






# Comportamiento espacial del minador de hoja, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en cafetales de Temascaltepec, Estado de México, México

## Spatial behavior of the leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plantations of Temascaltepec, State of Mexico, Mexico

 ALEJANDRA BARRERA-ROJAS<sup>1</sup>,  JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ-DÁVILA<sup>1\*</sup>,  DELFINA DE JESÚS PÉREZ-LÓPEZ<sup>1</sup>,  
 MARTIN RUBÍ-ARRIAGA<sup>1</sup>,  ESTHER PINO-MIRANDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, México. [alebarrerarojas@hotmail.com](mailto:alebarrerarojas@hotmail.com), [jframirezduamex.mx](mailto:jframirezduamex.mx), [djperezl@uaemex.mx](mailto:djperezl@uaemex.mx), [mrubia@uamex.mx](mailto:mrubia@uamex.mx), [pino\\_miranda@outlook.com](mailto:pino_miranda@outlook.com)

### \* Autor de correspondencia

Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas s/n, C. P. 50200, Toluca, Estado de México, México, [jframirezduamex.mx](mailto:jframirezduamex.mx)

### Citación sugerida

Barrera-Rojas, A., Ramírez-Dávila, J. F., Pérez-López, D. del J., Rubí-Arriaga, M., & Pino-Miranda, E. (2023). Comportamiento espacial del minador de hoja, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en cafetales de Temascaltepec, Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(2), e12192. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i2.12192>

Recibido: 18-May-2022

Aceptado: 11-Jul-2023

Publicado: 27-Nov-2023

Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

Open access



BY-NC-SA 4.0  
[creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología  
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)

<https://www.socolen.org.co>

Universidad del Valle (Cali, Colombia)

<https://www.univalle.edu.co>

**Resumen:** La producción y comercialización del café en México y en el mercado internacional es de gran importancia para la economía de millones de seres humanos en el planeta. En México una de las principales plagas que ocasiona daño económico es el minador de hoja *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), la cual al no ser controlada adecuadamente puede generar graves defoliaciones que a su vez podrían traducirse en pérdidas económicas. El controlar esta plaga de manera eficaz genera un costo elevado debido a la compra de agroquímicos. Por lo que conocer la distribución espacial del insecto es de gran importancia ya que las acciones de control se pueden dirigir hacia zonas específicas de infestación para reducir las aplicaciones de manera uniformes. El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución espacial de poblaciones del minador de hoja en cafetales con base a la información recabada y realizar mapas de densidad del minador de la hoja mediante el método del krigado de estadística espacial. Las poblaciones del insecto plaga presentaron una distribución de tipo agregada y se reafirmó con los mapas de densidad. La distribución que presenta esta plaga se encuentra bien definida en las diferentes áreas del cultivo, lo que resulta útil para realizar un adecuado control en áreas específicas con lo que se reducirá el volumen de agroquímicos a utilizar.

**Palabras clave:** Distribución espacial, geoestadística, krigado, mapas de densidad, minador de hoja.

**Abstract:** The production and commercialization of coffee in Mexico and in the international market is of great importance for the economy of millions of human beings on the planet. In Mexico, one of the main pests that causes economic damage is the leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), which, if not adequately controlled, can cause serious defoliation that in turn could translate into economic losses. Controlling this pest effectively generates a high cost due to the purchase of agrochemicals. Therefore, knowing the spatial distribution of the insect is of great importance since control actions can be directed towards specific areas of infestation so that uniform applications will be reduced. The objective of this work was to determine the spatial distribution of leafminer populations in coffee plantations, based on the information collected, maps of leafminer density were made using the kriging method of spatial statistics. The populations of the pest insect presented an aggregate type distribution and it was reaffirmed with the density maps. The distribution of this pest is well defined in the different areas of the crop, which is useful for proper control in specific areas, thereby reducing the volume of agrochemicals to be used.

**Keywords:** Density maps, geostatistics, kriging, leaf miner, spatial distribution.

## Introducción

El estado de Chiapas es el principal productor de café en México, con una producción de 367,789 toneladas seguido de Veracruz, Puebla y Oaxaca (Valderrama, 2020). Actualmente el Estado de México cuenta con aproximadamente 546 ha sembradas de café de las cuales se obtiene una producción de 576 toneladas de grano seco. Estas plantaciones se encuentran distribuidas en varios municipios dentro de los cuales los más importantes son: Amatepec con una superficie sembrada de

338 ha y una producción de 333 toneladas, en segundo lugar se encuentra Sultepec con 50 ha sembradas y una producción de 57 toneladas y Temascaltepec está en tercer lugar con una superficie de 51 ha y una producción de 36 toneladas (SIAP, 2018). Con respecto al clima, Temascaltepec presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (52,59 %), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (23,95 %), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (23,04 %) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (0,42 %); por su parte su fisiología es un lomerío de tobas con mesetas (43,77 %), sierra alta compleja con cañadas (40,97 %) y sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (15,26 %).

Las plantaciones de café presentan fuertes daños por plagas las cuales son visibles y se expresan con pérdidas en la producción (Sadeghian, 2017). Una de las plagas de mayor importancia por el daño ocasionado es el minador de hoja *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), que es a la que se le da mayor atención por el impacto que genera en el cultivo y requieren de la aplicación de medidas de control (Constantino et al., 2013). Los daños están dados por las minas producidas por las larvas al alimentarse del mesófilo de la hoja. En un inicio las minas causadas son de color verde claro y posteriormente se tornan de color marrón claro o negruzco, debido a la acumulación de excrementos (SENASICA, 2016). La forma de las minas es irregular, redondeadas, alargadas y en zigzag (Enriquez et al., 1975).

Este trabajo utiliza métodos geoestadísticos para analizar los patrones de distribución de la plaga (*L. coffeella*) en varias parcelas y finalmente se presenta un conjunto de mapas creados utilizando métodos de interpolación geoestadística. Es fundamental conocer la distribución espacial de las poblaciones de insectos plaga para establecer un programa de manejo integrado. Con el conocimiento generado se pueden diseñar estrategias más eficientes de muestreo, control y de valoraciones de riesgo. La densidad de las poblaciones de insectos también juega un papel relevante en la determinación del tipo de relación con la distribución espacial. En algunos insectos el aumento de su densidad puede cambiar su distribución espacial (Taylor y Woiwod, 1982; Nowierski y Gutiérrez, 1986; Ramírez-Dávila et al., 2002 y Ramírez-Dávila et al., 2005). El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución espacial de minador de hoja de cafés, utilizando la estadística espacial.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo de septiembre de 2020 a febrero de 2021, en 6 parcelas, cada una de 5.000 metros cuadrados ubicados en Temascaltepec, que es uno de los principales municipios productores de café del estado de México. Las parcelas contaban con reportes de presencia del minador de hoja.

Cada parcela se dividió en 50 cuadrantes (10 x 10 m), en cada cuadrante se tomaron al azar 4 plantas, lo que dio un total de 200 plantas de las variedades Typica y Caturra. Durante el muestreo hubo presencia de un sombreado de entre 30 % a 60 % de la superficie total, en cinco de las seis parcelas el manejo en cuanto a podas no se realizó ni en arbustos, ni en árboles de sombra y el tipo de producción de todas las parcelas fue convencional. Se etiquetó y georreferenció cada uno de los arbustos seleccionados, con el objetivo de muestrear

los mismos arbustos; utilizando un DGPS (modelo SPS 351, Trimble) para obtener las coordenadas de cada planta. Los muestreos se realizaron de manera sistemática cada catorce días, de cada planta fueron seleccionadas cuatro ramas por punto cardinal por estrato, registrando el número total de hojas minadas por arbusto, lo que dio un total de 36 ramas por planta seleccionada.

**Análisis geoestadístico.** La estimación del semivariograma se realizó a partir de los datos obtenidos en cada muestreo por arbusto, donde se calculó con la siguiente expresión (Moral García, 2004).

