

## 18. Comportamiento espacial de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate en México utilizando el método del SADIE



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.299.18>

AGUSTIN DAVID ACOSTA GUADARRAMA\*

JOSÉ FRANCISCO RAMÍREZ DÁVILA\*\*§

DULCE KAREN FIGUEROA FIGUEROA\*\*\*

MARTÍN RUBÍ ARRIAGA\*\*\*\*

ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA\*\*\*\*\*

### Resumen

México es el principal productor de aguacate en el mundo, este producto es de gran importancia ya que genera ingresos económicos importantes al país, sin embargo, el cultivo se ve afectado por diversas plagas que afectan su buen desarrollo. Una de las principales plagas que afectan el desarrollo y que causan pérdidas económicas considerables son los trips, estos se alimentan del fruto pequeño formando crestas o protuberancias que son más visibles conforme el fruto va creciendo y por lo tanto el fruto pierde valor económico. Para poder realizar un mejor manejo del trips dentro de las huertas de aguacate es importante conocer la distribución espacial del insecto dentro de la parcela. Este trabajo realizado en el año 2020, tuvo por objetivo determinar la distribución espacial de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate utilizando el método de Análisis Espacial por Índices

---

§ Autor para correspondencia: [jframirez@uaemex.mx](mailto:jframirez@uaemex.mx)

\* Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Profesor de asignatura de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5301-077X>

\*\* Doctor en Fisiología y Biología Animal por la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8625-4655>

\*\*\* Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1482-5295>

\*\*\*\* Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7547-5017>

\*\*\*\*\* Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6055-7597>

de Distancia (SADIE, por sus siglas en inglés). Los resultados mostraron que las poblaciones de trips se encontraron distribuidos en forma agregada en más de un centro de agregación, con la prueba de Cramer Von Mises y el índice  $I_m$  se encontró que existe estabilidad espacio temporal a corto plazo de las poblaciones de trips, además se obtuvieron mapas de infestación de la plaga utilizando el programa Surfer 9.

**Palabras clave:** *SADIE, trips, estabilidad espacial, mapas.*

## Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una de las frutas más importantes en México por el valor económico que aporta, la producción nacional se calcula en 1 889 353.51 t, lo cual hace que México sea el principal productor de aguacate en el mundo. La producción nacional de aguacate sigue mostrando una tendencia al alza en lo que se refiere a la superficie cultivada y volumen de producción, en dicha producción prevalece principalmente la variedad Hass. Los principales estados productores de aguacate en México son: Michoacán, Jalisco y el Estado de México (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2019).

El cultivo de aguacate se ve afectado por diversas plagas de afectan su buen desarrollo, entre las principales se encuentran barrenadores de rama y semilla, ácaros y trips, estos últimos han tomado gran importancia ya que estos insectos se alimentan del fruto pequeño y forman crestas o protuberancias sobre el pericarpio y estas son más visibles cuando el fruto madura (Fisher y Davenport, 1989; González et al., 2000). Las densidades de este insecto van en incremento y el control químico ha sido poco eficiente ya que el insecto ha generado resistencia a ciertos productos, esto debido al mal manejo de la plaga y a que se realizan aplicaciones generalizadas dentro de las huertas de aguacate.

El monitoreo de las poblaciones de trips dentro del cultivo de aguacate es un procedimiento muy importante en el manejo de este problema, ya que con ello se puede tener un panorama de cómo se encuentra distribuido dentro de las parcelas de estudio. Para poder utilizar adecuadamente la

información derivada del monitoreo, es necesario establecer puntos de muestreo que generen datos fehacientes, con los cuales se podrá visualizar el comportamiento espacial de los trips.

Uno de los métodos más utilizados dentro de la geoestadística es el SADIE, desarrollada por el doctor Joe N. Perry. Esta metodología incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen, en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico.

## **Materiales y métodos**

Para la realización de este estudio se establecieron dos parcelas comerciales de aguacate de la variedad Hass, en el Municipio de Coatepec Harinas. Cada parcela tuvo una superficie de 4 ha que, divididas en cuadrantes de  $20 \times 20$  m, se obtuvo un total de 100 cuadrantes por parcela. Utilizando el método de muestreo por cuadrantes, se seleccionaron 40 cuadrantes al azar y por cada uno se tomaron en cuenta tres árboles para un total de 120 árboles por parcela. En cada parcela se realizaron muestreos quincenales en los cuales se contaban el número de trips capturados en las trampas amarillas. Cada árbol muestreado fue etiquetado y georeferenciado para obtener sus coordenadas.

Las trampas amarillas consisten en vasos de plástico del número 8, marca Jaguar de 10 cm de alto, 4.5 cm de diámetro en la base y 7.5 cm de diámetro en el borde superior y de color amarillo; de acuerdo con lo sugerido por González et al. (1998) a cada vaso se le puso un gancho en la base y un adherente (manteca vegetal) en la superficie externa. Se colocaron 4 trampas en los árboles en cada punto cardinal, las cuales eran revisadas cada 15 días para hacer el conteo de trips capturados y después se volvían a colocar.

