

EL CACARIZO DEL NOPAL EN *Opuntia ficus-indica* (L.) MILLER, MILPA ALTA, CIUDAD DE MÉXICO

CACARIZO OF NOPAL IN *Opuntia ficus-indica* L. MILLER, MILPA ALTA, MEXICO CITY

Martín Palomares-Pérez¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Laura D. Ortega-Arenas¹, Ma. Teresa Santillán-Galicia¹,
Guadalupe Valdovinos-Ponce¹, Samuel Ramírez-Alarcón²

¹Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo. 56230. Texcoco, Estado de México, México (mpalomares@colpos.mx) ²Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México, México

RESUMEN

Milpa Alta, al sur de la Ciudad de México, es la zona productora de nopal (*Opuntia ficus-indica*) más importante en el mundo y es consumido como verdura. En este lugar, hay una sintomatología denominada cacarizo del nopal relacionada con la presencia de la chinche roja (*Hesperolabops nigriceps*) y, a pesar de la importancia del cultivo, no hay estudios de la distribución del cacarizo del nopal. Para determinar la distribución, incidencia y severidad de la sintomatología se realizaron muestreos en huertas de nopal verdura en diferentes puntos geográficos de Milpa Alta, se construyó una escala logarítmica diagramática para evaluar la severidad, se correlacionó el cacarizo del nopal con *H. nigriceps* y se estimaron los índices de agregación y dispersión de Morisita y Lloyd. El cacarizo del nopal se distribuye en todo Milpa Alta con alguna agregación en el oeste (Morisita=1.768; Lloyd=2.535), igual que *H. nigriceps* (Morisita=1.003; Lloyd=1.006). Además hubo una relación estrecha entre cacarizo del nopal y *H. nigriceps* ($r=0.765$). El daño a las plantas individuales se concentra en el cladodio basal, segundo y tercero. Con la escala logarítmica diagramática, con precisión ($r^2=0.988$) y exactitud ($b_1=1.012$) aceptables, se estableció una incidencia de $56.4\pm 18.5\%$ y una severidad de $10.5\pm 6.4\%$ del cacarizo del nopal en Milpa Alta. Esto evidencia la importancia de la sintomatología en plantas de *Opuntia*, la necesidad de conocer el fenómeno y las condiciones que favorecen su dispersión.

Palabras clave: *Hesperolabops nigriceps*, nopal verdura, sintomatología.

ABSTRACT

Milpa Alta, in the south of Mexico City, is the most important production zone of nopal (*Opuntia ficus-indica*) in the world, and is consumed as a vegetable. In this location, there are symptoms known as nopal *cacarizo*, related to the presence of red chinch bug (*Hesperolabops nigriceps*), and despite the importance of the crop, there are no studies about the distribution of nopal *cacarizo*. To determine the distribution, incidence and severity of the disease, samplings were made in vegetable nopal plantations in different geographic points of Milpa Alta. A logarithmic diagram scale was constructed to evaluate its severity, and correlated to nopal *cacarizo* with *H. nigriceps*. Aggregation and dispersal indices of Morisita and Lloyd were also estimated. Nopal *cacarizo* is distributed throughout Milpa Alta with some aggregation in the west (Morisita=1.768; Lloyd=2.535), as is *H. nigriceps* (Morisita=1.003; Lloyd=1.006). Furthermore, there was a close relationship between nopal *cacarizo* and *H. nigriceps* ($r=0.765$). Damage to individual plants is concentrated in the basal, second and third cladodes. Using the logarithmic diagrammatic scale, with acceptable precision ($r^2=0.988$) and exactness ($b_1=1.012$), an incidence of $56.4\pm 18.5\%$ was established along with a severity of $10.5\pm 6.4\%$ of nopal *cacarizo* in Milpa Alta. This is evidence of the importance of the symptoms in plants of *Opuntia*, the need to know the phenomenon and the conditions that favor its dispersion.

Key words: *Hesperolabops nigriceps*, vegetable nopal, symptoms.

INTRODUCTION

Mexico is one of the most important locations as center of origin and domestication of prickly pear or nopal, *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) (Caryophyllales: Cactaceae) (Casas and

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: octubre, 2015. Aprobado: abril, 2016.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 877-887. 2016.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los lugares más importantes como centro de origen y domesticación del nopal, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Caryophyllales: Cactaceae) (Casas y Barbera, 2002; Griffith, 2004). Ésta se explota en países de zonas áridas y semiáridas (Le Houérou *et al.*, 1993; Griffith, 2004) y se usa como forraje y sus frutos para consumo humano. En México se consumen como hortaliza los cladodios inmaduros, denominados nopalitos, o nopal verdura (Flores, 2001), y hay alrededor de 11 000 ha para su cultivo (SIAP, 2013).

En Milpa Alta, al sur de la ciudad de México, se cultivan alrededor de 4000 ha de nopal verdura (SIAP, 2013). Las plantas presentan una sintomatología denominada cacarizo del nopal, que se manifiesta como pústulas color ocre en los cladodios maduros. El daño inicial aparece alrededor de 5 d después de que la chinche roja, *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) introduce su estilite en el cladodio para alimentarse. En ese sitio aparece una pequeña mancha con un halo clorótico que se transforma en una pústula sobre la epidermis del cladodio. Después las pústulas coalescen y adquieren tonalidades de amarillo a ocre, hasta que se revientan probablemente por la destrucción y deshidratación de secciones de tejido; del inicio de los síntomas a la manifestación final del daño transcurren unos 30 d (Palomares-Pérez *et al.*, 2010).

Algunos productores y técnicos agrícolas relacionan al cacarizo del nopal con la aparente disminución en la tasa fotosintética de las plantas y de la producción, pero no hay evidencia científica que confirme dicha hipótesis. La información disponible relaciona esta sintomatología con la presencia y daño de la chinche roja, *Hesperolabops* spp. (Hemiptera: Miridae) (Melgarejo-Moreno, 2000; Méndez-Gallegos *et al.*, 2008; Palomares-Pérez *et al.*, 2010). En algunos manuales técnicos se sugiere que el cacarizo del nopal pudiera resultar de la interacción de la chinche roja y algún hongo fitopatógeno (Mena-Covarrubias y Rosas-Gallegos, 2004), pero en la literatura científica revisada no hay evidencia de que esta sintomatología pueda considerarse de origen patogénico.

