores de validación cruzada (Tabla 2) donde
151 podemos observar los estadísticos de media de los errores de estimación, error
152 cuadrático medio y error cuadrático adimensional, ajustados cada uno de ellos a los
153 valores requeridos para validar estadísticamente la confiabilidad de los modelos
154 ajustados.

155 Se calculó la superficie infestada para cada fecha de muestreo (Tabla 3), en las 24
156 fechas de muestreo la superficie infestada de la zona de estudio sobrepasa el 50 %,
157 incluso en 4 muestreos la superficie infestada llega al 99 %, siendo del 56 % el
158 muestreo con el valor más bajo. La superficie infestada no va ligada directamente con la
159 fluctuación poblacional, podemos tener altos índices de superficie infestada pero baja
160 fluctuación poblacional, este cálculo nos sirve para conocer cómo se comporta la plaga
161 en lo que refiere a su adaptación dentro del cultivo.

162 Otra herramienta fundamental en el análisis espacial de plagas es la elaboración de
163 mapas de densidad (Fig 1 y 2), en el presente estudio se realizaron para los 24
164 muestreos, los mapas de infestación muestran de manera gráfica cómo se comporta la
165 plaga dentro de la zona de estudio, en todos los mapas de infestación observamos
166 centros de agregación de la plaga, esto confirma los modelos de los semivariogramas a
167 los que se ajustaron cada uno de los muestreos.

168 Trabajos como el de (Maldonado *et al.*, 2016) muestran la distribución espacial de
169 insectos, en su caso distribución espacial de trips, en lo que refiere al ajuste de los
170 modelos a los que se ajustaron los semivariogramas en términos biológicos el que se
171 presentara el modelo esférico representa que el insecto se presentó más en ciertos
172 puntos respecto a los demás, esto quiere decir que existen centros de agregación de la
173 plaga como lo muestran trabajos como el de Jiménez *et al.*,(2013) quienes estudiaron la
174 distribución espacial de trips en el cultivo de tomate de cascara, con respecto al modelo
175 gaussiano que se encontró en el mes de julio indica que la plaga tiene una distribución
176 continua dentro de la parcela lo que implica una expansión dentro de la misma, (Alves
177 *et al.*, 2006).

178 La elaboración de mapas de densidad es utilizado en estudios de comportamientos de
179 plagas tal como lo reporta (Quiñonez *et al.*, 2015) los cuales realizaron la distribución
180 espacial y elaboración de mapas de infestaciones de trips en el cultivo de gladiolo,
181 reportado también por (Jiménez *et al.*, 2013) en el cultivo de tomate de cascara, los
182 cuales arrojaron que las plagas se encontraron en centros de agregación. Los mapas de
183 densidad pueden ser de gran utilidad en un programa de manejo integrado de trips, ya
184 que es posible dirigir las medidas de control hacia los puntos específicos de infestación
185 que se presentan en el mapa respectivo tal como lo reporta (García, 2004). La manera
186 correcta de interpretar los mapas de cada uno de los muestreos es apoyándose del
187 baremo que se localiza a un lado de cada mapa, ahí se concentra la escala de colores que
188 corresponden a cierto tipo de densidades dentro del cultivo, aunque pareciera que los
189 mapas presentan la misma coloración es necesario visualizar la escala porque muestran
190 en meses de febrero y marzo las densidades mayores de *Scirtothrips perseae*. (Fig 1) y
191 meses como noviembre y diciembre presentan densidades menores pero las
192 coloraciones son parecidas a los demás meses (Fig 2), al saber interpretar estos mapas

193 de infestación podemos tomar decisiones que incidan directamente en el control y
194 disminución de la plaga que en este caso causa pérdidas considerables en el cultivo. El
195 muestreo de cada uno de los meses nos da un panorama cómo se comporta la plaga a lo
196 largo de todo el año, podríamos tomar decisiones para disminuir los daños que causan
197 los trips en el aguacate y así obtener mayores producciones y por ende mayores
198 ganancias para los productores. Se pueden observar en los mapas centros de agregación
199 pero una particularidad de estos mapas es que la plaga presenta un comportamiento
200 espacial un poco diferente al de trips en general como lo muestra trabajos como
201 (Maldonado, 2016), ahí se pueden observar los centros de agregación más delimitados y
202 en el presente trabajo los centros de agregación son más graduales y en ciertos puntos
203 como en líneas a través de toda la parcela, biológicamente se puede interpretar dicho
204 cambio porque en el presente trabajo solo se muestreo *Scirtothrips perseae*. y en el
205 artículo mencionado anterior fue trips en general.

