

Dinámica Espacio-Temporal de la Roña (*Elsinoe perseae*), el Daño Asociado a Trips y Antracnosis (*Glomerella cingulata*) del Aguacate en Michoacán, México

Graciela Dolores Ávila-Quezada, Daniel Téliz-Ortiz, Héctor González-Hernández, Colegio de Postgraduados (CP), Instituto de Fitosanidad, km 35.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo de México CP 56230; Humberto Vaquera-Huerta, CP, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática; Leonardo Tijerina-Chávez, CP, Instituto de Recursos Naturales; Roberto Johansen-Naime y Aurea Mojica-Guzmán, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Apdo. Postal 70-153, México, D.F. CP 04510. Correspondencia: gavilaq@cascabel.ciad.mx, dteliz@colpos.mx, hgzzhdz@colpos.mx

(Recibido: Noviembre 27, 2001 Aceptado: Febrero 22, 2002)

Resumen.

Ávila-Quezada, G.D., Téliz-Ortiz, D., González-Hernández, H., Vaquera-Huerta, H., Tijerina-Chávez, L., Johansen-Naime, R. y Mojica-Guzmán, A. 2002. Dinámica espacio-temporal de la roña (*Elsinoe perseae*), el daño asociado a trips y antracnosis (*Glomerella cingulata*) del aguacate en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 20:77-87.

La dinámica espacial y temporal de los patosistemas del aguacate (*Persea americana*), *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*), *Elsinoe perseae* (*Sphaceloma perseae*), y el daño asociado a trips se estudió en Tancitaro, Michoacán, México, de enero a diciembre de 2000, por medio de índices de dispersión, autocorrelación espacial y mapas geoestadísticos. Las enfermedades y el daño se estudiaron en 60 frutos de la parte baja de 60 árboles en una huerta de aguacate Hass. El bloque experimental se dividió en 2, 5, 10 y 20 cuadrantes contiguos mediante una modificación al método de Greig-Smith, con los cuales se identificó la desviación de aleatoriedad usando índices de dispersión. Nuevos focos se desarrollaron cerca de los primeros, mostrando de esta forma un patrón agregado; estos focos se aleatorizaron en la fase media y final del progreso de las enfermedades y del daño por trips. Autocorrelación espacial significativa con elementos contiguos y discontinuos se presentó dentro de hileras, y a través de hileras en diferentes etapas de cada epidemia. Las tasas de infección aparente de las enfermedades y del daño, se obtuvieron a partir del modelo Weibull. La antracnosis se presentó en las últimas etapas fenológicas del fruto y continuó progresando hasta la última fecha de evaluación. El mayor incremento de severidad por roña coincidió con la mayor tasa de incidencia del daño por trips en frutos jóvenes de aguacate; conforme éstos maduraron, la roña y el daño por trips no progresaron. Los géneros de trips encontrados con mayor frecuencia fueron *Scirtothrips* y *Frankliniella*.

Palabras clave adicionales: epidemiología, autocorrelación, Tisanóptera.

Abstract. The spatial and temporal dynamics of the pathosystems of avocado (*Persea americana*), *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*), and *Elsinoe perseae* (*Sphaceloma perseae*), and the damage associated to trips were studied in Tancitaro, Michoacan, Mexico, from January to December, 2000, using indices of dispersion, spatial autocorrelation lags and geostatistical maps. The diseases and damage by trips were studied in an avocado Hass grove, in 60 fruits of the lower part of 60 trees. The experimental block was divided into 2, 5, 10 and 20 contiguous quadrats by the Greig-Smith method, with a modification; with these quadrats, the randomness deviation was identified using the indices of dispersion. New foci appeared near the primary ones, showing an aggregated pattern; these foci were at random in the middle and final phase of the disease progress and the damage by trips. Spatial autocorrelation lags with significant contiguous and noncontiguous elements were present into and through rows at different phases of each epidemic. Rates of aparent disease infection and damage by trips were calculated by Weibull model. Anthracnose appeared in the last phenological stages of the fruit, and progressed until the last date of the assessment. The greater the rate of incidence of trips damage in young avocado fruits, the greater the increase of scab severity: as fruits ripen, scab and damage by trips stopped. *Scirtothrips* and *Frankliniella* were the genera of trips more frequently found.

Additional keywords: Epidemiology, autocorrelation, Thysanoptera.

La roña causada por *Elsinoe perseae* (*Sphaceloma perseae*),

la antracnosis por *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*), y el daño por trips (*Thysanoptera*) son algunos de los problemas fitosanitarios más importantes del fruto de aguacate (*Persea americana*), en Michoacán, México. Los síntomas de roña y el daño por trips se presentan en los primeros estados de desarrollo del fruto (Ascención, 2000; González-Hernández *et al.*, 1999; Fisher and Davenport, 1989), y podrían estar asociados, ya que el trips rompe la epidermis del fruto con su aparato bucal (González-Hernández *et al.*, 1999; Ascención-Betanzos *et al.*, 1999). Por otra parte, la antracnosis generalmente inicia en las últimas etapas fenológicas del fruto y ocasiona pérdidas en campo y poscosecha (Ortíz, 1998; Bailey and Jeger, 1992), además de generar serios problemas en la exportación del fruto (Téliz *et al.*, 2000; Marroquín, 2000). Estas enfermedades y los trips se controlan comúnmente con aplicaciones continuas de agroquímicos, sin previo conocimiento de la epidemiología de los patosistemas, lo que afecta negativamente el ambiente y la economía del productor. En lo que respecta a roña, antracnosis y daño por trips en aguacate, pocos trabajos epidemiológicos han descrito el progreso temporal en Michoacán, tales como exploraciones gráficas (Marroquín, 1998), y algunos modelos de predicción (Espinoza, 1998; Morales, 2000; Vidales *et al.*, 1999); sin embargo, no se conoce el comportamiento espacial y daño que presentan estas enfermedades. El estudio de la distribución espacio-temporal proporciona los fundamentos de la dinámica de las enfermedades a través del tiempo (Campbell and Madden, 1990); y la autocorrelación espacial, permite determinar la intensidad y dirección de la agregación (Gottwald *et al.*, 1989, 1992). El objetivo de este trabajo fue realizar estudios comparativos de los patosistemas, que permitieran conocer el tiempo de inicio de las enfermedades y el daño, el tipo de patrón espacial, la intensidad y dirección de los focus; con la finalidad de crear bases para un manejo eficiente de éstos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental. El patrón espacio-temporal de la roña, el daño por trips y antracnosis se determinó en frutos de aguacate cv. Hass en el huerto El Cerrito en Tancítaro, Michoacán, ubicado a 2110 msnm, entre 77 93 66 y 21 39 171 UTM (cuadrícula universal transversa de mercator). Los árboles de 18 a 20 años están distribuidos a una distancia de 10 m entre hileras y entre árboles. Las hileras estuvieron orientadas de NO-SE y los árboles dentro de la hilera de SO-NE.