A pesar de la importancia del cultivo de nopal verdura en la región sur de la ciudad de México, no se han desarrollado estudios para evaluar los daños ni distribución del cacarizo del nopal (Mann, 1969; Badii y Flores, 2001; Ayala-Escobar *et al.*, 2006; Que-

Barbera, 2002; Griffith, 2004). This plant is exploited in countries of semi-arid and arid zones (Le Houérou *et al.*, 1993; Griffith, 2004); it is used as forage and its fruits are used for human consumption. In Mexico the immature cladodes are also consumed as a vegetable, and are known as nopalitos, or vegetable nopal (Flores, 2001), and approximately 11 000 ha are under cultivation (SIAP, 2013).

In Milpa Alta, in the south of Mexico City, approximately 4,000 ha of vegetable nopal are cultivated (SIAP, 2013). The plants present symptoms known as nopal *cacarizo*, which is manifested as ochre colored pustules in the mature cladodes. The initial damage appears approximately 5 d after the red chinch bug, *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) introduces its stylet in the cladode to feed. In this site a small spot appears with a chlorotic halo which is transformed into a pustule on the epidermis of the cladode. Later, the pustules coalesce and acquire tones that range from yellow to ochre, until they burst, probably due to destruction and dehydration of the tissue sections. Time from onset of the symptoms to final manifestation of damage is approximately 30 d (Palomares-Pérez *et al.*, 2010).

Some producers and agricultural technicians relate nopal *cacarizo* to the apparent decrease in the photosynthetic rate of the plants and of production, but there is no scientific evidence that confirms this hypothesis. The available information relates these symptoms to the presence and damage from the red chinch bug, *Hesperolabops* spp. (Hemiptera: Miridae) (Melgarejo-Moreno, 2000; Méndez-Gallegos *et al.*, 2008; Palomares-Pérez *et al.*, 2010). In some technical manuals it is suggested that nopal *cacarizo* could result from the interaction of the red chinch bug and some phyto-pathogenic fungus (Mena-Covarrubias and Roas-Gallegos, 2004), but in the revised scientific literature there is no evidence that these symptoms could be considered of pathogenic origin.

Despite the importance of the cultivation of vegetable nopal in the southern region of Mexico City, no studies have been developed to evaluate the damages or distribution of nopal *cacarizo* (Mann, 1969; Badii and Flores, 2001; Ayala-Escobar *et al.*, 2006; Quezada-Salinas *et al.*, 2006). Therefore, the objective of this research was to determine the incidence, severity and distribution of nopal *cacarizo*

zada-Salinas *et al.*, 2006). Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue determinar la incidencia, severidad y distribución del cacarizo del nopal en la región de Milpa Alta, y corroborar la relación cacarizo del nopal con la presencia de *H. nigriceps*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La delegación de Milpa Alta, con una superficie de 28,375 ha (Diario Oficial de la Federación, 1997), está situada al sureste de la Ciudad de México entre 19° 04' y 19° 12' N y 98° 57' y 99° 08' O. Presenta una topografía montañosa y altitudes de 2,230 a 3,200 m (Rodríguez y López, 2006). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano [C(w2)(w)], temperatura media anual de 14.4 °C y precipitación anual de 878.9 mm (García, 1988). La precipitación es heterogénea en su distribución, desde 580.6 mm en las áreas de menor altitud a 1,200 mm en las de mayor altitud (IMTA, 1996).

Escala logarítmica diagramática

Para evaluar la incidencia y severidad del cacarizo del nopal se construyó una escala logarítmica diagramática, se utilizó la metodología propuesta por Mora-Aguilera *et al.* (2003)³. Con una cámara digital de 5 mega píxeles se fotografiaron al azar 60 cladodios maduros de varios niveles de severidad del cacarizo del nopal. Después, con el editor de imágenes Adobe Photoshop (Adobe System Incorporated, 2010), se midió el área invadida por el cacarizo del nopal mediante el programa ImageTool® (Wilcox *et al.*, 2002) y se determinaron los límites inferior y superior. Una vez definido el límite máximo de la escala, se puso ese valor en el programa 2LOG ver.1 (Osada-Velázquez y Mora-Aguilera, 1997⁴) para definir el número de clases (Tovar-Soto *et al.*, 2002; Mora-Aguilera *et al.*, 2003³; Gomes^a *et al.*, 2004).

Con el programa 2LOG ver.1 se obtuvo una escala logarítmica que se convirtió en diagramática mediante la asociación de una imagen fotográfica cuya severidad se aproximaba mejor a los puntos medios de cada clase. De esta manera, la escala diagramática quedó definida mediante cinco clases (0-4) (Figura 1).

La escala diagramática se validó antes de usarla, para lo cual se usaron los valores reales obtenidos con el programa PhotoShop e Image Tool, y los obtenidos por el evaluador. Con esos datos

in the region of Milpa Alta, and to confirm the relationship of nopal *cacarizo* with the presence of *H. nigriceps*.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The Milpa Alta area, with a surface of 28,375 ha (Diario Oficial de la Federación, 1997) is located in the southeast sector of Mexico City between 19° 04' and 19° 12' N and 98° 57' and 99° 08' W. It has mountainous topography and altitudes of