206 La aplicación de la geoestadística en estudios de comportamientos de plagas nos
207 permite conocer las fluctuaciones así como la posición de los agentes dentro de la
208 parcela, esto es de gran ayuda en la utilización de métodos de control dirigidos, que
209 permitan obtener ahorros económicos significativos en la aplicación de productos
210 químicos o métodos alternativos, ya que el control va dirigido a zonas de agregación de
211 la plaga y un menor impacto ambiental (Schotzko y O'keeffe, 1988; Bautista *et al.*,
212 2013). Uno de los métodos más usados en el control de los trips es un insecticida a base
213 de spinosad comercialmente conocido como Spintor, este producto actúa de manera
214 muy eficaz en el control de trips, al conocer cómo se comporta espacialmente la plaga
215 se pueden hacer aplicaciones dirigidas de este insecticida sobre los nichos de
216 poblaciones y así obtener ahorros económicos. Otra alternativa es el uso de
217 depredadores como lo reporta Rivera *et al.* (2018) quien determinó la disminución de

218 trips utilizando el depredador *Orius insidiosus* al igual Acosta *et al.*, (2017) quienes
219 utilizaron el depredador *Amblyseius swirskii* en el control de dicha plaga.

220 Para realizar un mejor análisis espacial de las plagas y enfermedades en cultivos
221 agrícolas es de importancia determinar el nivel de infestación de las áreas de estudio,
222 esto nos permite conocer de forma exacta como se encuentra la infestación en el área y
223 así determinar acciones de control y prevención de plagas. En el presente trabajo se
224 determinó la superficie infestada para los 24 muestreos (Tabla 3), existe infestación
225 mayores al 80 % en la mayoría de los muestreos realizados, trabajos como (Esquivel y
226 Jasso, 2015) muestran también porcentajes de infestación en parcelas estudiadas con
227 plagas, no existe una relación entre el porcentaje de infestación y la densidad de
228 infestación, es cierto que existen niveles de infestación altos pero con densidades bajas
229 que no sobrepasan los umbrales económicos determinados para trips en aguacate. Los
230 meses con mayores infestaciones son los meses de enero en el segundo muestreo,
231 noviembre igual en el segundo y los dos muestres de diciembre con el 99 % de
232 infestación, por contrario el mes de julio reporta el nivel de infestación más bajo de todo
233 el año con el 56 por ciento de infestación. Esto concuerda con las densidades mayores y
234 menores de fluctuación poblacional de la plaga dentro de la zona de estudio. Cabe
235 señalar que el porcentaje de infestación no va relacionado directamente con la densidad
236 poblacional de la plaga, ya que podemos tener niveles de infestación muy altos, pero
237 densidades bajas que no sobrepasan el umbral económico de la plaga.

238 Los productores de aguacate de la zona desconocen el comportamiento espacial de
239 *Scirtothrips perseae* por lo que el presente trabajo permitirá a los productores y
240 autoridades correspondientes elaborar programas de manejo integrado de este problema
241 fitosanitario más eficientes, oportunos y pertinentes, también permitirá establecer
242 estrategias de mayor eficiencia al conocer la ubicación y preferencias de *Scirtothrips*

243 *perseae*. Trabajos como el presente son importantes porque determinan nichos
244 ecológicos que ocupan y desempeñan este tipo de insectos plaga, lo cual permite
245 comprender mejor sus comportamiento y de esta manera como se menciona establecer
246 estrategias que den mejores resultados.

247 **CONCLUSIONES**

248 Con la adopción de nuevas tecnologías como la geoestadística en el ámbito agronómico,
249 ayuda a reducir la aplicación de agroquímicos haciendo posible un manejo integrado de
250 plagas ya que *Scirtothrips perseae* presentó un comportamiento espacial agregado
251 dentro de los huertos de producción de aguacate en el Estado de México.

252 La aplicación de técnicas geoestadísticas permitieron elaborar mapas de densidad
253 poblacional de *Scirtothrips perseae*, con dichos mapas se conocen los centros de
254 agregación de la plaga y se pueden realizar medidas de control dirigidas a los centros de
255 agregación, con ello reducir costos tanto económicos como medio ambientales.