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

Dónde:  $\gamma^*(h)$  es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia  $h$ ;  $n(h)$  es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia  $h$ ;  $z(x_i)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestral  $x_i$  y  $z(x_i + h)$  es el valor de la variable de interés en el punto muestra  $x_i + h$ .

La semivarianza expresa la varianza promedio de pares de puntos con respecto a una determinada distancia. Para describir una auto correlación espacial de una variable cuantificable, se ajusta a un modelo teórico al variograma empírico, con el procedimiento de validación cruzada para obtener los efectos pepita, rango y meseta del modelo, ajustándose de manera interactiva (prueba y ajuste) hasta obtener los mejores valores de los estadísticos. El efecto pepita es el valor que representa la incertidumbre que se asocia con los datos experimentales o la variabilidad espacial que puede existir en la escala de muestreo utilizada en el estudio. La meseta (sill) es la varianza a la cual el modelo del semivariograma alcanza un máximo de la población, pero en ocasiones el variograma empírico se estabiliza a una determinada distancia (Sayad et al., 2017). Si es estacionaria, alcanza un valor límite constante llamado meseta ( $C + C_0$ ) que coincide con la varianza  $\sigma^2$  de . La distancia a la que se alcanza este valor es llamada rango, este valor define la zona de influencia en torno a un punto, más allá de la cual la autocorrelación se vuelve nula (Ramírez Dávila et al., 2013).

**Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma.** Una vez obtenido el semivariograma experimental de cada uno de los sitios muestreados, se realizó el ajuste a algún semivariograma teórico. Donde los modelos teóricos más utilizados en la presente investigación fueron esférico, exponencial y gaussiano. Para llevar a cabo este ajuste se utilizó el programa Variowin versión 2.2. (Maldonado Zamora et al., 2017).

**Validación del modelo teórico.** Los modelos teóricos más aplicados usados para ajustar los semivariogramas experimentales son: esférico, exponencial, gaussiano, logarítmico, el efecto pepita puro y el monómico. Para efectuar la validación, se comprobó a través de la validación cruzada, donde los parámetros del modelo CO (efecto pepita),  $C + C_0$  (meseta) y  $a$  (rango o alcance) se va haciendo el ajuste de forma interactiva (prueba y ajuste) hasta obtener la mejor validación cruzada (Maldonado Zamora et al., 2017). Los estadísticos de validación cruzada son los siguientes:

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

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

Donde  $z^*(x_i)$  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, indica 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 ECM es menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi et al., 1992).

c. Error cuadrático medio adimensional (ECMA):

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

La validez del modelo se cumple si el ECMA se encuentra entre los valores  $1 \pm 2(2/N) 0.5$ . Igualmente se debe cumplir que la varianza de los errores debe ser  $\leq$  a la varianza muestral (Samper & Carrera, 1996).

**Nivel de dependencia espacial.** La relación espacial que hay entre los datos o nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta, expresado en porcen-

taje 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, si es mayor del 76 % el nivel de dependencia es bajo (Sayad et al., 2017).

**Elaboración de mapas.** Los mapas fueron elaborados empleando el método del krigado ordinario, que consiste en la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron incluidos en el muestreo; las estimas obtenidas fueron representadas en forma de mapa para cada fecha de muestreo mediante el uso del programa Surfer 16 (Surface Mapping System Golden Software Inc. 809, 2002). Obtenidos los mapas, se calculó la superficie infestada para establecer el porcentaje real de infestación del minador de hoja del café en los sitios de muestreo.

**Ahorro económico:** Obtenido el porcentaje de infestación se calculó el ahorro económico; esto fue realizado con método convencional, como lo realizan los productores tradicionalmente cuantificando los gastos generados en el control de minador de la hoja. Finalmente se realizó el cálculo para determinar el porcentaje de infestación real de cada parcela, este hecho indicó que se generó un ahorro económico, de producto químico y una reducción del impacto ambiental.

## Resultados

La media de la población de minador de hoja en la parcela 1 varió de 3,91 individuos (septiembre) a 1,49 individuos (febrero). En la parcela 2 la densidad fluctuó entre 3,87 individuos para septiembre a 1,56 individuos en febrero. Para la parcela 3 esta media fue de 2,81 individuos a 1,11; para la parcela 4 la media fue de 3,58 a 1,65, y para la parcela 5 esta fue de 3,47 a 1,62, finalmente para la parcela 6 la media fue de 1,99 individuos a 0,63; todos estos datos recolectados del municipio 1 (Temascaltepec), durante los meses de septiembre a febrero; correspondiendo los datos a un promedio de los seis meses por planta (Tabla 1).

**Tabla 1.** Incidencia y parámetros (Efecto pepita, meseta y rango) de los modelos ajustados a todos los semivariogramas obtenidos en el muestreo de minador de hoja en el Municipio de Temascaltepec, Estado de México. (A) Parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

### A) Parcela 1

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	3,91	6,434	Esférico	0	15,92	9,6	0	Alta
sep-02	3,264	6,434	Esférico	0	13,85	5,6	0	Alta
oct-01	3,162	6,216	Esférico	0	13,38	9	0	Alta
oct-02	3,175	6,353	Esférico	0	13,23	10,2	0	Alta
nov-01	2,979	5,614	Esférico	0	12,15	11,4	0	Alta
nov-02	2,544	3,983	Esférico	0	10,2	6,4	0	Alta
dic-01	2,328	3,473	Esférico	0	9,22	8,4	0	Alta
dic-02	2,23	3,33	Esférico	0	8,16	10,2	0	Alta
ene-01	1,891	2,802	Esférico	0	9,17	9	0	Alta
ene-02	1,919	2,636	Esférico	0	6,39	6,4	0	Alta
feb-01	1,61	1,994	Esférico	0	5,29	6,4	0	Alta
feb-02	1,498	1,728	Esférico	0	4,93	6	0	Alta

**B) Parcela 2**

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	3,875	6,359	Esférico	0	13,35	9,6	0	Alta
sep-02	3,574	5,652	Esférico	0	12,25	8,4	0	Alta
oct-01	3,31	5,282	Esférico	0	11,27	9	0	Alta
oct-02	2,992	4,545	Esférico	0	8,49	9	0	Alta
nov-01	2,787	4,461	Esférico	0	9,06	9	0	Alta
nov-02	2,66	4,128	Esférico	0	8,45	8,4	0	Alta
dic-01	2,487	3,892	Esférico	0	8,23	8,4	0	Alta
dic-02	2,318	3,623	Esférico	0	7,3	9,6	0	Alta
ene-01	2,166	3,528	Esférico	0	6,65	9	0	Alta
ene-02	1,849	3,372	Esférico	0	5,87	8,4	0	Alta
feb-01	1,71	3,08	Esférico	0	5,18	7,8	0	Alta
feb-02	1,566	2,886	Esférico	0	5,02	8,4	0	Alta

**C) Parcela 3**

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	2,81	5,1	Esférico	0	8,12	6,8	0	Alta
sep-02	2,729	4,887	Esférico	0	11,83	7,8	0	Alta
oct-01	2,632	4,698	Esférico	0	11,6	6,12	0	Alta
oct-02	2,582	4,527	Esférico	0	10,98	6	0	Alta
nov-01	2,421	4,222	Esférico	0	10,14	7,2	0	Alta
nov-02	2,255	3,808	Esférico	0	9,25	6,4	0	Alta
dic-01	2,056	3,386	Esférico	0	8,41	9,6	0	Alta
dic-02	1,81	3,093	Esférico	0	7,37	6	0	Alta
ene-01	1,658	2,816	Esférico	0	8,43	6,4	0	Alta
ene-02	1,477	2,614	Esférico	0	5,7	9	0	Alta
feb-01	1,337	2,388	Esférico	0	8,29	9,6	0	Alta
feb-02	1,114	2,159	Esférico	0	4,16	9,6	0	Alta