Medición de la enfermedad. Doce evaluaciones mensuales se realizaron durante el año 2000, abarcando todas las etapas fenológicas del fruto (Cuadro 1). La severidad de roña y la incidencia de trips de abril no fue posible evaluarlas, por lo que se extrapoló con el valor de marzo (cero) y mayo. Dentro de la huerta, se escogió un bloque de 60 x 100 m (una matriz de 6 x 10 árboles). Quince frutos (desde el amarre) se escogieron por cada punto cardinal en la parte baja de cada árbol (1 a 3 m); se evaluaron en total 60 frutos por árbol. La

Cuadro 1. Etapas fenológicas de frutos de aguacate Hass determinadas de acuerdo al tamaño del fruto. Michoacán, México, 2000.

Etapa fenológica	Tamaño (mm)	
	Ancho	Largo
1	3-7	4-10
2	8-19	11-23
3	20-29	24-39
4	30-49	40-66
5	50-70 verde claro	67-82
6	> 70 verde oscuro	> 82
7	> 70 negro	> 82

severidad (proporción de tejido enfermo en el fruto) de roña y antracnosis se evaluó en ambas caras de los frutos, mediante escalas logarítmicas diagramáticas de severidad para cada enfermedad (Ávila-Quezada *et al.*, 2001), haciendo interpolación entre clases para precisar más las mediciones. La severidad se midió en ambas caras del fruto y se promedió, así como la severidad del total de frutos dentro de cada árbol. La incidencia del daño por trips se determinó contando el número de frutos por árbol con al menos una protuberancia

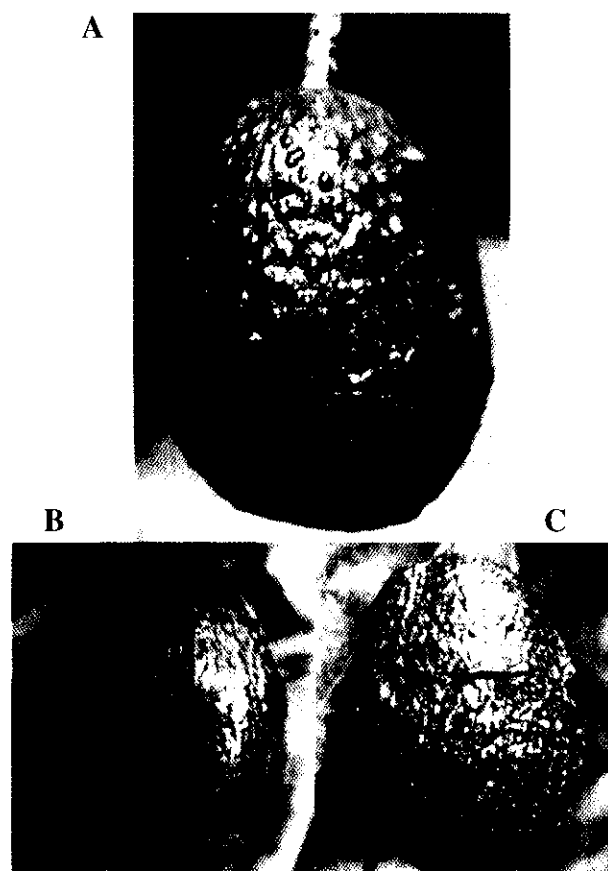


Fig. 1. Síntomas de antracnosis (A), roña (B) y daño por trips (C) en aguacate Hass.

(Fig. 1).

Fluctuación poblacional de especies de trips. Los trips se muestrearon mensualmente, de marzo a diciembre, a partir de frutos jóvenes y brotes foliares y florales de 20 cm de longitud. Cada muestreo se realizó en la parte baja de 18 árboles seleccionados al azar dentro del bloque experimental, con una solución a base de agua y suavizantes catiónicos (Suavitel) en proporción 10:1, mediante un atomizador de 500 mL. En abril no se realizó colecta de trips. Los insectos se conservaron en alcohol al 70% en tubos para microcentrífuga de 1.3 mL. Posteriormente se montaron e identificaron.

Progreso temporal. El progreso temporal se determinó a intervalos mensuales. La incidencia del daño por trips y la severidad media mensual de las enfermedades por árbol, se ajustaron al modelo de Weibull ($Y = 1 - \exp[-(t/b)^{c*}]$) para determinar tasas del progreso de la enfermedad (b^{-1}); donde t = tiempo (mensual), c = forma de la curva y b = inverso del parámetro de tasa, mediante el programa SAS. Correlaciones de Pearson (r) se realizaron para cada patosistema con las variables asociadas. Además, se generaron modelos para las enfermedades y el daño por trips.

Progreso espacio-temporal. El bloque experimental se dividió en 60 cuadrantes contiguos, cada cuadrante representado por un árbol. El patrón espacial se determinó a intervalos mensuales mediante los índices de dispersión de Morisita ($I\delta$) y Lloyd (LIP), con los porcentajes de severidad de las enfermedades y de incidencia del daño por trips:

$$I\delta = \frac{n[\sum (x^2) - \sum x]}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

donde, x es la cuenta en cada muestra (cuadrante), n es el número total de cuadrantes en que se dividió el área (Morisita, 1959);

$$LIP = \frac{\mu + [S^2/\mu - 1]}{\mu}$$

donde, LIP son las siglas en inglés del índice de Lloyd, S^2 es la varianza y μ es la media. La determinación de índices de dispersión se calculó con base en el tamaño óptimo de cuadrante con una modificación del método Greig-Smith, el cual se obtuvo dividiendo el bloque en 60, 20, 10, 5, 2 y 1 cuadrantes contiguos de 1, 3, 6, 12, 30 y 60 árboles, respectivamente. Greig-Smith propuso una división del área de estudio en cuadrantes productos de dos, es decir, 2, 4, 8, 16, etc. (Campbell and Madden, 1990); sin embargo, en este trabajo se modificaron los tamaños de cuadrantes con la finalidad de que todos los datos fueran considerados en el bloque. Mapas geotopográficos se generaron con el programa Surfer ver 6.04 mediante el método Kriging. La intensidad y dirección de agregación de la enfermedad, y el daño se determinó mediante un análisis de autocorrelación espacial LCOR2 ver 1.3.

Datos meteorológicos. Los datos de viento, temperatura y humedad relativa se registraron en una estación meteorológica GroWeather establecida dentro del huerto. Los registros se realizaron cada 30 min. A partir de estos datos se determinaron promedios mensuales. Los datos de los meses de marzo y abril se perdieron por una falla en la estación meteorológica. Los datos que se presentan de estos dos meses se tomaron en una estación meteorológica a 7 km del área experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Roña.