256 **REFERENCIAS**

257 Acosta, A.D., Ramírez, J.F., Rivera, R., Figueroa, D.K., Lara, A. V., Maldonado, F.I. y
258 Tapia, A. 2017. Distribución espacial de Trips spp.(Thysanoptera) y evaluación de
259 su control mediante el depredador *Amblyseius swirskii* en el cultivo de aguacate
260 en México. *Southwestern Entomologist*, 42(2): 435-446.

261 Alves, M.C., Pozza, E.A., Machado, J.C., Araújo, D.V., Talamini, V. y Oliveira, M.S.
262 2006. Geoestadística como metodología para estudiar a dinámica espacio-temporal
263 de doenças associadas a *Colletotrichum* spp transmitidos por
264 sementes. *Fitopatología Brasileira*. 31: 557-563.

- 265 Ascensión, B.G., Bravo, M.H., González, H.H., Johansen, N.R., y Becerril, R.A. 1999.
266 Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv has. Chapingo Serie
267 Horticultura. 5: 291-296.
- 268 Bautista, L.G., Cordona, J.A. y Soto, A. 2013. Distribución espacial de *Collaria scenica*
269 (HEMIPTERA: MIRIDAE) Y *Hortensia similis* (HEMIPTERA:
270 CICADELLIDAE) en valles Andinos. Boletín científico centro de museo de
271 historia natural. 17: 75-84.
- 272 Blom, P.E. y Fleisher, S. 2001. Dynamics in the Spatial Structure of *Leptinotarsa*
273 *decehlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 30(2):
274 350–364.
- 275 Cambardella, C., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R. y Konopka,
276 A. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science*
277 *Society of America*. 58: 1501-1511.
- 278 Esquivel, V. y Jasso, Y. 2014. Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis
279 localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista mexicana de ciencias*
280 *agrícolas*. 5 (6): 923-935.
- 281 Fisher, J.B y Davenport, T.L. 1989. Structure and development of Surface deformation
282 on avocado fruit. *HortScience*. 24: 841-844.
- 283 García, F.M. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Revista*
284 *Ecosistemas*, 13:1.
- 285 González, H. H., Johansen, R., Gasca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran,
286 F. y Valle, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz., D. *El Aguacate y su Manejo*
287 *Integrado*. Ediciones Mundi Prensa. México, DF. pp: 177-186. ISBN 968-7462-
288 15-9.

- 289 Hernández, H.G., Ramos, A.M., De la Paz, A.V. y González, M.. 1999. Selección de
290 trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán,
291 México. Rev. Chapingo Ser. Hort. 5: 287-290.
- 292 Hoddle, M.S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae*
293 (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. Entomological
294 research. 92(04): 279-285.
- 295 Isaaks, E. y Srivastava, M. 1988. Spatial continuity measures for probabilistic and
296 deterministic geostatistics. Mathematical Geology. 20(4): 313 – 341.
- 297 Isaaks, E. y Srivastava, M. 1989. Spatial continuity measures for probabilistic and
298 deterministic geostatistics. Mathematical Geology. 20: 313 – 341.
- 299 Jiménez, R.D.L., Ramírez, J.F., Sánchez, J.R., Salgado, M.L. y Laguna, A. 2013.
300 Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en
301 tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. Revista Colombiana de
302 Entomología. 39:183.
- 303 Johansen, R., Mujica, G. y Ascensión, B. 1999. Introducción al conocimiento de los
304 insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). Rev
305 Chapingo Ser Horticultura. 5: 279-285.
- 306 Journel, A. y Huijbregts, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. En: Academic Press, pp.600.
307 London, Reino Unido.
- 308 López, F., Jurado, M., Atenciano, S., García, A., Orden, M. S., y García, L. 2002.
309 Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil.
310 246(1): 97-105.