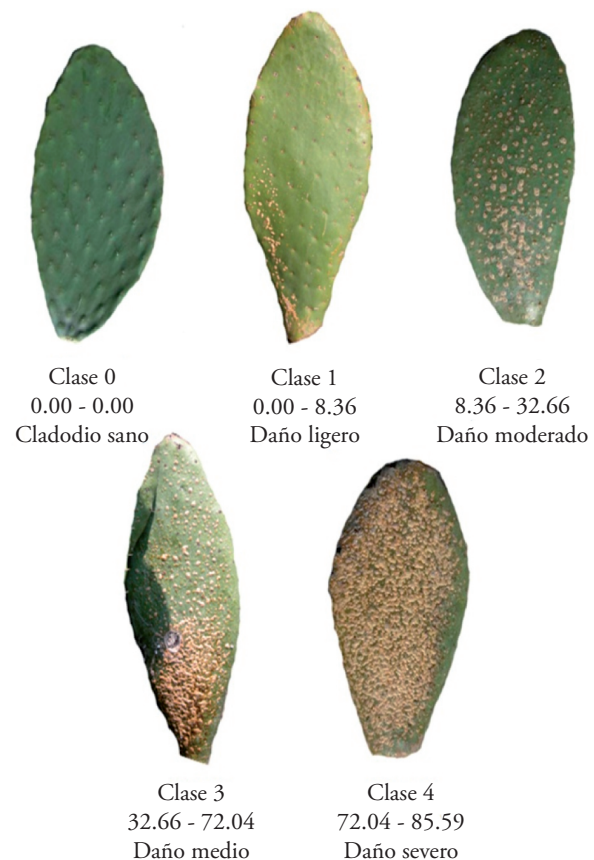


Figura 1. Escala logarítmica diagramática de severidad del cacarizo del nopal. Los rangos representan el porcentaje de área promedio invadida en los cladodios.
Figure 1. Logarithmic diagrammatic scale of severity of nopal cacarizo. Ranges represent the percentage of the average area invaded in the cladodes.

³Mora-Aguilera, G., P. Rivas-Valencia, C. Góngora-Canul, A. Tovar-Soto, J. Cristóbal-Alejo, E. Loeza-Kuk, S. Michereff, A. Marinelli, y K. Osada-Velázquez. 2003. Sistemas computarizados en la epidemiología: 1, 2-LOG ver. 1.0 y su aplicación en el diseño de escalas logarítmicas diagramáticas. Colegio de Postgraduados, Montecillo. (Disponible con el autor).

⁴Osada-Velázquez, H. K., y G. Mora-Aguilera. 1997. 2LOG Programa para desarrollar escalas de severidad por el método de Horsfall y Barratt. Manual del Usuario. Colegio de Postgraduados, Montecillo. (Disponible con el autor).

se realizó un análisis de regresión lineal simple con el programa Validar-PER ver. 1.1 (Mora-Aguilera, 2009⁵) y los valores de r^2 y b_1 próximos a 1.0 indicaron máxima precisión y exactitud, respectivamente.

Incidencia y severidad del cacarizo del nopal

Muestreo

El muestreo fue simple estratificado con base en la altitud y puntos cardinales en Milpa Alta en primavera verano del 2010. Por la distribución del cultivo en la región de estudio, se definieron cinco zonas de muestreo por altitud (msnm): I) 3070 a 2920, II) 2919 a 2770; III) 2769 a 2620; IV) 2619 a 2470 y V) 2469 a 2320, y en cada zona se eligieron cuatro sitios de muestreo; 20 parcelas las cuales tenían de 5 a 10 años de edad y sus plantas no rebasaron 1.60 m de alto, donde el principal sistema de manejo de plagas y enfermedades mediante la fertilización con abono orgánico y control químico.

Incidencia

La incidencia se evaluó como presencia o ausencia del cacarizo del nopal sobre *O. ficus-indica*. En cada parcela se examinaron 10 plantas elegidas al azar. Las variables de respuesta fueron: número de pencas por planta, y número de pencas por planta con al menos una pústula de cacarizo del nopal. Cada punto de muestreo se georeferenció con el sistema de posicionamiento global (GPS 12 XL Garmin Olathe, KS, USA). La determinación de la incidencia se realizó de acuerdo con la proporción o porcentaje de plantas con síntomas empleando la fórmula siguiente (Tovar-Soto *et al.*, 2002):

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{(\text{No. de plantas con síntoma})100}{\text{No. total de plantas observadas}}$$

Severidad

Para evaluar la severidad (área del cladodio afectado por el cacarizo del nopal), se seleccionaron al azar 10 plantas de cada parcela con el tamaño que se indica anteriormente. En cada planta se estimó el grado de daño en tres estratos utilizando la escala logarítmica diagramática. El cladodio base y segundo cladodio se consideraron como estrato bajo, tercer cladodio como estrato medio y los cladodios que crecen sobre el tercer cladodio como estrato alto. El número total de cladodios por estrato se determinó y también el número de cladodios por nivel de daño por

2,230 to 3,200 m (Rodríguez and López, 2006). The climate is sub-humid temperate with rains in summer [C(w2)(w)], mean annual temperature of 14.4 °C and annual rainfall of 878.9 mm (García, 1988). Rainfall is heterogenic in its distribution, from 580.6 mm in the lower altitudes to 1,200 mm in the higher elevations (IMTA, 1996).

Logarithmic diagrammatic scale

To evaluate the incidence and severity of nopal *cacarizo*, a logarithmic diagrammatic scale was constructed using the methodology proposed by Mora-Aguilera *et al.* (2003)^[2]. A digital camera of 5 mega pixels was used to randomly photograph 60 mature cladodes of various levels of severity of nopal *cacarizo*. Then, with the image editor of Adobe Photoshop (Adobe Sytem Incorporated, 2010), the area invaded by the nopal *cacarizo* was measured using the program ImageTool⁷ (Wilcox *et al.*, 2002) and the upper and lower limits were determined. Once the maximum limit of the scale was defined, this value was put in the program 2LOG ver. I (Osada-Velázquez and Mora-Aguilera, 1997^[3]) to define the number of classes (Tovar-Soto *et al.*, 2002; Mora-Aguilera *et al.*, 2003^[2]; Gomes *et al.*, 2004).

The program 2LOG ver. I was used to obtain a logarithmic scale that was converted to a diagrammatic scale through the association of a photographic image whose severity best approximated the mean points of each class. Thus, the diagrammatic scale was defined with five classes (0-4) (Figure 1).

The diagrammatic scale was validated before using it, for which the real values obtained with the program PhotoShop and Image Tool were used, and those obtained for the evaluator. These data were used to make an analysis of simple linear regression with the program Validar-PER ver. 1.1 (Mora-Aguilera, 2009^[4]) and the values of r^2 and b_1 close to 1.0 indicated maximum precision and exactness, respectively.