Estudio temporal. La enfermedad se presentó en los primeros estados fenológicos del fruto (1-3) desde marzo hasta julio, alcanzando una incidencia de 98% en sólo tres meses con una tasa de severidad $b^{-1} = 0.019$. La severidad presentó su mayor incremento entre mayo y junio, coincidiendo con las etapas fenológicas 2 y 3, y paralelamente con el descenso de la humedad relativa media mensual (de 60 en febrero a 30% en abril) ($r = -0.9$). Estos resultados difieren con trabajos realizados en aguacate en Michoacán (Marroquín, 1998; Morales, 2000), donde se menciona que la roña progresó en condiciones de humedad relativa entre 80 y 100%. Gráficamente, un mes después de que aumentó la velocidad del viento (hasta 3.7 km/h) apareció por primera vez la enfermedad ($r = 0.96$), esto tal vez se debe a que a mayor velocidad del viento la capa de frontera se adelgaza; según Rosenberg (1974) y Coombs *et al.* (1985), cuando dicha capa se adelgaza, la resistencia al transporte de cualquier ente contenido en el aire disminuye, por lo tanto, es probable que este hecho favoreció la entrada del patógeno y el establecimiento de los trips sobre el fruto. También se observó una correlación entre la aparición de la enfermedad y el aumento en la temperatura ($r = 0.99$). Una tendencia clara se observó entre el inicio de la roña y el inicio del daño por trips (Figs. 2a y b). Estos factores climáticos son favorables para el insecto (Fig. 2f y Fig. 5) y las heridas provocadas podrían facilitar la entrada del hongo. Este fenómeno biológico se explica a través del siguiente modelo:

$$\text{Roña (\% sev.)} = \frac{1.3}{1 + e^{18.57 - 0.2132(\text{Inc. del daño por trips (\%))}} \quad R^2 = 0.99$$

Estudio espacio-temporal. De una manera similar a la antracnosis, la roña también se presentó en agregados (LIP y $I\delta = 1.1$ a 1.5) al inicio de la epidemia. La intensidad de agregación fue disminuyendo conforme incrementó la severidad hasta aleatorizarse (LIP y $I\delta = 1.0$) (Cuadro 2). La proximidad de patrones con autocorrelaciones significativas ($p = 0.05$) que se presentó en abril y mayo (Fig. 3A), coincide con la mayor agregación (Cuadro 2). En abril se presentó dependencia espacial de árboles enfermos de manera discontinua a 20, 30, 50 y 70 m, a partir de un foco o árbol enfermo. En mayo se presentaron patrones de proximidad a 20, 30 y 50 m de distancia de un árbol enfermo. Probablemente porque los conidios de este hongo se

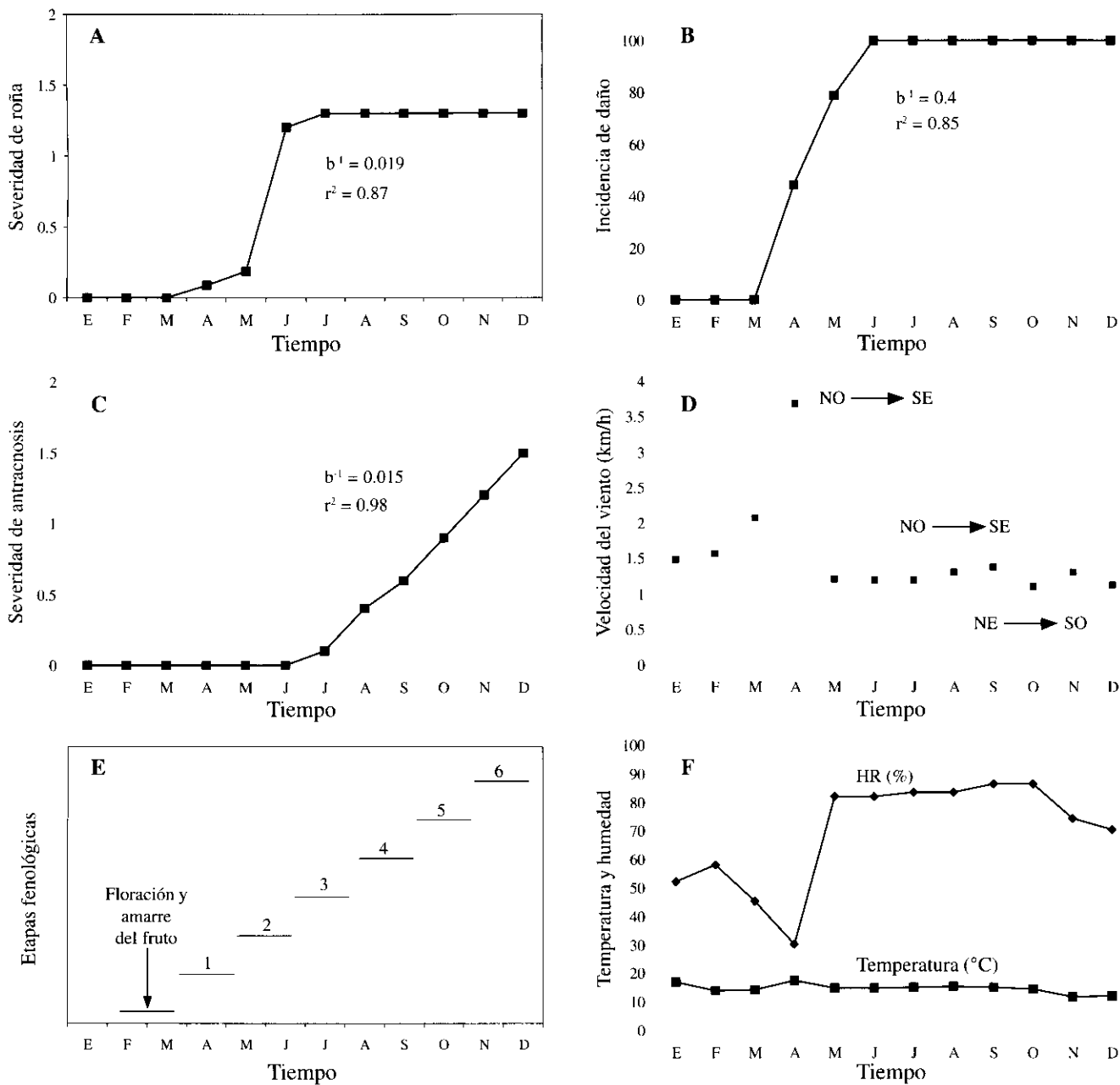


Fig. 2. Progreso temporal de la severidad de la roña (A), incidencia del daño por trips (B), y antracnosis (C) en frutos de aguacate Hass, velocidad y dirección del viento (D), etapas fenológicas del fruto (E), y temperatura y humedad relativa (F). Michoacán, México, 2000.