## **Estadística espacial**

### **Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE)**

Perry y Hewitt (1991) desarrollaron un índice que utilizaba los datos colectados dentro de una cuadrícula ya preestablecida antes del muestreo, deter-

minando que era un índice biológicamente más descriptivo e informativo de la distribución espacial de las poblaciones de insectos que el índice de dispersión, el cual depende directamente de la abundancia de la población. En el presente trabajo se utilizaron el índice basado en la distancia para la regularidad  $I_a$  y el índice  $J_a$ , basado en la distancia del agrupamiento Perry (1995a y 1995b) para establecer el modelo de distribución de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate.

### Estimación de los Índices $I_a$ y $J_a$

Con los datos obtenidos en los muestreos realizado se calcularon los índices de agregación  $I_a$  y  $J_a$ , al conocer la posición bidimensional de cada unidad de muestreo y su conteo en cada muestreo se calcula la distancia en la cual los insectos pueden haberse movido de una unidad a otra. Se dice que una muestra es agregada si  $I_a$  es mayor a 1 ( $I_a > 1$ ), la muestra es aleatoria si  $I_a$  es igual a 1 ( $I_a = 1$ ), y la muestra es regular si  $I_a$  es menor a 1 ( $I_a < 1$ ), con un número total de 2 000 aleatorizaciones son suficientes para calcular los índices correspondientes.

El agrupamiento se representa con el término  $C$ , lo cual indica el valor mínimo de la distancia total de los individuos pueden moverse para agruparse en una unidad.  $Q_a$  es la probabilidad para el agrupamiento,  $C$  para los datos que comprenden un agrupamiento individual, un valor pequeño de  $C$  denotaría un patrón espacial agregado, contrario a esto, un valor alto indicaría un patrón espacial regular. La hipótesis nula de aleatoriedad puede ser rechazada si  $Q_a < 0.025$  (en favor de la alternativa de agregación) o si  $Q_a > 0.975$  (en favor de la alternativa de regularidad), por consiguiente, si la distancia media para el agrupamiento para muestras aleatorias se denota como  $F_a$ , entonces el índice de agregación  $J_a$ , se define como  $J_a = F_a / C$ . Como en el caso del índice  $I_a$ , valores de  $J_a > 1$  usualmente indican una muestra agregada,  $J_a = 1$  representan datos espacialmente aleatorios y  $J_a < 1$  muestras regulares. De esta manera, los valores del índice  $J_a$  sirven para corroborar los resultados obtenidos con el índice  $I_a$ . Además, este índice se utiliza para conocer entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay

dos o más agrupamientos para los cuales su valor no es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella. Para determinar la significación con respecto a la unidad se utiliza su probabilidad respectiva ( $Q_a$ ) (Perry, 1998). Los valores de  $I_a$  y  $J_a$  para conteos aleatorios no están correlacionados, por lo que se pueden utilizar también 2000 aleatorizaciones para obtener sus respectivos valores. En este trabajo para determinar los valores y las probabilidades de ambos índices fue el SADIE 1.22.

### **Elaboración de mapas**

Con los datos obtenidos en campo se realiza una interpolación de valores utilizando la técnica del *krigeado* ordinario, utilizando el programa Surfer 9 (Surface Mapping System), el cual permite la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados, las estimaciones obtenidas fueron representadas en forma de mapas para cada fecha de muestreo, una vez obtenidos estos mapas se determina el porcentaje de infestación en cada una de las parcelas de estudio.

### **Estabilidad espacial y temporal**

Para establecer la estabilidad espacio temporal se compararon los mapas elaborados previamente y utilizando el índice de asociación del SADIE ( $I_m$ ) (Perry y Klukowsky, 1997) en el cual se considera que si  $I_m > 0$ , es indicativo de que existe una asociación o una estabilidad espacio temporal entre los mapas. La determinación de la estabilidad espacio temporal se realiza mediante el programa SADIE 1.22.

## **Resultados y discusión**

### **Parcela 1**

Se puede observar en la tabla 18.1 que en el caso del índice  $I_a$  el valor se situó entre 1.42 y 1.77. En todos los casos el índice  $I_a$  fue significativamente superior

a 1, lo que indica una distribución espacial agregada de los trips dentro de la parcela. En cuanto al índice  $J_a$  el valor mínimo fue de 1.10 a 1.28 el más alto. En todos los casos de las fechas de muestreo el índice  $J_a$  fue superior a 1, pero un ningún caso de forma significativa; sin embargo, remarca la agregación detectada por el índice  $I_a$ , además el índice  $J_a$  indica la cantidad de centros de agregación presentes en cada muestreo, como estos valores no fueron significativamente diferentes a la unidad el resultado fue que las poblaciones de trips se distribuyeron en la parcela en más de un centro de agregación.