Incidence and severity of nopal *cacarizo*

Sampling

Simple stratified sampling was carried out based on altitude and cardinal points in Milpa Alta in the spring-summer of 2010. For the distribution of the crop in the study area, five sampling zones were defined by altitude (masl): I) 3070 to 2720, II) 2919 to 2770; III) 2769 to 2620; IV) 2619 to 2470 and V) 2469 to 2320, and in each zone four sampling sites were selected; 20 plots of 5 to 10 years of age and whose plants did not exceed 1.60 m height, where the principal management system

⁵Mora-Aguilera, G. 2009. Validar-PER ver 1.1. Programa de Postgrado en Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillo. (Disponible con el autor).

estrato. La severidad se estimó con la fórmula siguiente (Tovar-Soto *et al.*, 2002):

$$\text{Severidad (S)} = \frac{(\text{No. de cladodio X cada grado})100}{\text{No. de cladodio X grado mayor}}$$

Los datos obtenidos de la incidencia y severidad se capturaron en una hoja de cálculo del programa Excel y se importaron al programa SURFER 32 ver. 6.04 (Surface Mapping System, 1997) para determinar la distribución del cacarizo del nopal. Así mismo, estimar la dimensión gráficamente de ambas con los datos grabados previamente en la hoja de cálculo y luego como un gráfico. Después se ejecutaron las opciones “Classed post y Countour” para generar mapas bi y tridimensionales.

Identificación del insecto

Para corroborar la especie de chinche roja, se recolectaron cinco ejemplares en cada sitio de muestreo, y se llevaron al laboratorio de Entomología del Posgrado en Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, montados en alfileres entomológicos. Después se identificaron los insectos con un microscopio de disección y con las claves para el género *Hesperolabops*, publicadas por Froeschner (1967). Además, la especie fue corroborada por el Dr. Harry U. Brailovsky del Instituto de Biología de la UNAM, especialista en la familia Miridae. Los ejemplares se pusieron en resguardo en el laboratorio de taxonomía del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Análisis estadístico

Para la distribución del cacarizo del nopal en campo se usaron los cálculos de agregación y dispersión espacial, los cuales se determinaron mediante los índices de Morisita y Lloyd (Campbell y Madden, 1990) usando el programa MorLloyd versión 1.0 (Rivera-Valencia y Mora-Aguilera, 2010⁶). El índice de agregación y dispersión espacial de *H. nigriceps* se estimó con el mismo programa.

El diseño experimental fue completamente aleatorio con cinco tratamientos, cada altitud se consideró un tratamiento y las cuatro parcelas dentro de cada altitud fueron las repeticiones. Como los datos no tuvieron distribución normal, aun cuando se intentaron transformaciones (Shapiro-Wilk) se procesaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman. También se hicieron pruebas de correlación simple entre la presencia de *H. nigriceps* y la incidencia del cacarizo del nopal. Las variables fueron cladodio sano, cladodio con cacarizo del nopal y presencia de

of pests and diseases was by fertilization with organic manure and chemical control.

Incidence

Incidence was evaluated as the presence or absence of nopal cacarizo on *O. ficus-indica*. In each plot 10 randomly selected plants were examined. The response variables were as follows: number of cladodes per plant, and number of cladodes with at least one pustule of nopal cacarizo. Each sampling point was geo-referenced with the global positioning system (GPS 12 XL Garmin Olathe, KS, USA). Determination of incidence was carried out according to the proportion or percentage of plants with symptoms using the following formula (Tovar-Soto *et al.*, 2002):

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{(\text{No. of plants with symptoms})100}{\text{Total number of observed plants}}$$

Severity

To evaluate severity (area of the cladode affected by nopal cacarizo), 10 plants were randomly selected from each plot with the size indicated above. In each plant an estimation was made of the degree of damage in three strata using the logarithmic diagrammatic scale. The basal and second cladodes were considered as low stratum, third cladode as middle stratum and those that grow above the third cladode as upper stratum. Total number of cladodes per stratum was determined along with the number of cladodes per level of damage per stratum. Severity was estimated using the following formula (Tovar-Soto *et al.*, 2002):

$$\text{Severity (S)} = \frac{(\text{No. of cladodes X each degree}) 100}{\text{No. of cladodes X highest degree}}$$

The data obtained of incidence and severity were captured on a calculation sheet of the program Excel and were imported to the program SURFER 32 ver. 6.04 (Surface Mapping System, 1997) to determine the distribution of the nopal cacarizo. In addition, the dimension of both was estimated graphically with the data previously recorded on the calculation sheet and later as a graph. Then the options “Classed post and Contour” were used to generate bi and tridimensional maps.

Identification of the insect

To confirm the species of red chinch bug, five specimens were collected from each sampling site and they were taken to

⁶Rivera-Valencia, P. y G. Mora-Aguilera. 2010. MorLloyd ver 1.0 MS Excel. Área de Epidemiología y Ecología. Colegio de Postgraduados, Montecillo. (Disponible con el autor).

la chinche roja, y cladodio con la presencia de la chinche roja sin cacarizo del nopal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia y severidad del cacarizo del nopal

La validación de la escala logarítmica diagramática para determinar la severidad del cacarizo del nopal, estimada por análisis de regresión, presentó una precisión de $r^2=0.988$ y una exactitud de $b_1=1.012$, lo cual indicó que los valores de severidad fueron adecuados para esta evaluación. La incidencia y severidad del cacarizo del nopal en Milpa Alta fueron $56.4 \pm 18.5\%$ y $10.5 \pm 6.4\%$, respectivamente. De acuerdo con los índices de agregación de Morisita (0.990), y de dispersión de Lloyd (0.980), la incidencia del cacarizo del nopal presentó una distribución de tipo uniforme en la región (Figura 2A), mientras que la severidad fue de tipo agregada Morisita (1.767) y Lloyd (2.535) (Figura 2B). Estos datos sugieren una posible transmisión vegetativa del agente causal influenciado por el manejo agronómico como sucede con otros problemas fitosanitarios como manchas cloróticas asociadas a *O. ficus-indica* (Alonso-Barrera *et al.*, 2015).

Aunque los mapas bidimensionales y los índices de Morisita y Lloyd revelaron cierta agregación de la severidad del cacarizo del nopal en la zona poniente de Milpa Alta, no se encontró diferencia estadística

the entomology laboratory of the Plant Health department of the Colegio de Postgraduados mounted on entomological needles. The insects were then identified with a dissection microscope and with the keys for the genus *Hesperolabops*, published by Froeschner (1967). In addition, the species was confirmed by Dr. Harry U. Brailovsky of the Biology Institute of UNAM, specialist in the family Miridae. The specimens were kept in the taxonomy laboratory of the Agricultural Parasitology Department of the Universidad Autónoma Chapingo.