diseminan por el viento a distancias cortas (Timmer and Duncan, 1999); se presentaron autocorrelaciones significativas con árboles discontinuos a diferentes distancias hasta 70 m. Al final de la epidemia (junio y julio) no se presentó dependencia espacial. Se encontraron frutos caídos en estado de descomposición debajo de los árboles, lo que podría estar influyendo en la diseminación de las enfermedades. Tal vez estos frutos en descomposición tengan mayor influencia como focos de infección que los arboles discontinuos con frutos enfermos. Los mapas geotopográficos

mostraron que los primeros focos iniciaron en la parte sur del bloque (Fig. 4A), posteriormente se diseminaron en dirección norte, no coincidiendo con la dirección del viento en esta fecha, la cual fue noroeste a sureste, aunque la enfermedad se presentó después de un incremento en la velocidad del viento, y de la temperatura, así como un descenso en la humedad relativa (hasta 40%) (Fig. 2). Nuevos focos bien definidos aparecieron, los cuales coalescieron con el tiempo (Fig. 4A).

Trips.

Cuadro 2. Tipo de patrón espacial de acuerdo a los índices de Morisita (Ig) y Lloyd (LIP) con medias de severidad por roña y antracnosis, y ocurrencia del daño por trips en frutos de aguacate Hass, Tancítaro, Michoacán, México, 2000.

Mes	Roña				Daño por trips				Antracnosis			
	T.O.C. ¹	Ig	LIP	Patrón ²	T.O.C.	Ig	LIP	Patrón	T.O.C.	Ig	LIP	Patrón
M	---	---	---	---								
A	2(30)	1.2	1.5	Ag	5(12)	1.2	1.3	Ag	---	---	---	---
M	2(30)	1.2	1.5	Ag	5(12)	1.1	1.1	Ag	---	---	---	---
J	10(6)	1.1	1.1	Ag	5(12)	1.0	1.0	Az	5(12)	5	5.5	Ag
J	2(30)	1.0	1.0	Az	5(12)	1.0	1.0	Az	5(12)	5	5.9	Ag
A					5(12)	1.0	1.0	Az	5(12)	1.0	1.0	Az
S									5(12)	1.0	1.0	Az
O									2(30)	1.0	1.0	Az
N									10(6)	1.0	1.0	Az
D									20(3)	1.1	1.1	Ag

¹Tamaño óptimo del cuadrante, estimado mediante el método de Greig-Smith. El número en paréntesis indica el número de árboles en el cuadrante, ej.: 5 (12), 12 árboles en cada uno de los cinco cuadrantes.

²Patrón de distribución espacial Ag = agregado, Az = azar, de acuerdo a los índices de dispersión.

Estudio temporal. Paralelo al síntoma de roña, el daño asociado al trips inició en abril. En marzo, aún no se observaron daños por trips en el fruto ni síntomas de roña. La ocurrencia del daño progresó con el tiempo hasta junio, con una tasa de intensidad de $b^{-1} = 0.4$ (Fig. 2). Este valor indicó un progreso acelerado del daño del 40% de incremento mensual. El inicio del daño coincidió con un incremento de la temperatura en marzo de 15 a 20°C en abril ($r = 0.99$), y con un descenso marcado de la humedad relativa de 60 en febrero hasta 32% en abril ($r = -0.9$), esta última fue la humedad más baja del año. Esto concuerda con lo que encontraron Ascención (2000), Kirk (1997) y González-Hernández *et al.* (1999), respecto a que la época con mayor temperatura y más seca del año favorece la abundancia de trips en aguacate. Este progreso del daño por trips, también coincidió con el mayor incremento en la velocidad del viento ($r = 0.96$) que se presentó de marzo a abril, lo cual sigue el mismo principio que mencionan Rosenberg (1974) y Coombs *et al.* (1985), de que a mayor turbulencia se adelgaza la capa de frontera y el órgano vegetal pierde protección. Las etapas fenológicas del fruto más afectadas fueron las iniciales, 1 a 3 (Fig. 2e), lo cual también concuerda con lo señalado por Ascención (2000), González-Hernández *et al.* (1999), González-Hernández *et al.* (2000), Johansen *et al.* (1999) y Ascención-Betanzos *et al.* (1999), quienes mencionan que el fruto es más susceptible a ser afectado por trips en los primeros estados fenológicos, debido a la preferencia del insecto de alimentarse de fruto muy joven. Aunque en marzo no se observó daño por trips, en este mes hay una mayor actividad de estos insectos, ya que se alimentan de flores y frutos pequeños. El daño o crestas se observó aproximadamente un mes después de trips pudieron haberse alimentado de los frutos (Fig. 5). Se identificaron 569 individuos de trips procedentes del mismo huerto, de muestreos realizados de marzo hasta diciembre, donde se

encontraron los géneros *Scirtothrips* y *Frankliniella*; especies de estos géneros se han reportado afectando frutos de aguacate en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (Ascención, 2000; González-Hernández *et al.*, 1999). Las crestas o protuberancias se observaron aproximadamente un mes después de que el insecto se alimentó de los frutos, por lo que se infiere que los trips detectados en marzo fueron responsables del daño que apareció en abril (Fig. 5). Se observó una tendencia clara de las poblaciones de trips a disminuir cuando aumentó la humedad relativa cerca del 80% ($r = -0.9$) (Fig. 2f y Fig. 5). El daño por trips estuvo correlacionado con los síntomas de roña ($r = 0.87$) durante el progreso de ambos.

Estudio espacio-temporal. De una manera similar a las epidemias de roña y antracnosis, los daños causados por trips presentaron un patrón agregado ($Ig = 1.2$; $LIP = 1.3$) al inicio del muestreo (Cuadro 2). El TOC fue constante, 12 árboles en cada uno de los cinco cuadrantes, lo que significa que en un cuadrante con 12 árboles, es posible identificar el tipo de patrón espacial que presentó el daño por trips; en abril y mayo fue agregado y de junio a agosto al azar. Los mapas geotopográficos (Fig. 4B) también mostraron agregados de árboles con frutos dañados al inicio del muestreo, y conforme pasó el tiempo los focos coalescieron y se alcatizó el patrón de distribución. El daño por trips apareció previo al síntoma de roña, ya que se observó un mayor número de focos del daño por trips que de síntomas de roña en abril (Figs. 4A y B). Autocorrelaciones significativas del daño se presentaron en todos los meses en dirección sureste a noroeste, noreste a suroeste y en diagonal este a oeste, hasta 50, 60 y 100 m, sin dañar al árbol contiguo. La autocorrelación significativa $p = 0.05$ y 0.01 , con elementos no contiguos de árboles con frutos dañados pudo deberse al hábito gregario de los trips (Terry, 1995). Debido a que los mismos árboles sirven como barrera, la dirección de la autocorrelación espacial varió, y no siempre