- 311 Maldonado, F.I., Ramírez, J.F., Rubí, M., Némiga, X.A., y Lara, A.V. 2016.
312 Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de
313 México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 7: 845-856.
- 314 Quiñones, R., Sánchez, J.R., Pedraza, A., Castañeda, A., Gutierrez, A. y Ramírez,
315 J.F. 2015. Análisis Espacial de Thrips spp (Thysanoptera) en el Cultivo de
316 Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México. *Southwestern*
317 *Entomologist*. 40: 397-408.
- 318 Ramírez, J. F., Solares, V.M., Figueroa, D.K. y Sánchez, J.R. 2013. Comportamiento
319 espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate
320 (*Persea americana* Mill) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zool Mex*. 29:
321 545-562.
- 322 Ramírez, J.F. y Porcayo, E. 2008. Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca*
323 *lybica* (Hemíptera: Cicadellidae) en un viñedo de Andalucía, España. *Revista*
324 *Colombiana de Entomología*. 34: 169-175.
- 325 Ramírez, J.F., González, J., Ocete, R. y López, M. 2002. Descripción geoestadística de
326 la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica*
327 (*Bergevin y Zanon*) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo.
328 *Bol San Veg Plagas*. 28: 87-95.
- 329 Rosii, R., Mulla, J., Journel, G. y Franz, H. 1992. Geostatistical Tools for Modeling And
330 interpreting Ecological Spatial Dependence. *Ecological Monographs*. 62: 277-
331 314.
- 332 Salgado, M.L. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas. *Memorias*
333 *Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el Estado de*

334 México. [9 Marzo 2020] 1993. Disponible en:
335 https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/26/005/26005548.pdf

336 Samper, F. y Carrera, J. 1996. Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea.
337 En: Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. 2ª (ed). pp.484 Barcelona.
338 ISBN 978-84-404-6045.

339 Sánchez, J.R., Ramírez, J.F., González, A. y De León, C. 2011. Distribución espacial
340 del carbón de la espiga (*Sporisorium reilianum*) del maíz en México. Ciencia e
341 investigación agraria. 38: 253-263.

342 Schotzko, D.J y O'keeffe, L.E. 1989. Geostatistical description of the spatial
343 distribution of *lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. Economic
344 Entomology. 82: 1277–1288.

345 Sciarretta, A., Trematerra, P. y Baumgartner, J. 2001. Análisis geoestadístico de las
346 capturas de trampas de feromonas de *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae)
347 a dos escalas espaciales. American Entomologist. 47(3): 174-184.

348 SE. 2019. Secretaría de Economía. [Consulta: 22 Febrero 2020]. 2019 Disponible en.
349 <https://www.gob.mx/se/>

350 SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. [Consulta: 22
351 Febrero 2020]. 2019 Disponible en. <http://www.siap.gob.mx/>

352 Solares, V.M., Ramírez, J.F. y Sánchez, J.R. 2012. Distribución espacial de trips
353 (insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* mill). Boletín
354 del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 12(2): 1- 12.

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

357 Variowin 2.2. Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York.
 358 USA.

359 **Tabla 1.** Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Rango) de los modelos ajustados a los
 360 semivariogramas de *Scirtothrips perseae* en Donato Guerra, Estado de México.

361 **Table 1.** Parameters (Pepita Effect, Plateau and Range) of the models fitted to the
 362 semivariograms of *Scirtothrips perseae* in Donato Guerra, State of Mexico.

Mes	Modelo	Media Muestra	Rango	Meseta	Pepita	Nivel de Dependencia Espacial
Enero 1	Esférico	4,57	45,6	17,06	0	Alto
Enero 2	Esférico	6,26	43,1	25,7	0	Alto
Febrero 1	Esférico	15	44,39	139,5	0	Alto
Febrero 2	Esférico	34,28	39,86	649,2	0	Alto
Marzo 1	Esférico	46,7	38,62	728,87	0	Alto
Marzo 2	Esférico	27,94	43,22	311,57	0	Alto
Abril 1	Esférico	5,44	45,32	17,4	0	Alto
Abril 2	Esférico	6,41	45,62	18,67	0	Alto
Mayo 1	Esférico	4,89	41,80	10,75	0	Alto
Mayo 2	Esférico	4,16	49,4	10,6	0	Alto
Junio 1	Esférico	3,49	44,12	9,41	0	Alto
Junio 2	Esférico	2,15	57,03	4,16	0	Alto
Julio 1	Esférico	6,39	53,47	27,77	0	Alto
Julio 2	Gaussiano	10,15	25,19	114,05	0	Alto
Agosto 1	Esférico	14,33	54	108,57	0	Alto
Agosto 2	Esférico	11,18	52,2	85,44	0	Alto
Septiembre 1	Esférico	5,72	55,8	19,48	0	Alto
Septiembre 2	Esférico	4,71	58,9	11,92	0	Alto
Octubre 1	Esférico	3,83	47,5	8,16	0	Alto
Octubre 2	Esférico	4,54	55,1	9,31	0	Alto
Noviembre 1	Esférico	4,83	57	10,52	0	Alto
Noviembre 2	Esférico	2,11	41,8	3,18	0	Alto
Diciembre 1	Esférico	5,19	54,4	11,39	0	Alto
Diciembre 2	Esférico	7,76	45	11,58	0	Alto

364 **Tabla 2.** Valores de los estadísticos de la validación cruzada de los semivariogramas
 365 obtenidos en los muestreos en el municipio de Donato Guerra: media de los errores de
 366 estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio
 367 adimensional (ECMA).