Statistical analysis

For the distribution of nopal *cacarizo* in the field, the calculations of aggregation and spatial dispersion were used, which were determined through the indices of Morisita and Lloyd (Campbell and Madden, 1990) using the program MorLloyd version 1.0 (Rivera-Valencia and Mora-Aguilera, 2010^[5]). The aggregation and spatial dispersion index of *H. nigriceps* was estimated with the same program.

The experimental design was completely randomized with five treatments; each altitude was considered a treatment and the four plots within each altitude were the replicates. Given that the data did not have normal distribution, even when transformations were attempted (Shapiro-Wilk), they were processed using the non-parametric test of Friedman. Tests were also made of simple correlation between the presence of *H. nigriceps* and the incidence of nopal *cacarizo*. The variables were healthy cladode, cladode with nopal *cacarizo* and the presence of red chinch bug, and cladode with the presence of red chinch bug without nopal *cacarizo*.

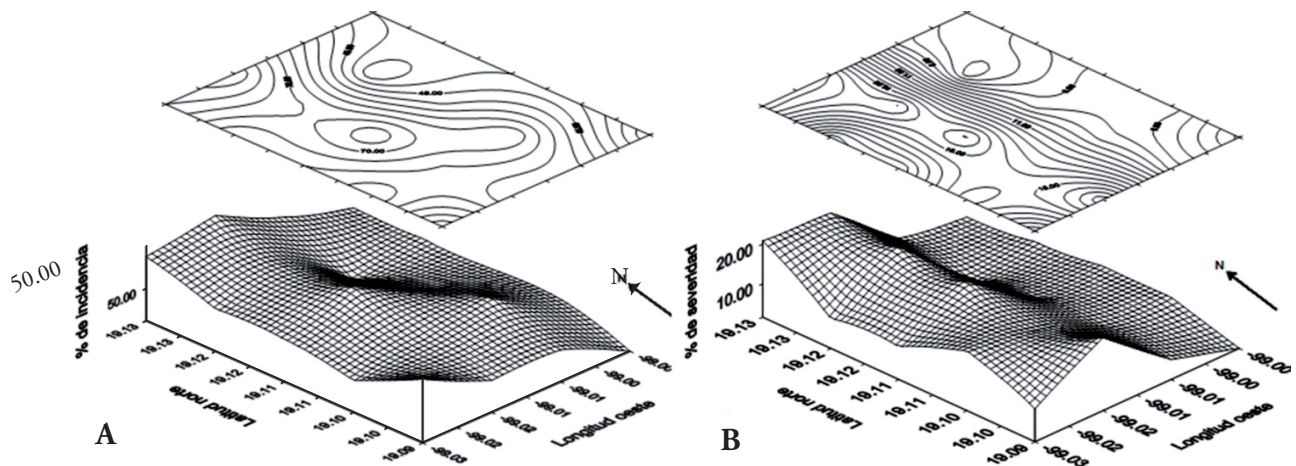


Figura 2. Distribución espacial de la incidencia (A: tipo uniforme) y severidad (B: tipo agregada) del cacarizo del nopal en Milpa Alta, Ciudad de México, 2010.

Figure 2. Spatial distribution of incidence (A: uniform type) and severity (B: aggregated type) of nopal *cacarizo* in Milpa Alta, Mexico City, 2010.

Cuadro 1. Severidad del cacarizo del nopal por estratos en plantas de nopal verdura, *O. ficus-indica*, en Milpa Alta, Ciudad de México.**Table 1. Severity of nopal *cacarizo* by strata in plants of vegetable nopal, *O. ficus-indica*, in Milpa Alta, Mexico City.**

Grado de severidad (escala diagramática)	Porcentaje de severidad por estrato [†]		
	Bajo (cladodios de 5 a 8 años)	Medio (cladodios de 6 meses a 5 años)	Alto (cladodios menores a 6 meses)
0 Cladodio sano	55.00±40.79	51.00±39.83	99.03±0.95
1 Daño ligero	29.00±10.66	16.50±6.29	3.50±0.49
2 Daño moderado	9.00±2.10	18.50±7.10	
3 Daño medio	2.50±0.59	1.50±0.18	
4 Daño severo	1.50±0.31	2.50±0.24	

[†]Media ± desviación estándar. ♦Mean ± standard deviation.

entre categorías altitudinales ($F=0.57$; $p=0.943$), ni tampoco entre los puntos cardinales ($F=1.0$; $p=0.464$).

De manera individual, en cada planta la mayor concentración del cacarizo del nopal se registró en el estrato bajo y medio, donde se ubican los cladodios madre, segundo y tercero (Cuadro 1) y que corresponden a los cladodios de mayor edad en una plantación y mayor concentración de chinche roja, observación que coincidió con lo registrado por Palomares-Pérez *et al.* (2010).

Asociación cacarizo del nopal-*Hesperolabops nigriceps*

Todos los ejemplares de chinches recolectados en las parcelas correspondieron a *H. nigriceps* y hubo una correlación significativa entre la presencia de *H. nigriceps* y el cacarizo del nopal ($r=0.765$). Además, los índices de Morisita (1.003) y Lloyd (1.006) indicaron que la concentración de la chinche roja en Milpa Alta fue agregada y coincidió con las áreas (poniente) donde se concentró la mayor severidad del cacarizo del nopal (Figura 3). Es posible que la zona topográfica poniente presente las condiciones óptimas para el desarrollo de este problema o que el mal manejo fitosanitario principalmente en el corte y traslado de la penca a plantar, sean los factores que favorecen el desarrollo de este daño, como sucede con la diseminación de otros problemas del nopal como la mancha negra o manchas cloróticas (Quezada-Salinas *et al.*, 2006; Alonso-Barrera *et al.*, 2015).