Tabla 18.1. Valor de los índices  $I_a$  y  $J_a$  y sus respectivas probabilidades  $P_a$  y  $Q_a$  en poblaciones de trips en la parcela uno en el año 2020

Mes	Muestreos	$I_a$	$P_a$	$J_a$	$Q_a$
Febrero	Muestreo 1	1.48	0.008s	1.12	0.129ns
	Muestreo 2	1.77	0.010s	1.15	0.276ns
Marzo	Muestreo 1	1.51	0.014s	1.28	0.205ns
	Muestreo 2	1.70	0.007s	1.21	0.341ns
Abril	Muestreo 1	1.49	0.010s	1.16	0.187ns
	Muestreo 2	1.56	0.012s	1.13	0.261ns
Mayo	Muestreo 1	1.64	0.009s	1.26	0.289ns
	Muestreo 2	1.70	0.015s	1.17	0.190ns
Junio	Muestreo 1	1.63	0.012s	1.24	0.184ns
	Muestreo 2	1.44	0.008s	1.10	0.322ns
Julio	Muestreo 1	1.48	0.011s	1.28	0.260ns
	Muestreo 2	1.76	0.017s	1.14	0.279ns
Agosto	Muestreo 1	1.55	0.012s	1.19	0.261ns
	Muestreo 2	1.42	0.010s	1.23	0.175ns
Septiembre	Muestreo 1	1.51	0.013s	1.20	0.203ns
	Muestreo 2	1.73	0.009s	1.12	0.125ns
Octubre	Muestreo 1	1.46	0.013s	1.15	0.329ns
	Muestreo 2	1.60	0.008s	1.13	0.233ns
Noviembre	Muestreo 1	1.69	0.011s	1.26	0.152ns
	Muestreo 2	1.72	0.010s	1.24	0.199ns
Diciembre	Muestreo 1	1.66	0.008s	1.15	0.255ns
	Muestreo 2	1.44	0.010s	1.27	0.152ns

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

## Parcela 2

Se puede observar que en el caso del índice  $I_a$  el valor se situó entre 1.40 y 1.77. En todos los casos el índice  $I_a$  tuvo un valor superior a 1 (tabla 18.2) lo que sugiere una distribución en agregados de las poblaciones de trips. En el caso del índice  $J_a$  los valores se situaron entre 1.10 y 1.28, el valor de este índice fue superior a la unidad en todos los casos, pero no de manera significativa, aun así, reafirma que la plaga se distribuye en forma agregada, González et al (2024) encontró misma distribución en picudo del agave. Además, gracias a los valores del índice  $J_a$  se logró establecer que existen

Tabla 18.2. Valor de los índices  $I_a$  y  $J_a$  y sus respectivas probabilidades  $P_a$  y  $Q_a$  en poblaciones de trips en la parcela dos para el año 2020

Mes	Muestreos	$I_a$	$P_a$	$J_a$	$Q_a$
Febrero	Muestreo 1	1.51	0.011s	1.19	0.267ns
	Muestreo 2	1.72	0.008s	1.12	0.208ns
Marzo	Muestreo 1	1.40	0.010s	1.27	0.311ns
	Muestreo 2	1.77	0.012s	1.10	0.127ns
Abril	Muestreo 1	1.49	0.014s	1.17	0.190ns
	Muestreo 2	1.57	0.016s	1.25	0.288ns
Mayo	Muestreo 1	1.62	0.010s	1.22	0.209ns
	Muestreo 2	1.48	0.012s	1.13	0.119ns
Junio	Muestreo 1	1.75	0.007s	1.17	0.261ns
	Muestreo 2	1.56	0.009s	1.28	0.254ns
Julio	Muestreo 1	1.59	0.010s	1.11	0.322ns
	Muestreo 2	1.69	0.014s	1.16	0.277ns
Agosto	Muestreo 1	1.70	0.011s	1.23	0.128ns
	Muestreo 2	1.48	0.015s	1.20	0.193ns
Septiembre	Muestreo 1	1.67	0.006s	1.14	0.167ns
	Muestreo 2	1.60	0.015s	1.24	0.281ns
Octubre	Muestreo 1	1.54	0.010s	1.11	0.270ns
	Muestreo 2	1.69	0.013s	1.13	0.129ns
Noviembre	Muestreo 1	1.42	0.007s	1.19	0.168ns
	Muestreo 2	1.73	0.011s	1.28	0.195ns
Diciembre	Muestreo 1	1.50	0.014s	1.17	0.266ns
	Muestreo 2	1.59	0.010s	1.12	0.201ns

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

varios centros de agregación, ya que en todos los muestreos el valor del índice  $J_a$  no fue significativamente superior a la unidad (tabla 18.2).