368 **Table 2.** Values of the statistics of the cross-validation of the semivariograms obtained
 369 in the samplings in the municipality of Donato Guerra: mean of the estimation errors
 370 (MEE), mean square error (ECM) and dimensionless mean square error (ECMA).

Mes	Muestreo	Media Muestra	Varianza Muestra	MEE	Varianza de los Errores	ECM	ECMA
Enero	1	4,57	18,28	0,14 ^{ns}	11,65	0,13	1,11
Enero	2	6,26	28,91	0,11 ^{ns}	19,03	0,10	1,10
Febrero	1	15	145,62	0,10 ^{ns}	101,29	0,11	1,13
Febrero	2	34,28	668,43	0,09 ^{ns}	388,07	0,08	1,09
Marzo	1	46,7	749,54	0,13 ^{ns}	451,04	0,11	1,06
Marzo	2	27,94	410,85	0,10 ^{ns}	214,98	0,13	1,12
Abril	1	5,44	19,98	0,12 ^{ns}	10,52	0,14	1,10
Abril	2	6,41	21,9	0,07 ^{ns}	16,77	0,07	1,08
Mayo	1	4,89	24,78	0,11 ^{ns}	20,53	0,09	1,11
Mayo	2	4,16	10,99	0,08 ^{ns}	8,13	0,06	1,13
Junio	1	3,49	9,69	0,10 ^{ns}	7,48	0,11	1,11
Junio	2	2,15	4,48	0,12 ^{ns}	2,71	0,12	1,09
Julio	1	6,39	23,77	0,09 ^{ns}	18,51	0,10	1,06
Julio	2	10,15	278,51	0,14 ^{ns}	176,31	0,13	1,08
Agosto	1	14,33	130,9	0,10 ^{ns}	111,90	0,08	1,14
Agosto	2	11,18	109,14	0,13 ^{ns}	96,42	0,14	1,10
Septiembre	1	5,72	22,76	0,08 ^{ns}	15,06	0,11	1,12
Septiembre	2	4,71	12,31	0,07 ^{ns}	9,59	0,12	1,06
Octubre	1	3,83	8,55	0,11 ^{ns}	6,22	0,08	1,13
Octubre	2	4,54	10,26	0,14 ^{ns}	7,05	0,13	1,11
Noviembre	1	4,83	11,61	0,12 ^{ns}	8,59	0,07	1,14
Noviembre	2	2,11	3,72	0,09 ^{ns}	1,96	0,11	1,10
Diciembre	1	5,19	11,92	0,10 ^{ns}	8,37	0,06	1,08
Diciembre	2	7,76	2,32	0,08 ^{ns}	1,50	0,13	1,12

371

372 **Tabla 3.** Superficie infestada y no infestada (%) obtenida en el muestro de *Scirtothrips*
 373 *perseae* en la zona centro de México.

374 **Table 3.** Infested and non-infested surface (%) obtained in the sample of *Scirtothrips*
 375 *perseae* in the central zone of Mexico.

Mes	Muestreo	% Infestado	% No Infestado
Enero	1	84	16
Enero	2	99	1
Febrero	1	81	19
Febrero	2	82	18
Marzo	1	93	7
Marzo	2	91	9
Abril	1	84	16
Abril	2	64	36
Mayo	1	94	6
Mayo	2	86	14
Junio	1	80	20
Junio	2	71	29
Julio	1	56	44
Julio	2	62	38
Agosto	1	77	23
Agosto	2	70	30
Septiembre	1	85	15
Septiembre	2	67	33
Octubre	1	65	35
Octubre	2	68	32
Noviembre	1	97	3
Noviembre	2	99	1
Diciembre	1	99	1
Diciembre	2	99	1