**D) Parcela 4**

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	3,589	7,092	Esférico	0	11,33	10,8	0	Alta
sep-02	3,458	6,452	Esférico	0	15,69	9,6	0	Alta
oct-01	3,393	6,292	Esférico	0	14,63	9,5	0	Alta
oct-02	3,241	5,702	Esférico	0	13,75	9	0	Alta
nov-01	3,096	5,345	Esférico	0	13	9,6	0	Alta
nov-02	2,47	5,065	Esférico	0	12,28	9,	0	Alta
dic-01	2,796	4,717	Esférico	0	11,77	10,2	0	Alta
dic-02	2,681	4,435	Esférico	0	14,48	10,2	0	Alta
ene-01	2,513	4,103	Esférico	0	9,92	10,8	0	Alta
ene-02	2,247	3,407	Esférico	0	8,42	10,2	0	Alta
feb-01	1,96	2,735	Esférico	0	6,96	9,6	0	Alta
feb-02	1,658	2,338	Esférico	0	5,88	9	0	Alta

## E) Parcela 5

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	3,475	8,886	Esférico	0	19,47	9	0	Alta
sep-02	3,241	8,393	Esférico	0	17,95	9	0	Alta
oct-01	3,027	7,582	Esférico	0	16,89	6	0	Alta
oct-02	2,898	7,102	Esférico	0	16,64	6	0	Alta
nov-01	2,822	7,02	Esférico	0	14,75	9	0	Alta
nov-02	2,659	6,1	Esférico	0	14,21	5,92	0	Alta
dic-01	2,362	5,154	Esférico	0	11,84	8,4	0	Alta
dic-02	2,293	4,913	Esférico	0	10,52	6	0	Alta
ene-01	2,15	4,384	Gaussiano	0	9,68	7,8	0	Alta
ene-02	1,943	3,843	Esférico	0	7,79	5,55	0	Alta
feb-01	1,794	3,61	Esférico	0	7,58	9	0	Alta
feb-02	1,624	3,231	Esférico	0	6,84	6	0	Alta

## F) Parcela 6

Muestreo	Media	Varianza	Modelo	Pepita	Meseta	Rango	Pepita/Meseta	Dependencia espacial
sep-01	1,992	4,216	Gaussiano	0	15,18	8,4	0	Alta
sep-02	1,78	3,48	Esférico	0	13,29	108	0	Alta
oct-01	1,602	2,814	Gaussiano	0	11	8,4	0	Alta
oct-02	1,485	2,401	Esférico	0	8,91	12,6	0	Alta
nov-01	1,311	2,141	Esférico	0	8,29	10,2	0	Alta
nov-02	1,254	1,892	Esférico	0	7,44	12	0	Alta
dic-01	1,125	1,811	Esférico	0	7,1	6	0	Alta
dic-02	1,083	1,562	Esférico	0	6,11	13,8	0	Alta
ene-01	1,119	2,188	Gaussiano	0	10,61	7,8	0	Alta
ene-02	0,942	2,157	Gaussiano	0	9,88	8,4	0	Alta
feb-01	0,718	2,034	Gaussiano	0	9,78	7,8	0	Alta
feb-02	0,636	1,819	Esférico	0	7,13	10,2	0	Alta

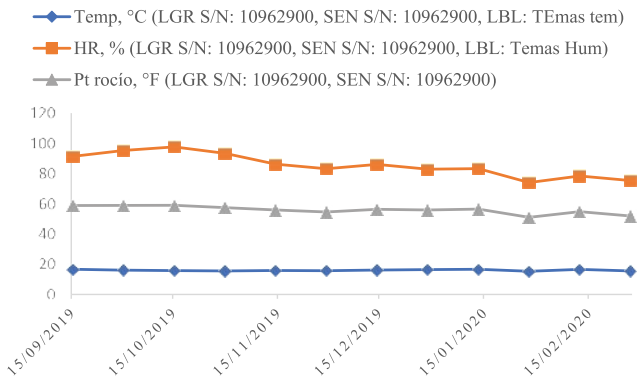
La distribución espacial obtenida para las poblaciones de minador fue de tipo agregada debido a los ajustes realizados en los semivariogramas teóricos para cada una de las fechas de muestreo en las 6 plantaciones de café (Tabla 1).

Los semivariogramas variaron; en las parcelas 1, 2, 3, 4 y se ajustaron a un modelo esférico, en las parcelas 5 para la primera catorcena del mes de enero se ajustó a un modelo gaussiano siendo solo este muestreo la diferencia registrada durante de todo el semestre en esta parcela. Para la parcela 6 en los meses de septiembre, octubre, enero y febrero se ajustaron a modelos gaussianos en por lo menos un muestreo de los dos que se realizaron por mes (Tabla 1).

Para todos los modelos ajustados se presentó un efecto pepita igual a cero el cual nos indicó un mínimo error de muestreo, para los 72 muestreos realizados en las parcelas de café, donde este valor resultó ser un indicativo de que la escala de muestreo utilizada en el presente trabajo fue adecuada y el error de muestreo fue mínimo. Para los valores del rango, en el municipio se ubicaron entre 6,6 y 10,7 metros como

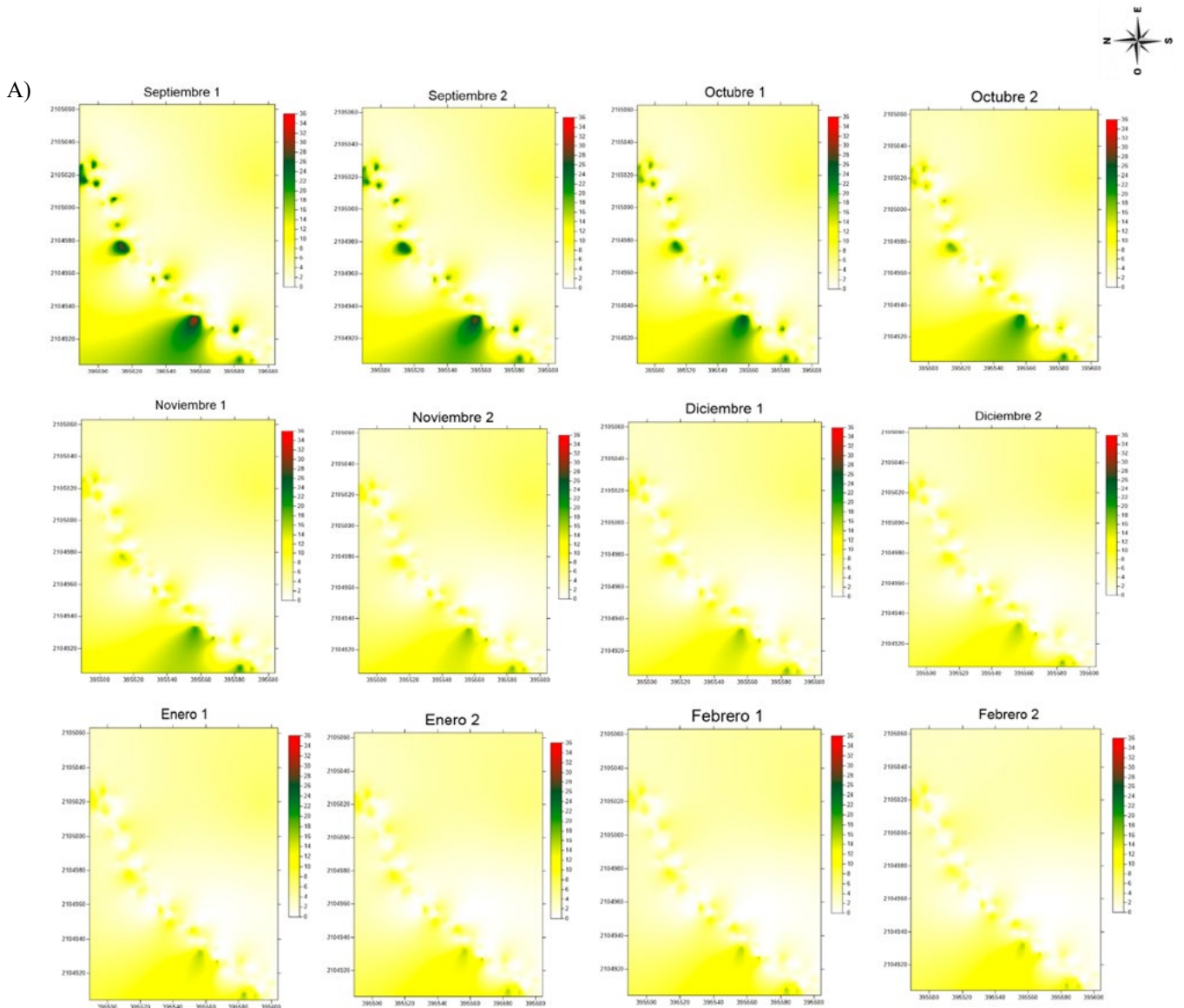
promedio de las 6 parcelas. Siendo el rango la distancia máxima hasta la cual existe relación espacial entre los datos.