Se puede observar que en todos los casos el índice  $I_a$  fue significativamente superior a la unidad en las dos parcelas, lo que determina la presencia de una agregación en la población de trips en todos los muestreos. Este tipo de distribución ha sido detectada en trabajos como los realizados por Perry et al. (1998) sobre huevos de pulgones, el trabajo de Winder et al. (1999) realizado sobre las poblaciones de huevos de *S. avenae* y el de Fernández et al. (2000) en los huevos de *N. brevicollis*. Conocer la distribución espacial de los problemas fitosanitarios de los cultivos ayuda a elaborar planes de manejo integrado, lo que conlleva a ahorros económicos para los productores y la disminución del impacto que causan los agroquímicos en los ecosistemas (González-Dávila et al., 2024).

Con respecto al índice  $J_a$  se observó que para las dos parcelas no fue significativamente superior a la unidad lo que nos indicó que los trips se encuentran distribuidos en varios focos de agregación dentro de las dos parcelas estos resultados concuerdan con lo reportado Korie et al. (2000) quienes trabajaron con escarabajos en avena de invierno en el Reino Unido y Holland et al. (2000) quienes trabajaron con la distribución espacial de artrópodos benéficos en trigo de invierno. A este respecto, Blackshaw y Vernon (2008) determinaron la distribución espacial de *Agriotes lineatus* y *Agriotes obscurus*, en dos sitios distintos en Canadá, mediante la técnica del SADIE donde encontraron que ambas especies se distribuyen de manera agregada. Ramírez et al., (2010), realizaron un estudio de la distribución espacial de las larvas del mosquito verde (*Jacobiasca lybica*), donde los valores  $J_a$ , establecieron la cantidad de centros de agregación. En cuanto a este dato, el valor  $J_a$  no fue significativamente mayor a uno, lo que permitió determinar que la distribución espacial del insecto se concentró en diferentes centros de agregación así como Solares et al., (2011) demostró que las poblaciones de este insecto se encontraban distribuidas en varios centros de agregación.

## Cálculo de la superficie infestada con base en los mapas

Es importante conocer si la infestación de la plaga era general en las parcelas de estudio. Para ello es importante conocer qué zonas están infestadas y el porcentaje que representan en el conjunto total. Ello va a determinar la cantidad de ahorro económico y de aplicación de medidas de control. Con ese objetivo, se procedió a establecer el porcentaje de superficie infestada y no infestada en cada uno de los mapas elaborados para cada muestreo de trips.

### Parcela 1

Los resultados de la superficie infestada para esta parcela se detallan en la tabla 18.3. Se observa el porcentaje de infestación en la parcela uno en lo

Tabla 18.3. *Porcentaje de superficie infestada y no infestada de la parcela uno para el año 2020*

<i>Muestras</i>	<i>% infestado</i>	<i>% no infestado</i>
Febrero 1	100	0
Febrero 2	100	0
Marzo 1	100	0
Marzo 2	100	0
Abril 1	100	0
Abril 2	100	0
Mayo 1	100	0
Mayo 2	100	0
Junio 1	90	10
Junio 2	100	0
Julio 1	100	0
Julio 2	100	0
Agosto 1	100	0
Agosto 2	100	0
Septiembre 1	100	0
Septiembre 2	100	0
Octubre 1	100	0
Octubre 2	100	0
Noviembre 1	78	22
Noviembre 2	60	40
Diciembre 1	100	0
Diciembre 2	100	0

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

que se refiere al año 2017, esta nos refleja que en la mayor parte de los meses tenemos infestación en casi toda la parcela, el mes con menor infestación es noviembre con 78% para el primer muestreo y 60% para el segundo muestreo.

## Parcela 2

Se observar que en esta parcela la mayoría de los meses presentan infestación a 100%, sólo el mes de noviembre presenta una ligera reducción en los dos muestreos (tabla 18.4). Esto lo podemos corroborar con los mapas de densidad de trips donde se observa que la mayor parte de los meses la plaga se ubica en toda la parcela. Estos indicativos podrían confundirnos, no porque se presente infestación en toda la parcela se tendría un serio proble-

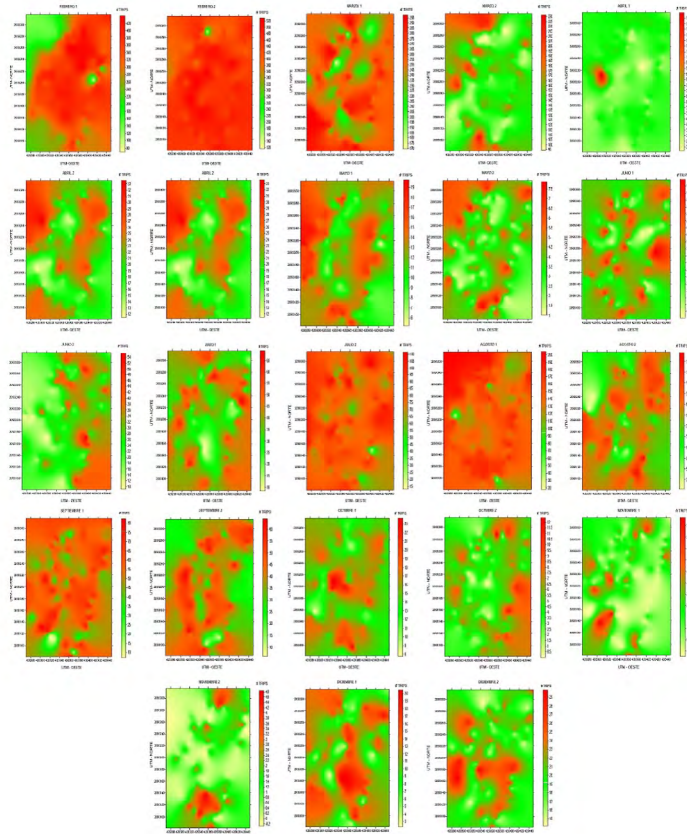
Tabla 18.4. *Porcentaje de superficie infestada y no infestada de la parcela dos para el año 2020*