376

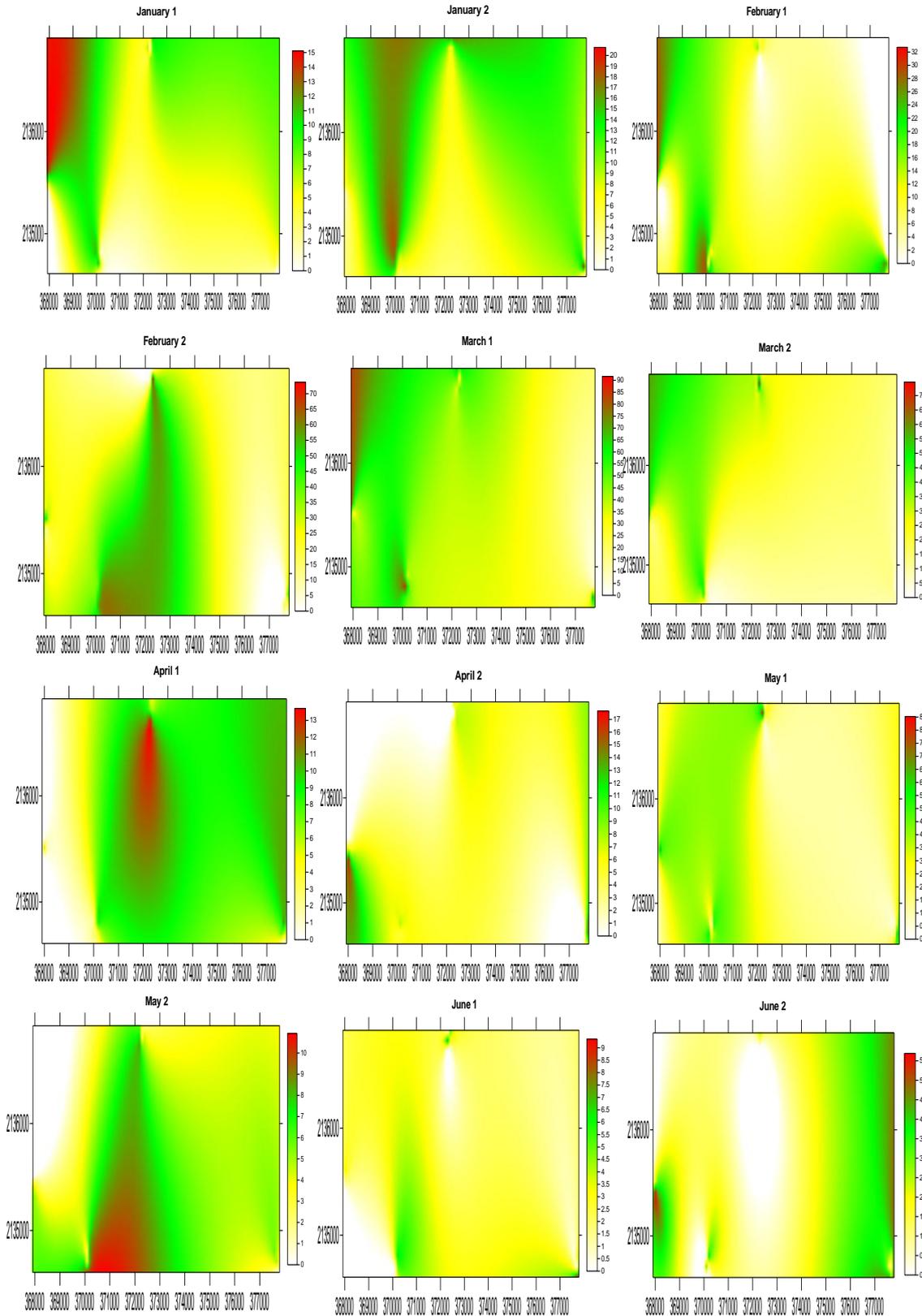
377

378

379

380 **Figura 1.** Mapas de densidad de las poblaciones de *Scirtothrips perseae* obtenidos en
381 los muestreos.

382 **Figure 1.** Density maps of *Scirtothrips perseae* populations obtained in the samplings.



383 **Figura 2.** Mapas de densidad de las poblaciones de *Scirtothrips perseae* obtenidos en
384 los muestreos.

385 **Figure 2.** Density maps of *Scirtothrips perseae* populations obtained in the sampling