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos de la estación meteorológica del Comité de Sanidad Vegetal ubicada al sur del Estado de México, de la cual se obtuvieron los datos registrados en los meses de muestreo graficados en catorce días, la cual nos muestra la estabilidad que se tiene en temperatura y el punto de rocío en los seis meses. Este hecho indica que no es un factor que afecte la estabilidad del minador de hoja, sin embargo, en lo que respecta a la humedad relativa este factor sí es importante para el insecto, ya que su presencia se incrementa mientras la humedad sea significativa, es decir, que exista humedad relativa dentro de las parcelas como se muestra durante los primeros dos meses muestreados en los mapas de infestación (septiembre y octubre). A mayor humedad, existe mayor abundancia del insecto plaga en las plantaciones, al disminuir la humedad, las poblaciones del minador disminuyen.



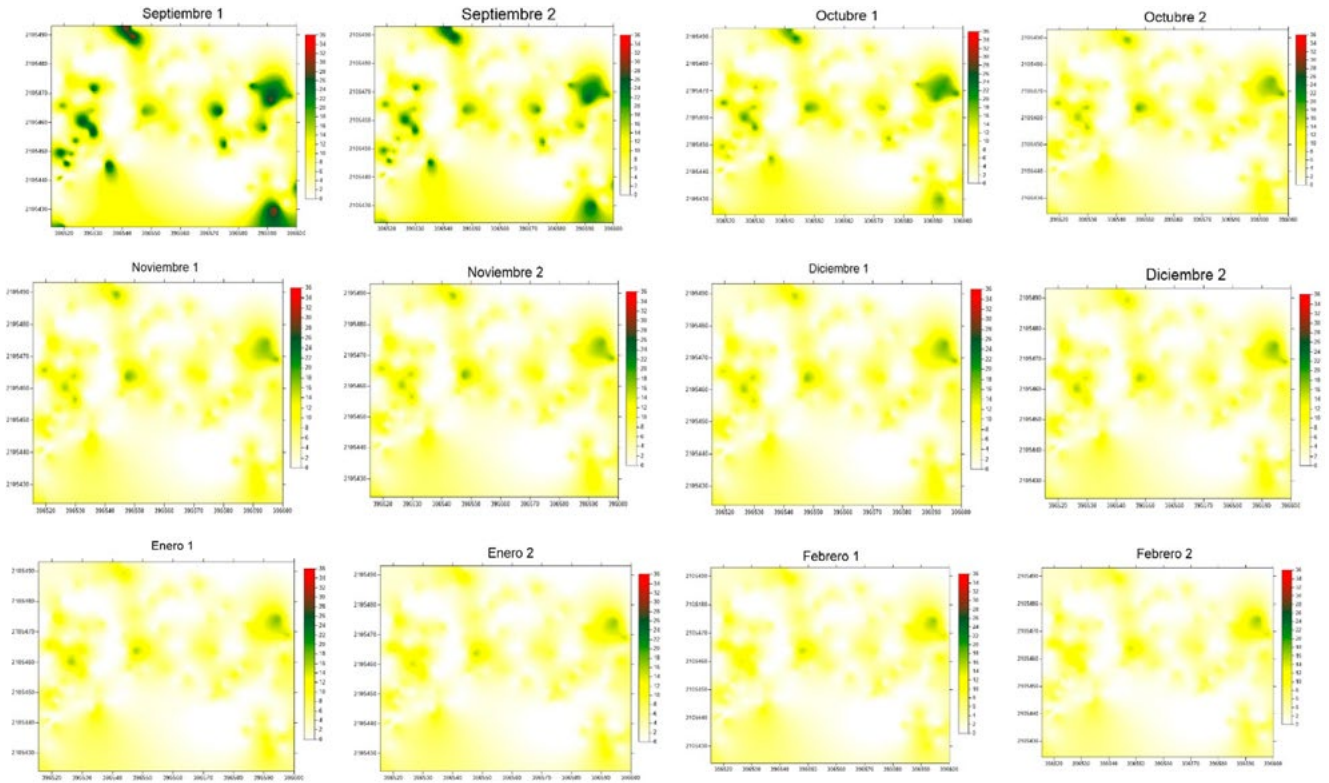
**Figura 1.** Datos meteorológicos del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México.

Analizando los mapas de la superficie infestada en el municipio de Temascaltepec (Figura 2), muestran que las poblaciones del minador de hoja, se ubicaron en centros de agregación, es decir, que su distribución se localiza en puntos específicos en la región inferior centro dirigiéndose hacia la parte izquierda, durante los meses de septiembre a enero, siendo enero el último mes donde se evidencia una menor incidencia. En la parcela 6 se observó que el punto de agregación con mayor incidencia comienza en el centro y se mueve hacia el costado derecho de la parcela y se mantiene ahí durante todo el tiempo solo disminuyendo las densidades poblaciones del insecto.