<i>Muestruos</i>	<i>% infestado</i>	<i>% no infestado</i>
Febrero 1	100	0
Febrero 2	100	0
Marzo 1	100	0
Marzo 2	100	0
Abril 1	100	0
Abril 2	100	0
Mayo 1	100	0
Mayo 2	100	0
Junio 1	90	10
Junio 2	100	0
Julio 1	100	0
Julio 2	100	0
Agosto 1	100	0
Agosto 2	100	0
Septiembre 1	100	0
Septiembre 2	100	0
Octubre 1	100	0
Octubre 2	100	0
Noviembre 1	95	5
Noviembre 2	86	14
Diciembre 1	100	0
Diciembre 2	100	0

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

ma, sino que tenemos que poner especial atención en las densidades poblacionales de la plaga ya que en ciertos meses tenemos poblaciones muy bajas, aunque si existe presencia.

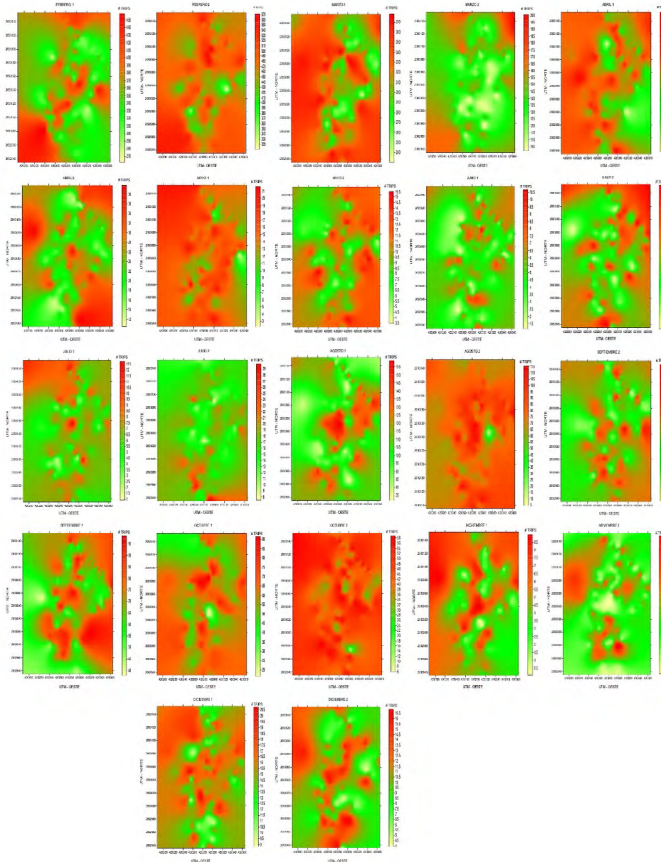
Figura 18.1. Mapas de la densidad poblacional de trips correspondiente a la parcela 1



Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

Los mapas permitieron identificar las áreas de infestación, encontrando que el trips se distribuyó en 100% de la parcela, sin embargo, hay áreas en las que se encuentran poblaciones más altas, esto concuerda con Jiménez et al. (2008) quienes determinaron la distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en *Quercus ilex* Linneo, ellos elaboraron cuatro mapas de densidad, uno por cada año, utilizando el método de la distancia inversa como

Figura 18.2. Mapas de la densidad poblacional de trips correspondiente a la parcela dos



Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

interpolador del programa Surfer 7; estos mapas indican que el insecto se localizó por toda la parcela con una distribución espacial agregada. Contrario a estos resultados Quiñones-Valdez et al. (2015) encontra ron que las poblaciones de trips en el cultivo del gladiolo no infestaron 100% de la parcela y estos se encontraban en forma agregada en puntos específicos de infestación, Esquivel y Jasso (2014) realizaron un estudio de distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades en el estado de México en maíz y encontraron que en ninguna de las localidades se presentó un área de infestación de 100% y el porcentaje máximo alcanzado fue de 94%, Jiménez et al. (2013) reportaron que las poblaciones de *F. occidentalis* en tomate de cáscara no se

distribuyen en la totalidad de las parcelas. Ramírez et al. (2013) encontraron que los mapas de infestación de *B. cockerelli* Sulc sobre papa reflejaron una estructura agregada del insecto el cual no invadió 100% de la superficie de la parcela, permitiendo identificar áreas libres de infestación.