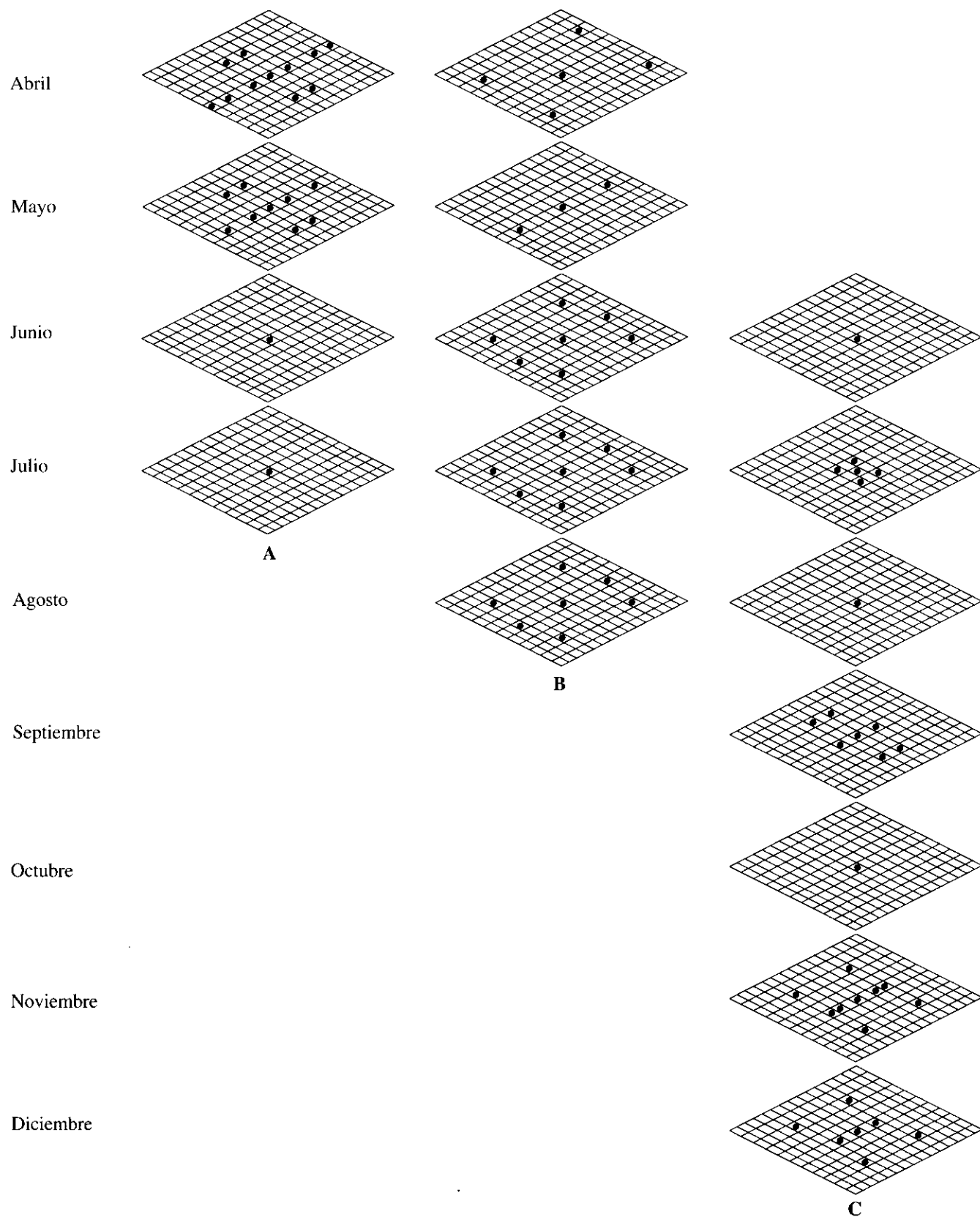


Fig. 3. Patrones de proximidad de árboles de aguacate Hass con frutos enfermos por roña (A), daño por trips (B) y antracnosis (C), determinados mediante análisis de autocorrelación espacial en el huerto El Cerrito en Tancítaro, Michoacán, México, 2000. Los cuadros negros significan autocorrelaciones significativas ($p = 0.05$ y 0.01) en dirección NE-SO y SE-NO.

estuvo relacionada con la dirección del viento (Figs. 2d y 3B).

Antracnosis

Estudio temporal. La epidemia se presentó de julio a diciembre en frutos grandes tamaño 3 hasta 6 (Cuadro 1), con una tasa de intensidad de la enfermedad de $b^{-1} = 0.015$

(Fig. 2C), lo que es un incremento mensual de 1.5%. El tamaño del fruto fue condicional para que se presentara la enfermedad, el hongo no afectó a frutos jóvenes, coincidiendo estos resultados con los reportados en trabajos anteriores realizados en Michoacán (Morales, 2000). En este caso, el escape del fruto joven a la infección se pudo deber al