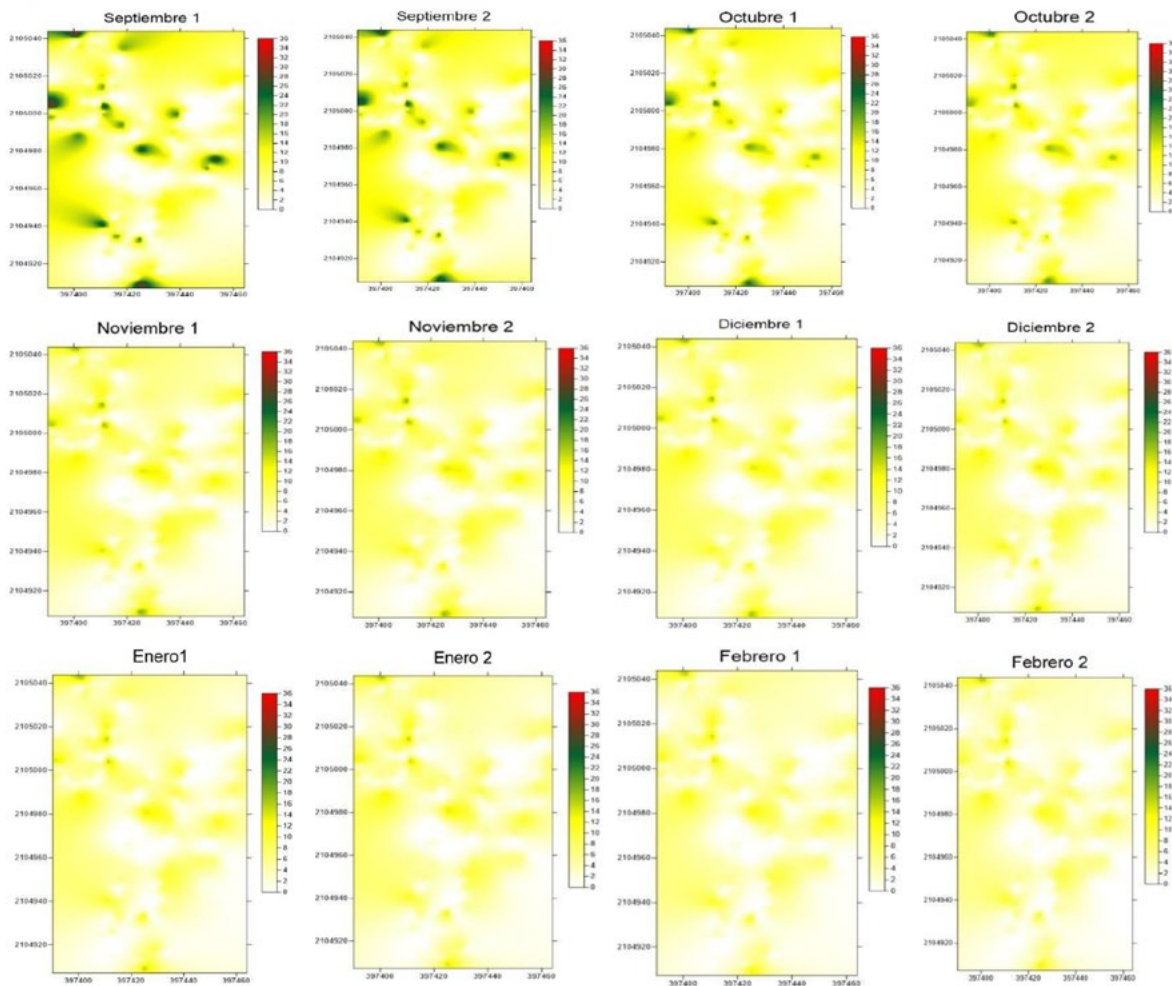


Cont.

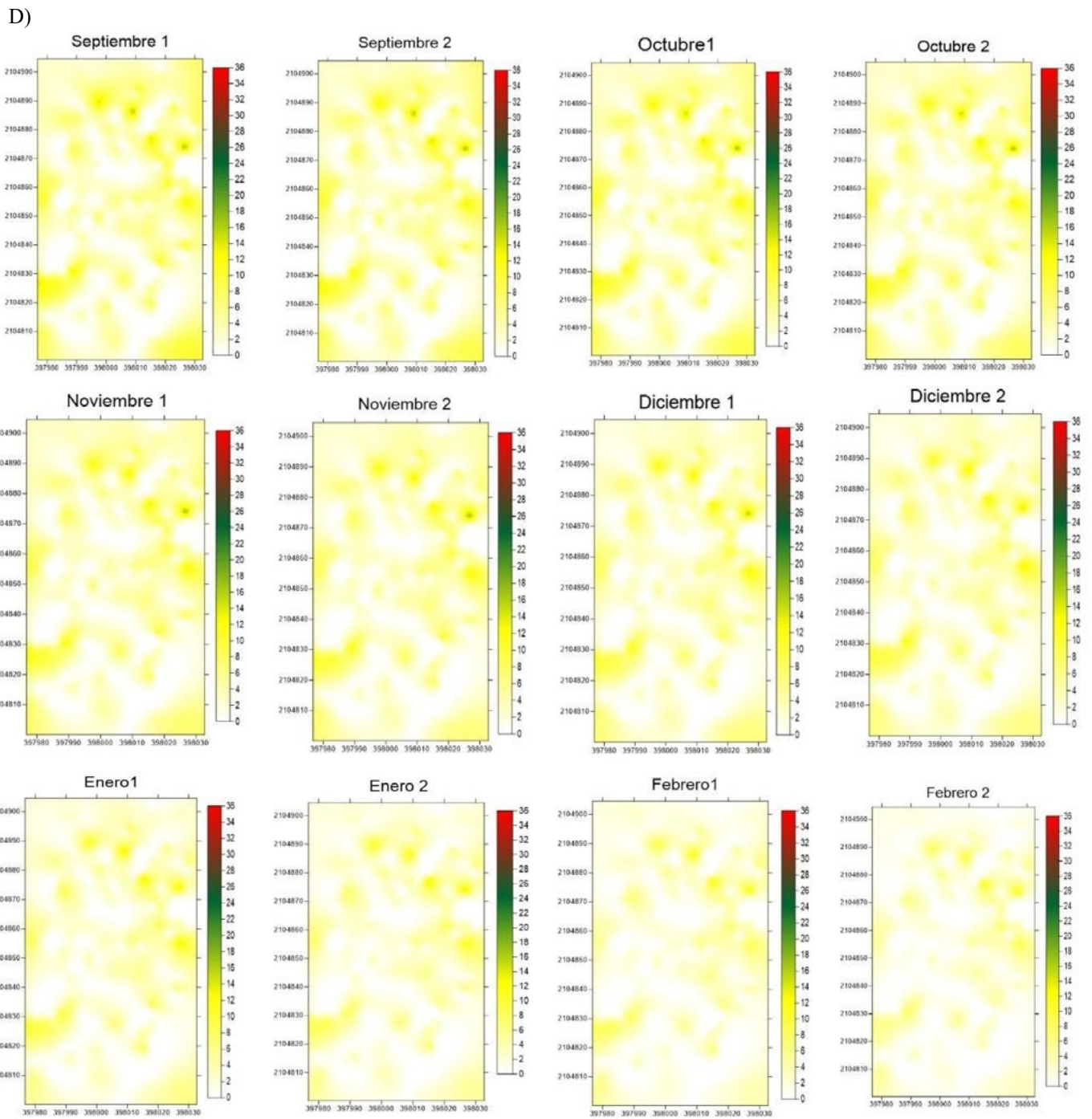
B)



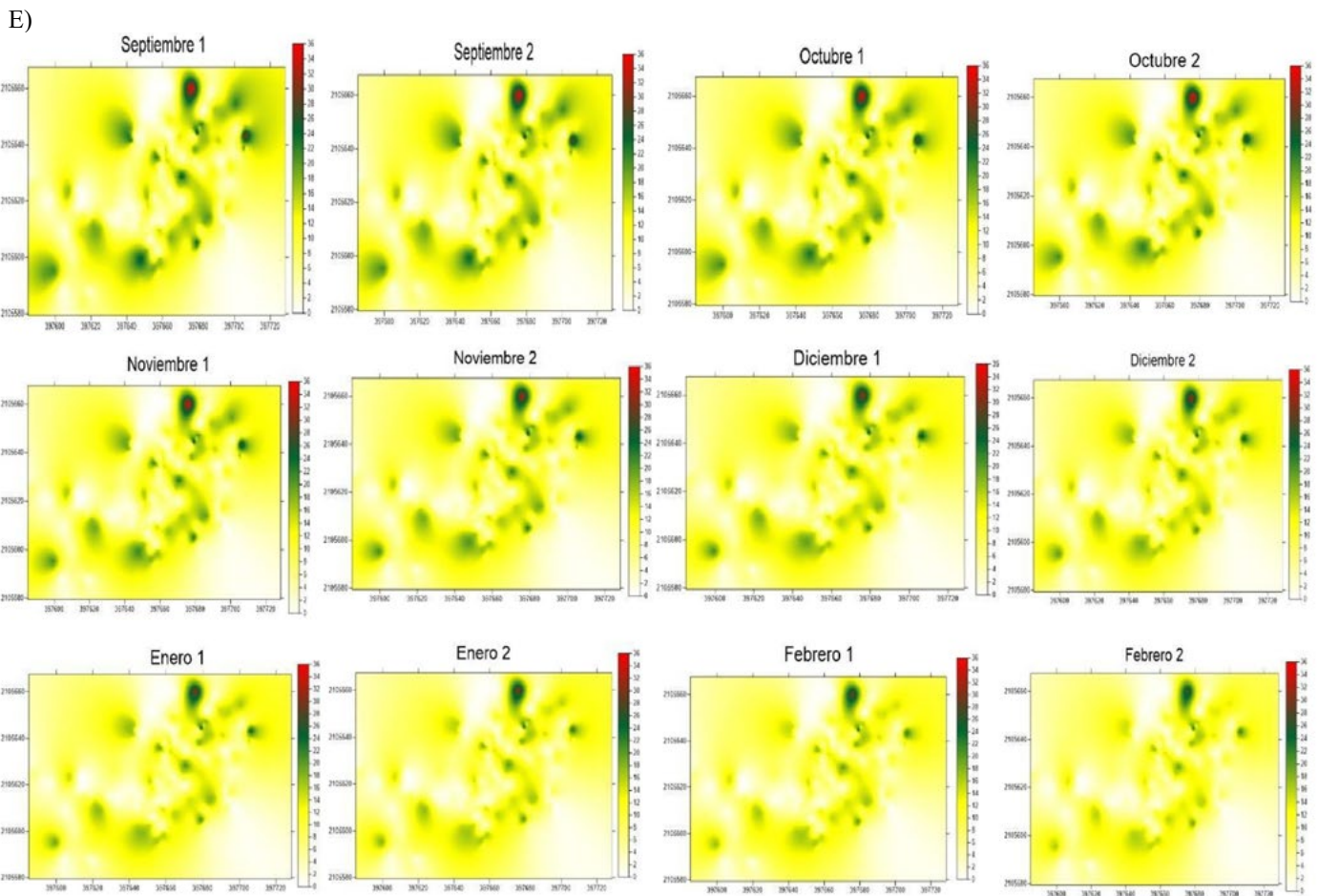
C)



Cont.