El cacarizo del nopal es un problema fitosanitario de primer orden en Milpa Alta según algunos reportes técnicos. Con este estudio se puede considerar

RESULTS AND DISCUSSION

Incidence and severity of nopal *cacarizo*

The validation of the logarithmic diagrammatic scale to determine severity of nopal *cacarizo*, estimated by regression analysis, presented a precision of $r^2=0.988$ and an exactness of $b_1=1.012$, which indicated that the values of severity were adequate for this evaluation. The incidence and severity of the nopal *cacarizo* in Milpa Alta were $56.4\pm 18.5\%$ and $10.5\pm 6.4\%$, respectively. According to the aggregation indices of Morisita (0.990) and of dispersion of Lloyd (0.980), the incidence of nopal *cacarizo* presented a uniform type distribution in the region (Figure 2A), whereas the severity was of the aggregated type Morisita (1.767) and Lloyd (2.535) Figure 2B). These data suggest a possible vegetative transmission of the causal agent influenced by agronomic management, as occurs with other phytosanitary problems such as chlorotic spots associated with *O. ficus-indica* (Alonso-Barrera *et al.*, 2015).

Although the bidimensional maps and the indices of Morisita and Lloyd reveal certain aggregation of the severity of nopal *cacarizo* in the western zone of Milpa Alta, no statistical differences were found between altitudinal categories ($F=0.57$; $p=0.943$), nor between the cardinal points ($F=1.0$; $p=0.464$).

Individually, in each plant the highest concentration of nopal *cacarizo* was measured in the low and middle strata, where the mother, second and third cladodes are located (Table 1) and which correspond to the cladodes of highest age in a plantation and highest concentration of red chinch bug, an observation

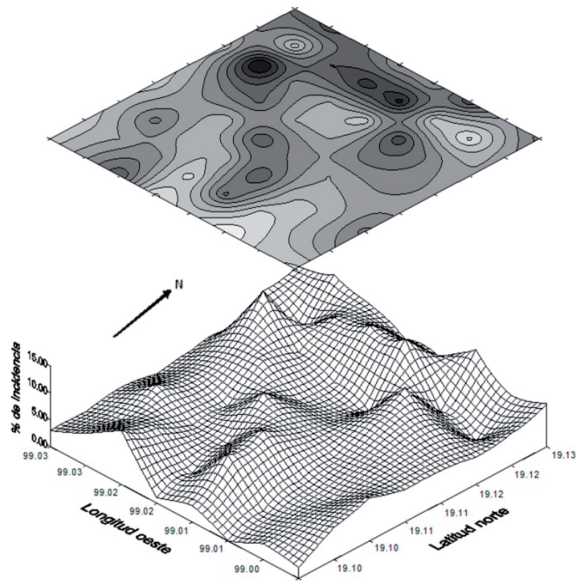


Figura 3. Distribución espacial de la chinche roja, *Hesperolabops nigriceps*, en la zona productora de nopal verdura en Milpa Alta, Ciudad de México.

Figure 3. Spatial distribution of the red chinch bug, *Hesperolabops nigriceps*, in the production zone of vegetable nopal in Milpa Alta, Mexico City.

importante la sintomatología del cararizo del nopal y establecer que las estimaciones visuales realizadas en los estudios técnicos probablemente estén sobreestimadas, como sucede con otras sintomatologías que se manifiestan sobre hojas o tallos en las plantas de interés (Cadena-Hinojosa *et al.*, 2003; Soltero-Díaz y Williams-Alanís, 2003).

Un factor fundamental en el nivel de daño o severidad fue la edad de los cladodios. Las pústulas resacas se limitaron prácticamente a los cladodios maduros de más de un año de edad, mientras que los nopalitos rara vez lo presentaron. Palomares-Pérez *et al.* (2010) mencionan que los cladodios jóvenes son cortados por los agricultores cuando tienen cualquier daño que afecte su presentación en el mercado, y probablemente este sea una de las causas de que el daño se observó sólo en cladodios maduros y se relaciona con los lugares donde la chinche roja prefiere alimentarse. Quizá la concentración de nutrientes en cladodios maduros e inmaduros, como está reportado en estudios de nutrición en nopal (Villareal *et al.*, 1963; Saag *et al.*, 1975; Bravo-Hollins, 1978; McGarvie y Parolis, 1979, 1981), sea importante para definir los lugares de alimentación de esta especie de insecto. En adición a la preferencia de los lugares de alimentación

which coincided with that registered by Palomares-Pérez *et al.* (2010).

Association of nopal *cacarizo*-*Hesperolabops nigriceps*

All of the specimens of chinch bugs collected in the plots corresponded to *H. nigriceps*, and there was a significant correlation between the presence of *H. nigriceps* and nopal *cacarizo* ($r=0.765$). Furthermore, the indices of Morisita (1.003) and Lloyd (1.006) indicated that the concentration of red chinch bug in Milpa Alta was aggregated and coincided with the areas (west) where the highest severity of nopal *cacarizo* was concentrated (Figure 3). It is possible that the western topographical zone presents the optimum conditions for the development of this problem or that the phytosanitary management, principally in the cutting and transport of the cladode to be planted, are the factors that favor the development of this damage, as occurs with the dissemination of other problems of nopal such as black spot or chlorotic spots (Quezada-Salinas *et al.*, 2006; Alonso-Barrera *et al.*, 2015).

Nopal *cacarizo* is a phytosanitary problem of the first order in Milpa Alta according to some technical reports. With this study the symptoms of nopal *cacarizo* can be considered important and establish that the visual estimations made in the technical studies are probably overestimated, as occurs with other symptoms that are manifested on leaves or stems in the plant of interest (Cadena-Hinojosa *et al.*, 2003; Soltero-Díaz and Williams-Alanís, 2003).

A fundamental factor in the level of damage or severity was the age of the cladodes. The dry pustules are practically limited to the mature cladodes of more than one year of age, while the young cladodes rarely presented this symptom. Palomares-Pérez *et al.* (2010) mention that the young cladodes are cut by the producers when they present any damage that affects their appearance in the market, and this is probably one of the reasons why the damage is observed only on the mature cladodes and is related to the places where the red chinch bug prefers to feed. Perhaps the concentration of nutrients in mature and immature cladodes, as is reported in studies of nutrition in nopal (Villareal *et al.*, 1963; Saag *et al.*, 1975; Bravo-Hollins, 1978; McGarvie and Parolis, 1979, 1981), is important for defining the feeding locations of this

por *H. nigriceps*, la sintomatología es acumulativa, es decir, los cladodios maduros pueden tener síntomas ocasionados por la alimentación de chinches de años anteriores.