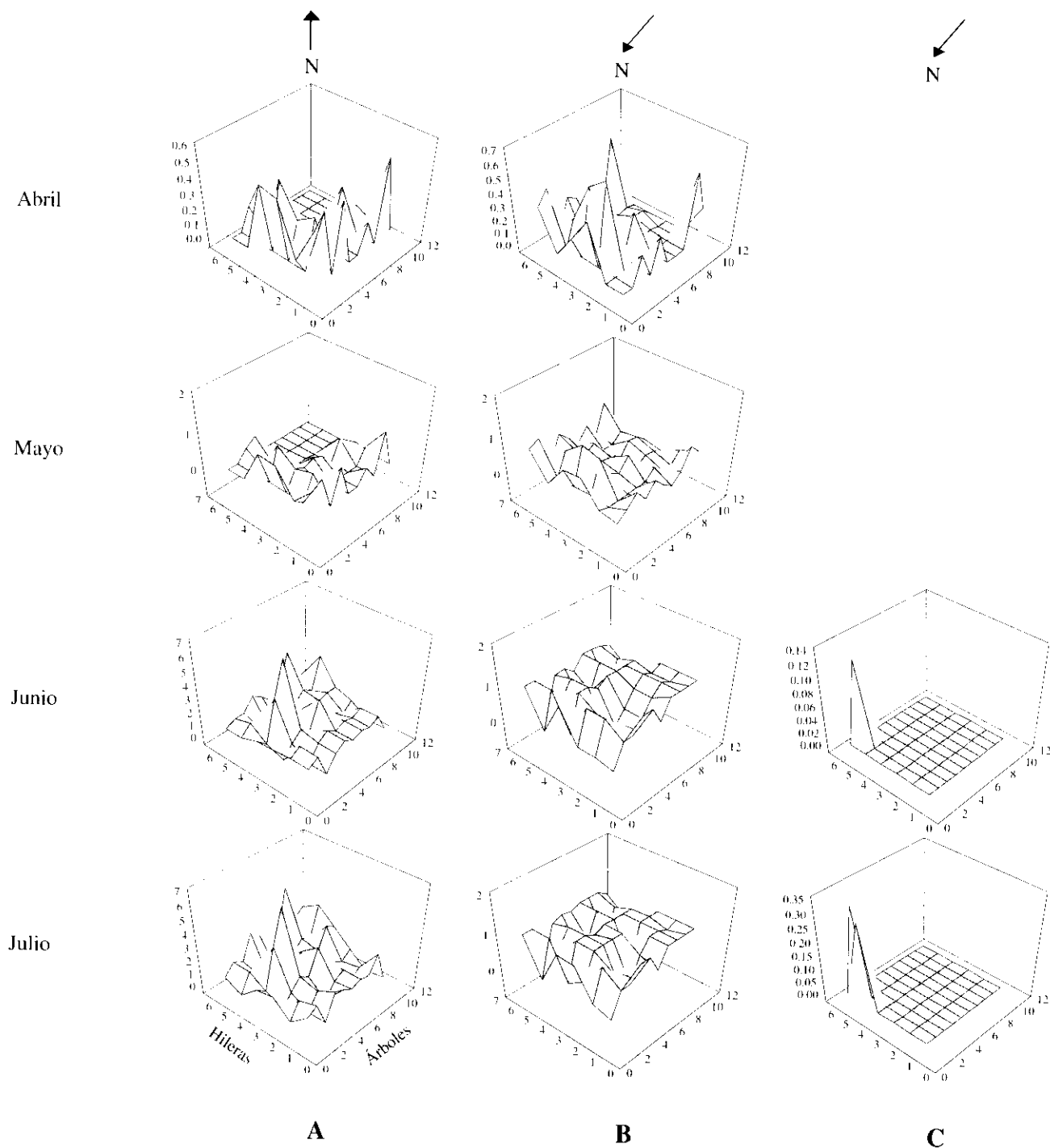


Fig. 4. Mapas geoestadísticos tridimensionales indicando la aparición de focos de roña (A), daño por trips (B) y antracnosis (C) en frutos de aguacate Hass en el huerto El Cerrito en Tancitaro, Michoacán, México, 2000.

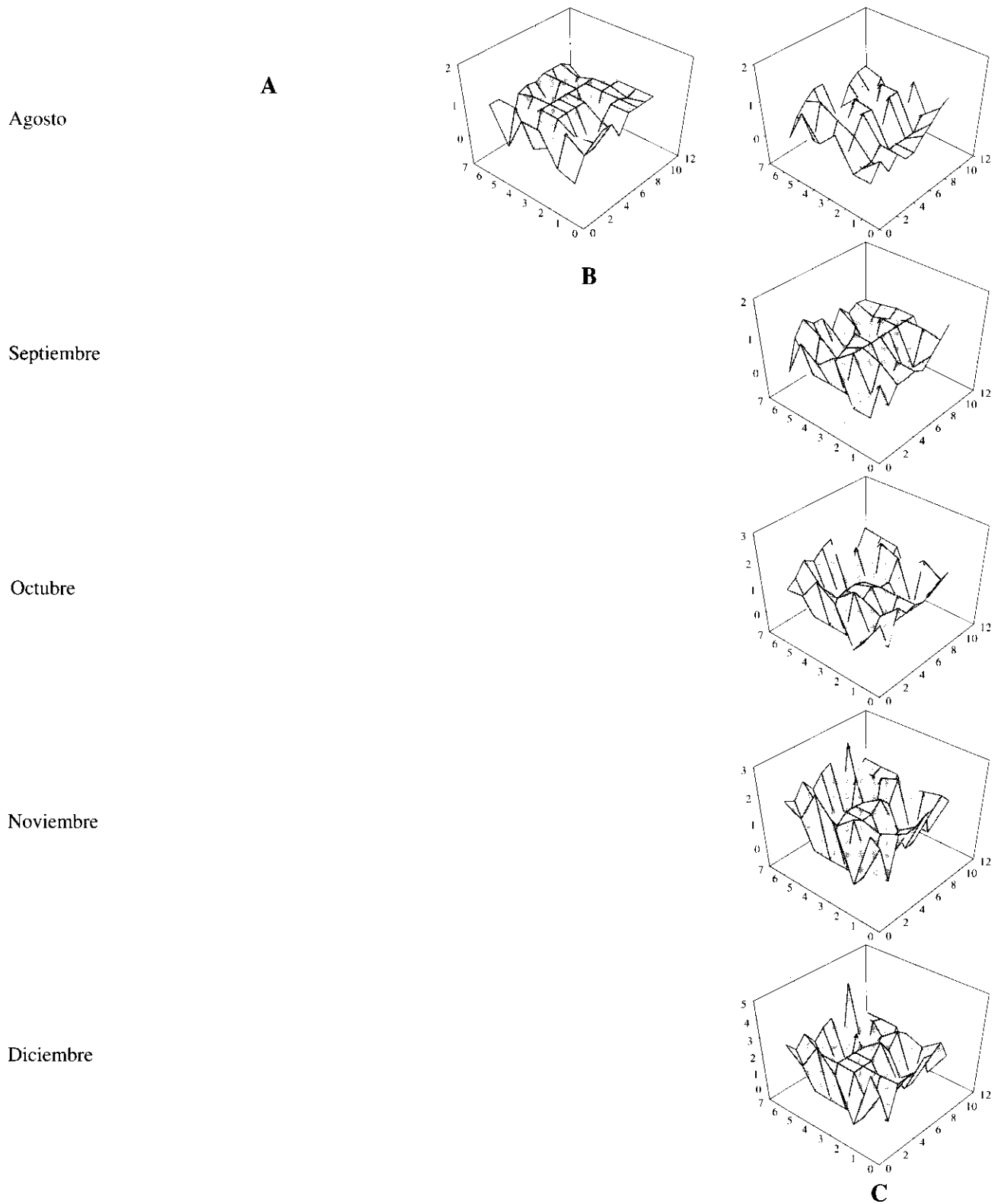


Fig. 4. Continuación.