**Figura 2.** Mapas de superficie infestada de *Leucoptera coffeella* en cafetales del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. (A) Parcela 1, (B) parcela 2, (C) Parcela 3, (D) parcela 4, (E) parcela 5 y (F) parcela 6.

En el municipio de Temascaltepec, la mayor superficie infestada se presentó en los meses de septiembre (Tabla 2) con un máximo de 89 % en la parcela 6 y un mínimo de 61 % en la parcela 4 durante los meses de diciembre a febrero. De igual manera, la densidad media de la plaga minador de la hoja se presentó en este municipio y fue de 3,91 ejemplares por arbusto para los meses de septiembre-octubre con mayor incidencia, mientras que para los meses más bajos que son enero-febrero este municipio presentó una incidencia de 0,63 ejemplares por arbusto.

Para el control de minador de hoja los productores realizan aplicaciones de insecticidas durante las épocas de mayor incidencia del insecto; los más utilizados son Abamactina y Círomacina. Generalmente realizan de una a dos aplicaciones

sobre todo el cultivo, lo que genera un gasto excesivo en el proceso productivo (Reyes, 2015). Sin embargo, cuando las aplicaciones son dirigidas se realizan de manera puntual en las zonas con mayor infestación y de esta forma se genera un ahorro económico y ambiental, como se muestra en la tabla 3, debido a que solo se aplica la cantidad de agroquímico requerida y se evita contaminar el ambiente de manera irracional.

En la tabla 3 se muestran las dos aplicaciones que se realizaron durante las dos fechas más importantes durante el ciclo del cultivo que son septiembre y octubre, donde el costo de la aplicación es de \$ 3,200.00 pesos Mex por parcela y la aplicación de precisión dirigida a zonas específicas de infestación, apoyándose en los mapas elaborados es de aproximadamente \$ 2,080 a \$2,832 pesos Mex por parcela, dependiendo de la

**Tabla 2.** Determinación de superficie infestada (%) obtenida en el muestreo de minador de hoja en Temascaltepec, estado de México.

Muestreo	Superficie infestada (%) del municipio de Temascaltepec											
	Sept 1	Sept 2	Oct 1	Oct 2	Nov 1	Nov 2	Dic 1	Dic 2	Ene 1	Ene 2	Feb 1	Feb 2
Parcela 1	86	86	85	85	84	84	84	84	84	83	83	82
Parcela 2	66	66	64	64	64	63	63	63	62	62	64	64
Parcela 3	70	70	69	68	68	68	68	68	67	67	67	69
Parcela 4	64	64	63	63	63	62	62	61	61	61	61	63
Parcela 5	79	79	78	78	77	77	77	77	76	76	77	78
Parcela 6	89	89	88	88	88	87	87	87	86	86	88	88

**Tabla 3.** Cuadro de Ahorro económico y de agroquímico en dos aplicaciones en las parcelas de estudio del municipio de Temascaltepec, estado de México, México.

Parcela	Muestreo	Temas Caltepec					
		Costo en agricultura de precisión (pesos/parcela)		Ahorro (pesos / parcela)	Cantidad de acaricida aplicado en agricultura de precisión (l/parcela)		Ahorro en fungicida (l/parcela)
		Convencional	Precisión		Convencional	Precisión	
1	Sep 01	1600	1376	224	2,7	2,322	0,378
	Oct 02	1600	1360	240	2,7	2,295	0,405
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2736</b>	<b>464</b>	<b>5,4</b>	<b>4,617</b>	<b>0,783</b>
2	Sep 01	1600	1056	544	2,7	1,782	0,918
	Oct 02	1600	1024	576	2,7	1,728	0,972
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2080</b>	<b>1120</b>	<b>5,4</b>	<b>3,51</b>	<b>1,89</b>
3	Sep 01	1600	1120	480	2,7	1,89	0,81
	Oct 02	1600	1104	496	2,7	1,863	0,837
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2224</b>	<b>976</b>	<b>5,4</b>	<b>3,753</b>	<b>1,647</b>
4	Sep 01	1600	1024	576	2,7	1,728	0,972
	Oct 02	1600	1008	592	2,7	1,701	0,999
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2032</b>	<b>1168</b>	<b>5,4</b>	<b>3,429</b>	<b>1,971</b>
5	Sep 01	1600	1264	336	2,7	2,33	0,567
	Oct 02	1600	1248	352	2,7	2,106	0,594
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2512</b>	<b>688</b>	<b>5,4</b>	<b>4,239</b>	<b>1,161</b>
6	Sep 01	1600	1424	176	2,7	2,403	0,297
	Oct 02	1600	1408	192	2,7	2,376	0,324
	<b>Total</b>	<b>3200</b>	<b>2832</b>	<b>368</b>	<b>5,4</b>	<b>4,779</b>	<b>0,621</b>

infestación, lo que corrobora el ahorro en pesos Mex por parcela. En este mismo sentido la tabla 3 muestra el ahorro en la cantidad de agroquímico aplicado bajo el esquema de aplicaciones dirigidas frente a la aplicación convencional. Con las aplicaciones de insecticidas dirigidas o en su defecto el uso de algún otro método de control, se puede lograr una reducción en el gasto económico, de producto químico y de impacto ambiental, esto como resultado del uso de los mapas elaborados a partir de la superficie infestada del insecto plaga (tabla 3).

### Discusión

La presencia del minador de la hoja ocurrió principalmente en los meses de septiembre a octubre, ya que si se considera el ciclo de vida de la plaga, en los siguientes meses disminuye, debido a que las poblaciones de minador de hoja en la época de otoño-invierno tienden a disminuir su ciclo reproductivo y posteriormente para los meses cálidos (primavera-verano) estas poblaciones aumentan en respuesta al incremento de la temperatura, el cual es otro factor climático importante que influye en su ciclo biológico (Constantino et al., 2013).

La aplicación de técnicas geoestadísticas para modelizar la distribución espacial de insectos es una manera eficaz para determinar la distribución espacial de diversas especies de insectos plaga en diferentes cultivos. Se han reportado algunos estudios como el de la distribución agregada con ajuste al modelo esférico en *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Tortricidae) en plantaciones de uva

(Sciarretta et al., 2008). Jiménez et al. (2013) reportaron que en poblaciones de trips en cultivo de tomate de cáscara, encontraron que se tiene una distribución espacial de tipo agregada en centros de agregación y sus semivariogramas se ajustaron a modelos esféricos y gaussianos. Los modelos geoestadísticos nos arrojan una medida directa de la dependencia espacial, porque consideran a la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su precisa localización espacial y es independiente de la relación entre la media y la varianza (Samper & Carrera, 1996).

Moral García (2004) utilizó la geoestadística para determinar estudiar la distribución espacial del lepidóptero *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), en cultivo de tomate, aplicando la función del variograma, se obtuvieron representaciones gráficas de las distribuciones. Estos mapas se basaron en la técnica de estimación geoestadística conocida como “krigeado”, particularmente el ordinario en bloques. Maldonado Zamora et al. (2017) en un estudio de estabilidad espacial y temporal de la distribución de trips en el cultivo de aguacate, mencionaron el uso de mapas de distribución espacial de esta plaga, para mejorar las estrategias de control.