Aunque no se detectaron diferencias entre la incidencia y severidad del cacarizo del nopal a diferentes altitudes y puntos cardinales fue evidente que, mediante la interpretación espacial y los índices de Morisita y Lloyd, la sintomatología presentó cierta tendencia de agregación hacia la zona poniente, donde se concentraron las poblaciones de *H. nigriceps*. Esto corroboró la relación cacarizo del nopal-*H. nigriceps* y el hábito de agregación de esa especie, como se presenta con otras especies con hábitos gregarios de la misma familia como *Lygus hesperus* Knight y *Sahlbergella singularis* Haglung (Schotzko y O’Keeffe, 1989; Bisseleu *et al.*, 2011).

La presencia de microclimas debido a cambios altitudinales es un factor que afecta la distribución de abejas y otros insectos polinizadores (Gonçalves and Stort, 1978; Salamanca-Grosso, 2009). En el caso de *H. nigriceps* la presencia de microclimas en la región de Milpa Alta, relacionados con la altitud (García, 1988; IMTA, 1996; Rodríguez y López, 2006), no parece afectar de manera importante la distribución del insecto y el cacarizo del nopal. Esto pudiera atribuirse, al menos en parte, a la capacidad adaptativa de esta especie de insecto para explotar el recurso nopal en el ambiente de Milpa Alta.

Un factor que puede influenciar la distribución del cacarizo del nopal es el manejo del cultivo. A pesar de ser el área con mayor superficie destinada a ese cultivo en México (SIAP, 2013), en Milpa Alta la agricultura es una actividad secundaria y los productores destinan relativamente menos tiempo a labores de manejo y control de plagas, incluida *H. nigriceps*, comparados con productores que tienen a la agricultura como actividad primaria (Vanegas-Rico *et al.*, 2010). Además, aparentemente no se proporciona suficiente atención al origen de cladodios que se usarán para establecer nuevas plantaciones. El ciclo de *H. nigriceps* es de un año y no son evidentes los lugares de oviposición en el cladodio (Palomares-Pérez, datos sin publicar), por lo cual es probable que al establecer nuevas plantaciones lleven huevos del insecto (Badii y Flores, 2001) y eso favorezca la dispersión de la chinche roja y del cacarizo del nopal. A la fecha no existe información del efecto del cacarizo del nopal sobre *O. ficus-indica*. No obstante, debido a la

species of insect. In addition to the preference for the feeding sites for *H. nigriceps*, the symptoms are cumulative, that is, the mature cladodes may have symptoms caused by the feeding of chinch bugs from previous years.

Although no differences were detected between incidence and severity of nopal *cacarizo* at different altitude and cardinal points, it was evident that using the spatial interpretation and the indices of Morisita and Lloyd, the symptoms presented certain tendency of aggregation in the western zone, where the populations of *H. nigriceps* were concentrated. This confirmed the relationship nopal *cacarizo*-*H. nigriceps* and the aggregation habit of this species, as occurs with other species with gregarious habits of the same family such as *Lygus Hesperus* Knight and *Sahlbergella singularis* Haglung (Schotzko and O’Keeffe, 1989; Bisseleu *et al.*, 2011).

The presence of microclimates due to altitudinal changes is a factor which affects the distribution of bees and other pollinating insects (Gonçalves and Stort, 1978; Salamanca-Grosso, 2009). In the case of *H. nigriceps* the presence of microclimates in the region of Milpa Alta, related to altitude (García, 1988; IMTA, 1996; Rodríguez and López, 2006) does not seem to have an important effect on the distribution of the insect and nopal *cacarizo*. This could be attributed, at least in part, to the capacity of this species of insect to exploit the nopal resource in the environment of Milpa Alta.

One factor that could influence the distribution of nopal *cacarizo* is crop management. Although it is the area with greatest surface destined to this crop in Mexico (SIAP, 2013), in Milpa Alta agriculture is a secondary activity and the producers destine relatively less time to management tasks and pest control, including *H. nigriceps*, compared with producers whose principal activity is agriculture (Vanegas-Rico *et al.*, 2010). Furthermore, apparently not enough attention is given to the origin of cladodes that are used to establish new plantations. The cycle of *H. nigriceps* is one year and the sites of oviposition in the cladode are not evident (Palomares-Pérez, unpublished data), therefore it is probable that eggs of the insect are present in the material used to establish new plantations (Badii and Flores, 2001), thus favoring the dispersion of the red chinch bug and nopal *cacarizo*. To date there is no information of the effect of nopal *cacarizo* on *O. ficus-indica*.

distribución de esta sintomatología en Milpa Alta, y a la severidad que puede alcanzar en algunas parcelas, es conveniente estudiar este fenómeno y sus posibles consecuencias en la vida productiva de las plantas.

CONCLUSIÓN

El cacarizo del nopal tiene distribución uniforme en 56 % del área de Milpa Alta, y severidad de 10 %. Hay correlación positiva entre el cacarizo del nopal y la presencia de *Hesperolabops nigriceps*. Además las labores de manejo del cultivo pueden favorecer la presencia y dispersión de la sintomatología.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Harry U. Brailovsky Alperowitz por corroborar la especie identificada como *Hesperolabops nigriceps*. Profesor Investigador del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca completa para poder realizar estudios de doctorado.

LITERATURA CITADA

Adobe System Incorporated. 2010. Adobe Photoshop CS6 for Windows.

Alonso-Barrera, B., G. Mora-Aguilera, G. Valdovinos-Ponce, D. L. Ochoa-Martínez, E. Rodríguez-Leyva, B. Tlapal-Bolaños, y R. De la Torre-Almaraz. 2015. Asociación de *Potexvirus* como agente causal de manchas cloróticas en *Opuntia ficus-indica*. Rev. Mex. Fitopatol. 33: 75-86.

Ayala-Escobar, V., M. de J. Yáñez-Morales, U. Braun, J. Z. Groenewald, and P. W. Craus. 2006. *Pseudocercospora opuntiae* sp. nov., the causal organism of cactus leaf spot in Mexico. Fungal Divers. 21: 1-9.

Badii, H. M., and E. A. Flores. 2001. Prickly pear cacti pest and their control in Mexico. Fla. Entomol. 84: 503-505.

Bisseleua, D. H., B. Yede, and S. Vidal. 2011. Dispersion models and sampling of cacao mirid bug *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: Miridae) on *Theobroma cacao* in Southern Cameroon. Environ. Entomol. 40: 111-119.