## Estabilidad espacio temporal

La comparación entre fechas de muestreo de los diferentes mapas obtenidos en cada una de las parcelas nos da indicios de la dinámica espacio-temporal del insecto. Más concretamente, de la posibilidad de encontrar una estabilidad numérica en el espacio y el tiempo que puede abrir las puertas para la utilización de las técnicas de la agricultura de precisión en este insecto.

### Parcela 1

En la tabla 18.5 se muestran los resultados de la comparación de los mapas de trips entre las fechas de muestreo, utilizando la prueba estadística bivariante de Cramér-von Mises. Otra comparación entre los diferentes mapas utilizada fue el índice  $I_m$  del SADIE; si los valores de este índice son mayores a 0, esto indica que no existe diferencia significativa entre los mapas comparados.

Se puede observar en la tabla 18.5 que los valores del índice  $I_m$  fueron mayores que 0 en todas las comparaciones, con estos resultados se determinó que es posible detectar una estabilidad espacio-temporal a corto plazo de las poblaciones de trips en los muestreos realizados. Dicha estabilidad obtenida en las comparaciones realizadas en los muestreos indica la fuerte asociación de los patrones espaciales que existió de un muestreo con otro, lo que sugiere que se careció de la formación de nuevos focos de infección de la plaga dentro de la parcela o fueron de menor importancia respecto a los puntos de infección ya establecidos.

Tabla 18.5. Comparación de mapas (Krigeados) con la prueba bivariable de Cramér-von Mises ( $\Psi$ ) para la parcela uno año 2020

Mapas comparados	$\psi$	Valor de p	Diferencia (5%)	$I_m$
Febrero 1 vs Febrero 2	0.38	0.61	No significativo	2.61
Febrero 2 vs Marzo 1	0.47	0.63	No significativo	1.23
Marzo 1 vs. Marzo 2	0.84	0.45	No significativo	0.67
Marzo 2 vs. Abril 1	0.56	0.38	No significativo	1.74
Abril 1 vs. Abril 2	0.91	0.52	No significativo	0.89
Abril 2 vs. Mayo 1	0.72	0.49	No significativo	2.37
Mayo 1 vs. Mayo 2	0.61	0.54	No significativo	1.06
Mayo 2 vs. Junio 1	0.78	0.59	No significativo	2.27
Junio 1 vs. Junio 2	0.88	0.39	No significativo	0.58
Junio 2 vs. Julio 1	0.77	0.51	No significativo	1.46
Julio 1 vs. Julio 2	0.62	0.47	No significativo	2.33
Julio 2 vs. Agosto 1	0.48	0.60	No significativo	1.55
Agosto 1 vs. Agosto 2	0.59	0.44	No significativo	3.19
Agosto 2 vs. Septiembre 1	0.35	0.38	No significativo	0.74
Septiembre 1 vs. Septiembre 2	0.57	0.62	No significativo	2.81
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.69	0.46	No significativo	1.37
Octubre 1 vs. Octubre 2	0.71	0.39	No significativo	0.63
Octubre 2 vs. Noviembre 1	0.82	0.42	No significativo	1.64
Noviembre 1 vs. Noviembre 2	0.85	0.43	No significativo	3.27
Noviembre 2 vs. Diciembre 1	0.76	0.54	No significativo	0.92
Diciembre 1 vs. Diciembre 2	0.43	0.58	No significativo	1.48

Nota: Valores de  $I_m > 0$  indican asociación espacial.

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

## Parcela 2

En la tabla 18.6 se muestran los resultados de la comparación de los mapas de trips entre las fechas de muestreo, utilizando la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises. Para llevar a cabo la comparación entre los diferentes mapas se utilizó el índice  $I_m$  del SADIE; si los valores de este índice son mayores que 0, esto indica que no existe diferencia significativa entre los mapas comparados, lo que nos indica que existe una estabilidad espacial.

En los resultados de la comparación de los mapas de trips entre fechas

de muestreo (tabla 18.6), se halló que para todas las comparaciones el índice  $I_m$  se tuvieron valores mayores a 0, con esto se determinó que no hay una diferencia significativa, por lo tanto, es posible determinar que existe una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de trips en la parcela dos.

Los valores del  $I_m$  del SADIE fueron mayores que 0, indicando que existió diferencia significativa o asociación espacial entre los mapas comparados de trips, por lo que fue posible detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo de las poblaciones del insecto entre las fechas comparadas de cada una de las parcelas.