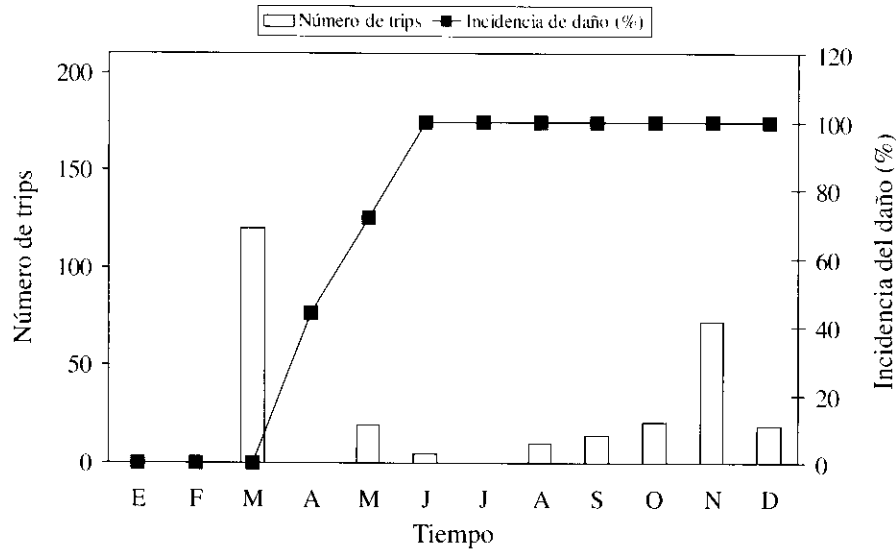


Fig. 5. Incidencia de daño por trips y número de trips conectados en el huerto "El Cerrito" en Tancítaro, Michoacán, México.

compuesto antifungal (dieno) que se produce en el pericarpio del fruto inmaduro (Prusky *et al.*, 1982; Bailey and Jeger, 1992; Beno-Moualem and Prusky, 2000). De acuerdo con Prusky *et al.* (1983), a medida que el fruto madura, el nivel de producción de dienol decrece e incrementa la susceptibilidad al hongo. Por otro lado, el mayor incremento de la enfermedad se observó entre julio y agosto, después de que el fruto fue dañado por tres granizadas que se presentaron los últimos días de julio y el primer día de agosto (Fig. 2C). Las heridas causadas por el granizo pudieron facilitar la colonización del patógeno sobre el fruto. Debido a la agresividad de este hongo (Bailey and Jeger, 1992) aparecieron rápidamente los síntomas de antracnosis sobre el fruto. La enfermedad apareció aproximadamente 30 días después de que la humedad relativa media mensual fue mayor de 80% ($r = 0.87$), y se puede expresar con el siguiente modelo:

$$\text{Antracnosis (\% sev)} = \frac{1.8}{1 + e^{-7.738 + (-0.9457)X + (0.01568)Y}} \quad R^2 = 0.98$$

donde, X es el tiempo (mensual) y Y la humedad relativa en por ciento. Estos resultados coinciden con lo reportado previamente en Michoacán por Morales (2000) y Vidales *et al.* (1997), quienes mencionan que la humedad relativa de 85 a 90% favorece la esporulación de este hongo; sin embargo, en noviembre la humedad fue menor del 80% y la epidemia continuó progresando (Figs. 2c y f). En este trabajo se encontró que la enfermedad inició en condiciones de temperatura media mensual de 10 a 20°C ($r = 0.98$). La velocidad del viento durante esta epidemia (junio-diciembre) fue aparentemente constante, por lo que parece no haber influido en la aparición y progreso de la enfermedad ($r =$

0.47).

Estudio espacio-temporal. La mayor agregación ($I\delta = 5.0$ a 5.9) se presentó al inicio de la epidemia (junio y julio) en frutos de la etapa 3. El patrón de dispersión se aleatorizó a partir de agosto, aunque en la última fecha de evaluación (diciembre) se presentó un patrón agregado de baja intensidad ($I\delta$ y $LIP = 1.1$) (Cuadro 2). La agregación fue inversamente proporcional al progreso de la enfermedad, a mayor severidad menor agregación. El tamaño óptimo de cuadrante (TOC) que se presentó con mayor regularidad fue de 12 árboles (2×6), lo que indica que con este número de árboles muestreados, es posible identificar el patrón de dispersión. Se presentaron autocorrelaciones significativas ($p = 0.01$ y 0.05) en dirección SE-NO y E-O, en árboles dentro de la hilera y en forma diagonal hasta una tercera hilera (Fig. 3C). La mayor autocorrelación espacial con elementos significativos se presentó en noviembre, mientras que la mayor dependencia espacial se presentó en las últimas etapas de la epidemia, con índices de dispersión que indicaron aleatorización. Los patrones de proximidad se presentaron en diferentes fechas, en julio, septiembre, noviembre y diciembre; esto no mostró una continuidad. En estudios espaciales con otros patosistemas (Gottwald *et al.*, 1992), se observó que la dependencia espacial no siempre mostró continuidad a través del tiempo. Con base en lo anterior, la enfermedad en esta localidad, a partir de un árbol con frutos enfermos, podría infectar a otro que se encuentre a 20 ó 30 m de distancia en dirección SE-NO, sin que infecte al árbol contiguo y al árbol en el lugar tres en diagonal en la dirección E-O, en la última etapa de la epidemia (noviembre y diciembre) (Fig. 3C). Sin embargo, se observó un gran número de frutos (hasta 80) en estado de descomposición debajo de un sólo árbol, los cuales pudieran representar una fuente de inóculo y servir de

contagio hacia el árbol bajo el que se encuentran, sin tener el patógeno que recorrer una distancia de 20 ó 30 m. Por lo anterior, se sugiere para futuros estudios de distribución espacial, mantener el bloque experimental libre de posibles fuentes de inóculo controlables para evitar confusión. De acuerdo a los mapas geoestadísticos interpolativos (Fig. 4C), en junio inició la enfermedad con un foco en la parte noreste del huerto, el cual se diseminó hasta agosto, aunque de junio a julio el foco se expandió ligeramente hacia el norte del bloque, coincidiendo con la autocorrelación espacial significativa en julio (Fig. 3C), debido a la dependencia espacial entre árboles enfermos y con la mayor agregación de la enfermedad (LIP = 5.9) (Cuadro 2). Nuevos focos distribuidos de manera aleatoria en el bloque experimental se presentaron a partir de agosto. De agosto a septiembre aparecieron nuevos focos, los cuales coalescieron al pasar el tiempo. No se observó con claridad la dirección que siguieron los focos a partir del de julio, ya que entre julio y agosto se disparó la enfermedad. Si el fruto ha sido herido principalmente por granizo, se recomienda realizar una aplicación con fungicidas lo más pronto posible para impedir el desarrollo de la antracnosis, especialmente cuando el fruto está en la etapa 3 o más adelantado. En el caso de roña, es recomendable proteger el fruto joven, después de un incremento en la velocidad del viento y un descenso de la precipitación o humedad relativa, ya que estas condiciones son favorables para los trips. Para controlar la roña y el daño por trips es recomendable realizar aplicaciones preventivas desde la floración. Se recomienda mantener limpio el terreno, eliminando los frutos que caen al suelo y que pueden servir como fuentes de inóculo.