Bravo-Hollins, H. 1978. Las Cactáceas de México. vol. I. UNAM, México. 743 p.

Cadena-Hinojosa, M. A., R. Guzmán-Plazola, M. Díaz-Valasis, T. E. Zavala-Qiontana, O. S. Magaña-Torres, I. H. Almeida-León, H. López-Delgado, A. Rivera-Péña, y O. Rubio-Covarrubias. 2003. Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal en los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en valles altos y sierras de los estados de México. Rev. Mex. Fitopatol. 21: 248-259.

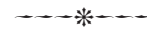
Campbell, C. L., and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons. New York, USA. 532 p.

Nevertheless, due to the distribution of these symptoms in Milpa Alta, and the severity that can be reached in some plots, it is convenient to study this phenomenon and its possible consequences on the productive life of the plants.

CONCLUSION

Nopal *cacarizo* has uniform distribution in 56% of the area of Milpa Alta, and severity of 10 %. There is positive correlation between nopal *cacarizo* and the presence of *Hesperolabops nigriceps*. Besides, management activities of the crop may favor the presence and dispersion of the symptoms.

—End of the English version—



Casas, A., and G. Barbera. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. In: Nobel, P. S. (ed.) Cacti Biology and Uses. University of California, Berkeley. pp: 143-162.

Diario Oficial de la Federación. 1997. Programa delegacional de desarrollo urbano de Milpa Alta. www.sideso.df.gob.mx/documentos/progdelegacionales/milpa[1].pdf

Flores, C. 2001. Producción, Industrialización y Comercialización de Nopalitos. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 27 p.

Froeschner, C. R. 1967. Revision of the cactus plant bug genus *Hesperolabops* spp. Kirkaldy (Hemiptera: Miridae). Proc. United States National Museum, USA. 123: 1-11.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, 5ª ed., Instituto de Geografía, UNAM, México 90 p.

Gomes^a, M. A., S. J. Michereff, y R. L. M. Mariano. 2004. Elaboração e validação de escala diagramática para Cercosporiose da alface. Summa Phytopathol. 30: 38-42.

Gonçalves, L. S. and A. C. Stort. 1978. Honey bee improvement through behavioral genetics. Annu. Rev. Entomol. 23: 197-213.

Griffith, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. Am. J. Bot. 91: 1915-1921.

IMTA. 1996. Extractor rápido de información climatológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. In: Rodríguez-Gamiño M. de L., y J. López-Blanco (eds). Caracterización de unidades biofísicas a partir de indicadores ambientales en Milpa Alta, Centro de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México 60: 46-61.

Le Houérou, H. N., G. F. Popov, and L. See. 1993. Agro-Bioclimatic Classification of Africa. Agrometeorology Series N° 6. Rome, Italy: FAO. 227 pp.

- Mann, J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. Bull. United States National Museum 256: 1-158.
- McGarvie, D., and H. Parolis. 1979. The mucilage of *Opuntia ficus-indica*. Carbohydr. Res. 69: 171-179.
- McGarvie, D., and H. Parolis. 1981. Methylation analysis of the mucilage of *Opuntia ficus-indica*. Carbohydr. Res. 88: 305-314.
- Mena-Covarrubias, J., y S. Rosas-Gallegos. 2004. Guía para el Manejo Integrado de las Plagas del Nopal Tunero. Publicación especial Num. 14. Segunda reimpresión, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. 34 p.
- Méndez-Gallegos, S. de J., D. Talavera-Magaña, y E. J. García-Herrera. 2008. Identificación y control de las enfermedades más comunes en el nopal. Rev. Salud Pública y Nutrición 14: 105-113.
- Melgarejo-Moreno, P. 2000. Tratado de Fruticultura para Zonas Áridas y Semiáridas. Vol. I. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 382 p.
- Palomares-Pérez, M., E. Rodríguez-Leyva, H. Brailowsky, and S. Ramírez-Alarcón. 2010. First record of *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) on *Opuntia ficus-indica* in Milpa Alta, México City. Neotrop. Entomol. 39: 829-830.
- Quezada-Salinas, A., J. S. Sandoval-Islas, D. Alvarado-Rosales, y E. Cárdenas-Soriano. 2006. Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Miller) en Tlalnepantla, Morelos, México. Agrociencia 40: 641-643.
- Rodríguez, G. M., y B. J. López. 2006. Caracterización de unidades biofísicas a partir de indicadores ambientales en Milpa Alta, centro de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México 60: 46-61.
- Saag, K. M., L., G. Sanderson, P. Moyna, and G. Ramos. 1975. Cactaceae mucilage composition. J. Sci. Food Agric. 26: 993-1000.
- Salamanca-Grosso, G. 2009. Variabilidad genética del ADN mitocondrial de poblaciones de abejas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en Colombia. Zootec. Trop. 27: 373-382.
- Schotzko, D. J., and L. E. O'Keefe. 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. J. Econ. Entomol. 82: 1277-1288.
- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). Cierre de la producción agrícola por cultivo. 2013. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Soltero-Díaz, L., y H. Williams-Alanís. 2003. Incidencia y severidad del cornezuelo (*Claviceps africana*, Frederickson, Mantle and de Millano) en híbridos comerciales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) en la Ciénaga de Chapala, Jalisco, México. Rev. Mex. Fitopatol. 21: 26-32.
- Surface Mapping System. 1997. Surfer (Win32) Version 6.04. Copyright® 1993-97, Golden Software, Inc.
- Tovar-Soto, S. A., M. M. Hernández, J. Cristóbal-Alejo, J. Romero-Hijo, y G. Mora-Aguilera. 2002. Escala logarítmica diagramática de severidad de la mancha negra (*Colletotrichum gloeosporoides* Penz.) en chirimoyo (*Annona chirimolla* Mill.). Rev. Mex. Fitopatol. 20: 103-109.
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, y J. M. Valdez. 2010. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. Acta Zool. Mex. (n.s.) 26: 415-433.
- Villareal, F., P. Rojas-Mendoza, V. Arellano, y J. Moreno. 1963. Estudio químico sobre seis especies de nopales (*Opuntia* spp.). Ciencia Mx. 22: 59-65.
- Wilcox, D., B. Dove, D. McDavid, and D. Greer. 2002. Image Tool for Windows ver.3.00. UTHSCSA.