Tabla 18.6. Comparación de mapas (Krigead) con la prueba bivariable de Cramér-von Mises ( $\psi$ ), para la parcela dos en el año 2020

Mapas comparados	$\psi$	Valor de p	Diferencia (5%)	$I_m$
Febrero 1 vs Febrero 2	0.44	0.86	No significativo	0.94
Febrero 2 vs Marzo 1	0.53	0.41	No significativo	1.28
Marzo 1 vs. Marzo 2	0.59	0.61	No significativo	3.50
Marzo 2 vs. Abril 1	0.76	0.49	No significativo	2.17
Abril 1 vs. Abril 2	0.68	0.58	No significativo	3.78
Abril 2 vs. Mayo 1	0.81	0.52	No significativo	2.44
Mayo 1 vs. Mayo 2	0.79	0.59	No significativo	3.36
Mayo 2 vs. Junio 1	0.52	0.44	No significativo	3.03
Junio 1 vs. Junio 2	0.73	0.45	No significativo	0.37
Junio 2 vs. Julio 1	0.61	0.39	No significativo	0.63
Julio 1 vs. Julio 2	0.47	0.62	No significativo	1.68
Julio 2 vs. Agosto 1	0.37	0.42	No significativo	0.48
Agosto 1 vs. Agosto 2	0.46	0.57	No significativo	2.87
Agosto 2 vs. Septiembre 1	0.71	0.54	No significativo	2.33
Septiembre 1 vs. Septiembre 2	0.57	0.48	No significativo	1.72
Septiembre 2 vs Octubre 1	0.80	0.53	No significativo	2.25
Octubre 1 vs. Octubre 2	0.63	0.60	No significativo	1.47
Octubre 2 vs. Noviembre 1	0.85	0.41	No significativo	2.99
Noviembre 1 vs. Noviembre 2	0.74	0.47	No significativo	2.64
Noviembre 2 vs. Diciembre 1	0.89	0.56	No significativo	1.90
Diciembre 1 vs. Diciembre 2	0.70	0.46	No significativo	0.72

Nota: Valores de  $I_m > 0$  indican asociación espacial.

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta Guadarrama (2020).

Los resultados con la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises, indican diferencia no significativa en la estabilidad espacial y temporal de corto plazo entre las fechas de muestreo para las dos parcelas, es decir, existió estabilidad espacial y temporal en las poblaciones de trips en las dos parcelas en cada muestreo analizado. Resultados similares fueron obtenidos por Ferguson et al. (2003) los cuales encontraron que las distribuciones de los adultos y larvas de *Ceutorhynchus assimilis* estaban asociados espacialmente, lo que indicó que existían una estabilidad espacio temporal. Ramírez y Porcayo (2008), encontraron valores de la prueba bivariable de Cramér-von Mises, tanto significativos como no significativos de la distribución espacial de huevecillos de *Jacobiasca lybica* en viñedos de regadío, lo cual indica que existe y no existe estabilidad espacio temporal en dicha distribución según la densidad de las poblaciones de la plaga. Solares et al. (2011) determinaron la estabilidad espacial de trips (*Insecta: Thysanoptera*), en dos huertas comerciales de aguacate en el estado de Michoacán, en sus 10 comparaciones hechas, por lo que pudo detectar una estabilidad espacio temporal a corto plazo del insecto entre las fechas comparadas.

## Conclusiones

El método del SADIE demostró ser eficaz para establecer el comportamiento espacial de las poblaciones de trips en el cultivo de aguacate. Los análisis con SADIE presentaron un patrón espacial agregado con las poblaciones distribuidas en varios centros de agregación dentro de las parcelas de estudio.

Los índices  $I_a$ ,  $J_a$  e  $I_m$  demostraron ser eficientes en la determinación de la estructura espacial de las poblaciones de trips en las huertas de aguacate.

Utilizando el krigeado se lograron establecer mapas de distribución espacial de los trips en el cultivo de aguacate en el municipio de Coatepec Harinas. Estado de México, lo que ayuda a establecer mejores métodos de control dirigidos.

Se logró detectar estabilidad espacial y temporal en las poblaciones de la plaga, lo que implica dar un mejor manejo al cultivo y determinar la zona de influencia de los trips.