CONCLUSIONES

Loña, daño por trips y antracnosis se presentaron en forma de agregados al inicio de su aparición y conforme pasó el tiempo, el patrón de distribución se aleatorizó.

La agregación fue inversamente proporcional al progreso de las enfermedades y al daño por trips, es decir, a mayor intensidad, menor agregación.

Los tres patosistemas mostraron diferentes patrones de proximidad; en general, la antracnosis mostró autocorrelación al final de la epidemia, la roña al inicio de la enfermedad, y el daño por trips presentó autocorrelación significativa todos los meses.

Los síntomas de roña se presentaron en forma paralela al daño por trips, en frutos jóvenes y en condiciones de baja humedad relativa (30%).

Humedad relativa mayor del 80% propició la aparición de antracnosis sobre frutos de aguacate en la etapa 3.

Las mayores poblaciones de trips se presentaron en marzo, en condiciones bajas de humedad, predominando el género *Scirtothrips*, el cual pudiera ser el causante de la aparición de crestas sobre el fruto un mes después.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento

al productor cooperante Ing. Alejandro Guerrero de Uruapan, Michoacán, por su participación y apoyo económico para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Ascención, B.G. 2000. Fluctuación poblacional, daño e identificación de trips del aguacate cv. Hass en Michoacán, México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 82 p.
- Ascención-Betanzos, G., Bravo-Mojica, H., González-Hernández, H., Johansen-Naime, R. y Becerril-Román, E. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:291-296.
- Ávila-Quezada, G., Mora-Aguilera, G. y Téliz-Ortíz, D. 2001. Sistemas de medición de roña y antracnosis en frutos de aguacate *Persea americana*. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Querétaro, Querétaro, México. p. F-105.
- Bailey, J.A., and Jeger, M.J. 1992. *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. British Society of Plant Pathology. CAB International. 388 p.
- Beno-Moualem, D., and Prusky, D. 2000. Early events during quiescent infection development by *Colletotrichum gloeosporioides* in unripe avocado fruits. *Phytopathology* 90:553-559.
- Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons. New York, USA. 532 p.
- Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P., and Scurlock, J.M. 1985. *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. 2nd edition. Pergamon Press. Oxford, UK. pp. 26-29
- Espinoza, M.G. 1998. Modelos de predicción de roña *Elsinoe perseae* del aguacate *Persea americana* Mill. en la región de Uruapan, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán, México. 40 p.
- Fisher, J.B., and Davenport, T.L. 1989. Structure and development of surface deformation on avocado fruits. *HortScience* 24:841-844.
- González-Hernández, H., Johansen-Naime, R., Gasca-Corona, L., Equihua-Martínez, A., Salinas-Castro, A., Estrada-Venegas, E., Durán de Anda, F. y Valle-de la Paz, A. 2000. Plagas del aguacate. En: D. Téliz (ed.). *El aguacate y su manejo integrado*. Editorial Mundi Prensa. Primera edición. México. pp. 117-136.
- González-Hernández, H., Méndez-Ramos, A., Valle-de la Paz, A. y González-Ríos, M. 1999. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:287-290.
- Gottwald, T.R., Miller, C., Brlansky, R.H., Gabriel, D.W., and Civerolo, E.L. 1989. Analysis of the spatial distribution of citrus bacterial spot in Florida citrus nursery. *Plant Disease* 73:297-303.
- Gottwald, T.R., Reynolds, K.M., Campbell, C.L., and Timmer,

- L.W. 1992. Spatial and spatiotemporal autocorrelation analysis of citrus canker epidemics in citrus nurseries and groves in Argentina. *Phytopathology* 82:843-851.
- Johansen, N.R., Mojica-Guzmán, A. y Ascención-Betanzos, G. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos Tisanópteros mexicanos en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:279-285
- Kirk, W.D. 1997. Distribution, abundance and population dynamics. In: *Thrips as Crop Pest*. T. Lewis (ed.) Cab International. USA. pp. 217-257.
- Marroquín, P.F. 1998. Factores que favorecen la incidencia de roña *Sphaceloma perseae* Jenk. en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass en tres regiones agroclimáticas de Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán, México. 56 p.
- Marroquín, P.F. 2000. La roña del aguacate. En: D. Téliz (ed.). *El aguacate y su Manejo Integrado*. Editorial Mundi Prensa. Primera edición. México. pp. 146-148.
- Morales, G.L. 2000. La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) y la roña (*Sphaceloma perseae* Jenk.) del aguacate en Michoacán, México: Epidemiología, predicción y caracterización. Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México 137 p.
- Morisita, M. 1959. Measuring the dispersion of individual and analysis of distribution pattern. *Memoirs Faculty of Science Kyushu University Series E Biology* 2:215-235.
- Ortíz, E.H. 1998. Control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en postcosecha del aguacate Hass (*Persea americana* L.) con hidróxido de calcio micronizado y detergentes biológicos. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán, México. 63 p.
- Prusky, D., Keen, N.T., Sims, J.J., and Midland, S.L. 1982. Possible involvement of an antifungal diene in the latency of *Colletotrichum gloeosporioides* on unripe avocado fruits. *Phytopathology* 72:1578-1582.
- Prusky, D., Keen, N.T., and Eaks, I. 1983. Further evidence for the involvement of a preformed antifungal compound in the latency of *Colletotrichum gloeosporioides* on unripe fruits. *Physiological Plant Pathology* 22:189-198.
- Rosenberg, N.J. 1974. Microclimate. *The Biological Environment*. University of Nebraska. John Wiley and Sons, Lincoln, Nebraska, USA. pp. 78-85.
- Téliz, O.D., Mora, A.G. y Morales, G.L. 2000. Importancia Histórica y Socioeconómica del Aguacate. En: D. Téliz (ed.). *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Editorial Mundi Prensa. Primera edición. México. pp. 3-16.
- Terry, L.I. 1995. Competition in Western flower thrips males. Effects of density on behavior. In: *Thrips Biology and Management*. B.L. Parker, M. Skinner, and T. Lewis (eds.). NATO ASI series. pp. 433-438.
- Timmer, L.W., and Duncan, L.W. 1999. *Citrus. Health Management Series*. APS Press, St. Paul, MN, USA. 108 p.
- Vidales, F.J., Alcántar, R.J., Anguiano, C.J. y Morales, J.L. 1997. Modelos epidemiológicos de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) del aguacate (*Persea americana*) para clima semicálido húmedo de Michoacán. *Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Cd. Obregón, Sonora, México. Resumen 14.
- Vidales, F.J., Alcántar, R.J. y Anguiano, C.J. 1999. Modelos de predicción de roña (*Sphaceloma perseae* Jenkins), del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en Michoacán. *Informe de investigación en Aguacate*. INIFAP. Campo Experimental Uruapan CIR Pacífico Centro. 14 p.