De acuerdo con los valores de cero que se registraron en el efecto pepita en todos los modelos ajustados, se puede afirmar que la escala de muestreo utilizada fue adecuada y el error de muestreo fue mínimo (Oliver & Webster, 1991), esto sugiere que los modelos ajustados tienen un 98 % de confiabilidad.

Este hecho indicó que más del 90 % de la variación total fue debida a la dependencia espacial en la escala de muestreo utilizada; es decir, que más del 90 % de la variación de la

distribución de las poblaciones de minador de hoja se explica por la estructura espacial establecida con los semivariogramas (Liebhold & Sharov, 1998; Vanegas-Carrillo et al., 2021). También se han obtenido valores de pepita iguales, en un estudio de distribución espacial de trips en aguacate (Acosta-Guadarrama et al., 2017) y en un estudio de distribución espacial de *Bactericera cockerelli* (Šulc, 1909) (Hemiptera: Triozidae) en papa (Rámirez Dávila et al., 2011).

Elaborar mapas de densidad es fundamental para modelar el comportamiento de las plagas como se reporta (Quiñones et al., 2015), en el estudio realizado para determinar la distribución espacial de trips en cultivo de gladiolos. Asimismo, Jiménez et al. (2013) en el cultivo de tomate de cáscara demostraron que la población de trips se encontraba en puntos de agregación en las parcelas de estudio. El uso de mapas de densidad puede ser de gran apoyo para optimizar los programas de manejo del minador de hoja del café y que las estrategias aplicadas sean más eficientes, oportunas y pertinentes, como tales son los casos en donde se analizaron patrones de distribución espacial donde el resultado es imprescindible cuando se analizan variables ecológicas y medioambientales (Moral García, 2004).

El ajuste al modelo esférico, señaló que dentro del área de muestreo hay puntos en los cuales la plaga tiene mayor incidencia con relación a otros puntos, o sea, que la infestación de la plaga avanza a partir de un punto específico, donde la infestación se incrementa drásticamente en primavera debido a los cambios en el clima que favorecen la reproducción del insecto (Vanegas-Carrillo et al., 2021).

Maldonado Zamora et al. (2017) encontraron que la distribución espacial de los trips fue de tipo agregada en el cultivo de aguacate, se ajustaron a modelos de semivariogramas esféricos, que indicaron que el insecto se presentó más en ciertos puntos de agregación, con respecto a los demás. Jiménez et al. (2013) en su trabajo sobre *Frankliniella occidentalis* (Perge, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) en cultivo de tomate de cáscara, estudió su distribución espacial, y encontró que la distribución se ajusta a modelos de tipo gaussiano, lo que indica que la plaga tiene una distribución continua dentro de la parcela y una expansión dentro de la misma. Moral-García (2006) cuando determinó la distribución espacial de *H. armigera* y sus variogramas teóricos, encontró que se ajustaron a modelos esféricos y exponenciales, con el objetivo de demostrar el tipo de distribución que se presentaba.

En el caso de los modelos ajustados a un tipo gaussiano, este modelo reflejó que la agregación se expresó de forma continua dentro del área de muestreo. Este hecho registró un crecimiento rápido cerca de su origen, y fue decreciendo conforme aumentó la distancia; esto es comparable dado el comportamiento de minador de hoja.

El alto nivel de dependencia espacial que resultó de dividir el efecto pepita entre la meseta fue menor a 25 % para todos los semivariogramas, lo que indicó una alta dependencia espacial. Lo anterior señala que las poblaciones del minador de la hoja están altamente relacionadas en espacio y en tiempo (Sayad et al., 2017). De igual manera Esquivel Higuera y Jasso García (2014) mostraron la distribución espacial de *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) fue de tipo agregada, y que su dependencia espacial fue alta en las seis localidades del estudio.

Los mapas de densidad que fueron elaborados, sugieren que el manejo de control de la plaga se puede realizar con mayor precisión según los sitios de agregación estudiados para *L.*

*coffeella* dentro de cada parcela de estudio. (Esquivel Higuera & Jasso García, 2014; Moral García, 2004; Ribes et al., 1998; Rong et al., 2006; Weisz et al., 1996). Si se tienen estrategias de control se puede lograr una reducción de la presión de selección y retrasar el desarrollo de resistencia de los insectos a los pesticidas debido a la formación de refugios temporales; considerando esta respuesta se pueden reducir las densidades poblacionales del minador de la hoja y evitar daños mayores.

El comportamiento espacial de las poblaciones de minador de hoja de forma agregada en las parcelas de Temascaltepec, sugiere que se pueda implementar un manejo más adecuado del insecto y de esta forma disminuir la aplicación de agroquímicos al dirigir las estrategias de control hacia los centros de agregación en los que se encuentra la plaga, eludiendo de esta forma aplicaciones generalizadas o de cobertura total, lo que nos llevará a tener un ahorro en los insumos y un menor impacto ambiental. Perez Alvarez et al. (2010) concuerdan con lo anterior, y desarrollaron un programa de manejo más eficiente para el control de gusano blanco, *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae) en el cultivo de papa.

El llevar a cabo un uso adecuado de los mapas elaborados en este estudio, puede ser de gran apoyo para los productores, debido a que permiten realizar una planeación e implementación adecuada de control, acordes con las densidades de las poblaciones de plagas que estén presentes, de tal manera que reduzcan las poblaciones de minador de hoja en éste caso. Sin embargo, es necesario que conozcan todas las alternativas de control o generen nuevas para aplicarlas contra este insecto.

Usar los métodos geoestadísticos para optimizar el manejo integrado de este insecto plaga es de gran beneficio para los productores, ya que se puede conocer con mayor exactitud el comportamiento de distribución espacial del minador de la hoja (Martínez et al., 2022), lo que resulta de mucha utilidad para optimizar los programas de manejo enfocados a una gestión sustentable del cultivo, reducir la contaminación ambiental de la región y obtener un producto más inocuo, con lo que podría incursionar en nuevos nichos de mercado que sean más competitivos y el consumidor podría tener ventajas por un menor consumo de productos con presencia de pesticidas que causan un efecto negativo en su salud.

## Conclusiones

En el estudio de la distribución espacial de minador de la hoja, *Leucoptera coffeella* se documentó que con los semivariogramas geoestadísticos, se puede determinar el comportamiento de agregación de esta especie de plaga, considerando los mapas realizados con el krigeado y justificar el uso de las técnicas aplicadas en la agricultura de precisión para el control de la plaga cuando se presenta. Con los resultados obtenidos con las técnicas de la geoestadística se determinó que hay una estructura espacial agregada, con un nivel de dependencia alta para las seis parcelas donde se realizó el estudio. Además, se identificaron áreas libres de incidencia de la plaga, lo que sugirió dirigir las medidas de control de manera específica hacia los puntos con presencia de la plaga.