## Referencias

- Blackshaw, R. P., y Vernon R. S. (2007). Spatial relationships between two Agriotes click-beetle species and wireworms in agricultural fields. *Agricultural and Forest Entomology*, 10(11). <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2007.00351.x>
- Esquivel, H. V., y Jasso G. Y. (2014). Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 923-935. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i6.879>
- Ferguson, W., Klukowski, Z., Walczak, B., Perry, J., Mugglestone, M., Clark, S., y Williams, I. (2003). The spatio-temporal distribution of adult Ceutorhynchus assimilis in a crop of winter oilseed rape in relation to the distribution of their larvae and that of the parasitoid Trichomalus perfectus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95, 161-171. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00654.x>
- Fernández, A., Griffiths, J., y Thomas, G. (2000). Density, Distribution and dispersal of the carabid beetle nebriabrevicollis in two adjacent cereal fields. *Annals of Applied Biology*, 137, 89-97. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00040.x>
- Fisher, J. B. (1989). Structure and development of surface deformations on avocado fruits. *HortScience*, 24(5), 841-844. [http://www.avocadosource.com/Journals/HortScience/HortSci\\_1989\\_24\\_PG\\_841-844.pdf](http://www.avocadosource.com/Journals/HortScience/HortSci_1989_24_PG_841-844.pdf)
- González-Dávila, L., Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., y Figueroa-Figueroa, D. K. (2024). Spatial Analysis Of Brown Spider Mite (*Oligonychus punicae* Hirst) Damage In Avocado Using Spatial Analysis By Distance Indices (SADIE). *Agrociencia*, 59(7), 1-14. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v58i6.3054>
- González, M., Ramírez, J. F., Acosta, A. D., y Figueroa, D. K. (2024). Distribución espacial de las poblaciones del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en el Estado de México, México. *Revista Colombiana De Entomología*, 50(2). <https://doi.org/10.25100/socolen.v50i2.13108>
- González, H., Sosa, C., González, M., y Valle de La Paz, A. (1998). Selección del color de trampas adhesivas para muestreo de trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). En *Avances de investigación, 1997* (pp. 209-210). Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados.
- González, H. H., Johansen, R., Gasca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran, F., y Valle, A. (2000). Plagas del aguacate. En D. Téliz (Coord.), *El Aguacate y su Manejo Integrado* (pp. 177-186). Ediciones Mundi Prensa.
- Holland, M., Winder, L., y Perry, J. (2000). The impact of dimethoate on spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Annals of Applied Biology*, 136, 93-105. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00013.x>
- Jiménez, A., López, M., González-Andújar J., Ocete, M., y Soria, F. (2008). Distribución espacial y mapeo de *Curculio elephas* Gyllenhal en encina (*Quercus ilex* L.). *Agrociencia*, XII(1), 35-43. <https://doi.org/10.31285/AGRO.12.743>
- Jiménez, R. A., Ramírez, J. F., Sánchez, J. R., Salgado, S. M. L., y Laguna, A. (2013). Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en tomate

- de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 183-192. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n2/v39n2a01.pdf>
- Korie, S., Perry, J. N., Mugglestone, M. A., Clark, S. J., Thomas, C. F. G., y Mohamad Roff, N. N. (2000). Spatiotemporal associations in beetle and virus count data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 5(2), 214-219. <https://doi.org/10.2307/1400532>
- Perry, J. (1995a). Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. En D. M. Glen, M. A. Greaves, H. M. Anderson (Eds.), *Ecology and Integrated Farming Systems* (pp. 221-242). Chichester.
- Perry, J. (1995b). Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 64, 303-314. <https://doi.org/10.2307/5892>
- Perry, J. N. (1998). Measures of Spatial Pattern and Spatial Association for counts of insects. *Population and Community Ecology for Insect. Management and Conservation* (pp. 21-33). (Eds. B. y J. Baumgartner, P. Brandmayr y B. F. J. Manly).
- Perry, J. N., y Hewitt, M. (1991). A new index of aggregation for animal counts. *Biometrics*, 47, 1505-1518. <https://doi.org/10.2307/2532402>
- Perry, J., Bell, E., Smith, R., y Woiwod, I. (1996). SADIE. Software to measure and model spatial pattern. *Aspects of Applied Biology*, 46, 95-102.
- Perry, N., y Klukowsky, Z. (1997). Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. En *VI Conferencia de la sociedad de biometría. Córdoba, España* (pp. 103-108).
- Quiñones, R., Sánchez, J., Pedraza, A., Castañeda, A., Gutierrez, A., y Ramírez, J. F. (2015). Análisis espacial de Thrips spp. (Thysanoptera) en el cultivo de gladiolo en la región sureste del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 40, 397-408. <https://doi.org/10.3958/059.040.0213>
- Ramírez, J. F., Porcayo, E., y Sánchez, J. R. (2013). Modelización de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. (Solanales: Solanaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 13-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837655026>
- Ramírez, J. F., y Porcayo, E. (2008). Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo de Andalucía, España. *Revista Colombiana de Entomología*, 34, 169-175. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882008000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882008000200006)
- Ramírez, J. F., Porcayo, E., y Mejía, O. (2010). Comportamiento espacial de larvas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en Andalucía, España modelización y mapeo. *Avances en Investigación Agropecuaria*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83715746004>
- Samper, F., y Carrera, J. (1996). *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología subterránea* (2ª ed.). Centro Internacional de Métodos en Ingeniería.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Sagarpa. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (consulta: 25 de febrero 2023)
- Solares, V., Ramírez, J. F., y Sánchez, J. R. (2011). Distribución espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Boletín del Museo*

- de Entomología de la Universidad del Valle*, 12(2), 1-12. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68718/ARTICULOROBERTO2.pdf?sequence=1>
- Winder, L., Perry, J., y Holland, J. (1999). The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobionavenae* in winter wheat. *Entomología Experimentalis et Applicata*, 93, 227-290.