## Referencias

- Acosta-Guadarrama, A. D., Ramírez-Dávila, J. F., Rivera-Martínez, R., Figueroa-Figueroa, D. K., Lara-Díaz, A. V., Maldonado-Zamora, F. I., & Tapia-Rodríguez, A. (2017). Spatial distribution of *Thrips* spp. (Thysanoptera) and evaluation of their control

- with the predator *Amblyseius swirskii* in avocado orchards in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 435-446. <https://doi.org/10.3958/059.042.0214>
- Constantino, L. M., Flores, J. C., Benavides, P., & Bacca, R. (2013). *Minador de las hojas del café: Una plaga potencial por efectos del cambio climático*. [Avances técnicos 478]. Centro Nacional de Investigadores de Café (Cenicafé). <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04091.pdf>
- Enriquez, E., Bejarano, S., & Vila, V. (1975). Observaciones sobre avispas predatoras de *Leucoptera coffeella* Guer-Men, en el Centro y Sur del Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1), 82-83. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peruentomol/article/view/607>
- Hevesi, J., Istok, J., & Flint, A. (1992). Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I. Structural analysis. *Revista de Meteorología Aplicada*, 31(7), 661-676. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1992\)031<0661:PEIMTU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1992)031<0661:PEIMTU>2.0.CO;2)
- Esquivel Higuera, V. H., & Jasso Garcia, Y. (2014). Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 923-935. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000600002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600002)
- Jiménez, R. D. L., Ramírez, J. F., Sánchez, J. R., Salgado, M. L., & Laguna, 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. <https://doi.org/10.25100/socolen.v39i2.8232>
- Liebhald, A., & Sharov, A. (1998). Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data, p. 1-17. En J. Baumgartner, P. Brandmayr, & B. F. J. Manly (Eds.), *Population and community Ecology for insect management and conservation*. Balkema, Róterdam. Países Bajos.
- Maldonado Zamora, F. I., Ramírez Davila, J. F., Rubí, M., Némiga, X. A., & Lara Díaz, A. V. (2017). Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 845-856. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000400845](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000400845)
- Moral García, F. J. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*, 13, 78-86. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/582>
- Moral García, F. J. (2006). Analysis of the spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. *Biosystems Engineering*, 93(3), 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.12.011>
- Nowierski, R. M., & Gutierrez, A. P. (1986). Microhabitat Distribution and Spatial Dispersion Patterns of the Walnut Aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphididae), in California. *Environmental Entomology*, 15(3), 555-561. <https://doi.org/10.1093/ee/15.3.555>
- Oliver, M., & Webster, R. (1991). How geostatistics can help you. *Uso y Manejo del Suelo*, 7(4), 206-217. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1991.tb00876.x>
- Pérez-Álvarez, R., Argüelles-Cárdenas, J., & Garramuño, E. A. (2010). Distribución espacial de *Premnotypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae) en cultivos de papa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 11-20.
- Quiñones-Valdes, R., Sánchez-Palé, J., Pedraza-Esquivel, A., Castañeda-Vildozola, A., Gutiérrez-Ibañez, A., & Ramírez-Dávila, J. F. (2015). Análisis Espacial de *Thrips* spp. (Thysanoptera) en el Cultivo de Gladiolo en la Región Sureste del Estado de México, México. *Southwestern Entomology*, 40(2), 397-408. <https://doi.org/10.3958/059.040.0213>
- Ramírez Davila, J. F., Solares, V. M., Figueroa, D. K., & Sánchez, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) Zitácuaro, Michoacana, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(3), 545-562. <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2931597>
- Ramírez Dávila, J. F., & Figueroa Figueroa, D. K. (2011). Modelización y mapeo de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en papa en el Estado de México. *Centro Agrícola*, 40(3), 57-70. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-40-2013/numero-3-2013/174-modelizacion-y-mapeo-de-la-distribucion-espacial-de-bactericera-cockerelli-sulc-hemiptera-triozidae-en-papa-en-el-estado-de-mexico>
- Ramírez Dávila, J. F., González Andújar, J. L., López Martínez, M. A., & Ocete, R. (2005). Modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 31(0), 119-132. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-31-01-119-132.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-31-01-119-132.pdf)
- Ramírez Dávila, J. F., González Andújar, J. L., Ocete, R., & López Martínez, M. A. (2002). Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 28(0), 87-95. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-28-01-087-095.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-28-01-087-095.pdf)
- Reyes, C. (2015, 15 marzo). Minador de la hoja. *Panorama Agropecuario*. <https://panorama-agro.com/?p=1534>.
- Ribes Dasi, M., Bascuñana Casasús, M., & Avilla Hernández, J. (1998). Estudio de la distribución espacial de *Cydia pomonella* (L.) y *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller) en Torregrossa (Lleida) mediante métodos geoestadísticos. *Boletín de Sanidad Vegetal*, 24(4A), 935-948. <http://hdl.handle.net/10459.1/41623>
- Rivera Martínez, R. J., R., Ramírez Dávila, J. F., Tapia Rodríguez, A., Figueroa Figueroa, D. K., Acosta Guadarrama, A. D., & Serrato Cuevas, R. (2022). Comportamiento espacial de barrenador de la rama en aguacate utilizando el método del SADIE en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 247-259. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2728>
- Rong, J., Dian-Mo, L., Bao-Yu, X., Zhe, L., & Dong-Li, M. (2006). Distribución espacial de las poblaciones de vainas de huevos de langostas migratorias orientales (Orthoptera: Acrididae): implicaciones para el manejo de plagas en sitios específicos. *Entomología Ambiental*, 35(5), 1244-1248. <https://doi.org/10.1093/ee/35.5.1244>
- Sadeghian, K. (2017). Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 478. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0478.pdf>
- Samper, F. J., & Carrera, J. (1996). Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería, Barcelona, España.
- Sayad, E., Boshkar, E., & Gholami, S. (2017). Different role of host and habitat features in determining spatial distribution of mistletoe infection. *Forest Ecology and Management*, 384, 323- 330. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.012>
- Sciarretta, A., Zinni, A., Mazzocchetti, A., & Trematerra, P. (2008). Spatial Analysis of *Lobesiabotrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Male Population in a Mediterranean Agricultural Landscape in Central Italy. *Environmental Entomology*, 37(2), 382-390. <https://doi.org/10.1093/ee/37.2.382>
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2016). *Minador de la hoja del café*. [Ficha Técnica No. 55]. SENASICA. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20caféto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Minador%20de%20la%20hoja%20del%20caféto.pdf>

- SIAP. (2018). México, onceavo productor mundial de café | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-decafe?idiom=es>
- Surface Mapping System, Golden Software Inc. 809. (2002). 14th Street. Golden, Colorado 80401- 1866. USA.
- Tapia-Rodríguez, A., Ramírez-Dávila, J. F., Figueroa-Figueroa, D. K., Salgado-Siclan, M. L., & Serrato-Cuevas, R. (2020). Análisis espacial de antracnosis en el cultivo de aguacate en el Estado de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(1), 132-145. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1911-1>
- Taylor, L. R. & Woiwod, I. P. (1982). Dinámica sinóptica comparativa. I. Relaciones entre varianza espacial y temporal interespecífica e intraespecífica/parámetros de población media. *La Revista de Ecología Animal*, 51, 879-906.
- Valderrama, P. B. (2020). De la plantación a la taza un acercamiento etnográfico del recorrido del café en la región Coatepec-Xalapa [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social]. Repositorio CIESAS. <https://ciesas.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1015/1011>
- Vanegas-Carrillo, R., Ramírez-Dávila, J. F., & Rivera-Martínez, R. (2021). Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha spp.*) (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1), 2-8. <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.7715>
- Weisz, R., Fleischer, S., & Smilowitz, Z. (1996). Manejo integrado de plagas específico del sitio para cultivos de alto valor: impacto en el manejo de plagas de papa. *Revista de Entomología Económica*, 89(2), 501-509.

---

### Origen y financiación

*El presente trabajo derivó como parte de la investigación de tesis de maestría del primer autor, originado de las actividades de investigación del proyecto “Diagnóstico preliminar del sistema y distribución espacial de plagas y enfermedades en el cultivo de café en el Estado de México”. El apoyo financiero para este estudio fue otorgado por la Universidad Autónoma del Estado de México con clave del proyecto: 5098/2020SF.*

### Contribución de los autores

*El primer autor planteó las actividades de investigación del proyecto, realizó los muestreos, realizó los análisis de los datos y la escritura del artículo. El segundo autor conjuntamente con el primer autor planteó los objetivos de la investigación, consiguió el financiamiento del proyecto, contribuyó al análisis de la información recabada y en conjunto ayudó en la redacción del artículo. Los últimos tres autores participaron en el muestreo y el análisis de los datos.*

### Conflictos de interés

*Los autores que participamos en esta publicación realizamos contribuciones al manuscrito; y todos están de acuerdo y expresan que no hay conflictos de intereses en este estudio.*