

Herbivory of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on *Carica papaya* L.

Herbivoría de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) en *Carica papaya* L.

de Coss-Flores, Martha E.¹; Otero-Colina, Gabriel^{2*}; Aguilar-Fuentes, Javier³; Valle-Mora, Javier⁴

¹MEKOSS, S de R. L. MI. Tapachula, Chiapas, México. ²Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. ³Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. ⁴El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: gotero@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Characterize malformations caused by the mite *Polyphagotarsonemus latus* Banks, to papaya (*Carica papaya* L.) at three phenological stages.

Design/methodology/approach: Papaya seedlings variety Maradol kept at 26±2 °C, R.H. 65-80% and photoperiod 13:11 h (light: darkness), were infested with specimens of *P. latus*, in a completely randomized design with paired plots, at the phenological stages of three, five and seven true leaves, plus an uninfested control. With 10 weekly samplings, measurements were taken of area of the apical leaf, diameter of stems, fresh weight of petioles, stems and roots; number of apical, total and axillary leaves; number of specimens of every developmental stage of *P. latus*.

Results: Highly significant differences were recorded for leaf area, weight of total leaves, weight and diameter of the stem and number of leaves, between infested and uninfested plants. *P. latus* caused the so called "monkey's hand", with reduced foliar area; the most susceptible stage was five true leaves. This mite settles for short time on papaya leaves, making difficult to establish a relation between infestation and injuries.

Limitations of the study/implications: It is not excluded that other agents may cause similar injuries to papaya; because of that, mite control will not necessarily result on reduced injuries.

Findings/conclusions: *P. latus* causes symptoms to papaya plants such as color changes, malformations, reduced foliar area and necrosed apical tissues. In those injuries there is no apparent association of any virus.

Key words: broad mite, monkey's hand, Maradol, papaya.

RESUMEN

Objetivo: Caracterizar las deformaciones que el ácaro *Polyphagotarsonemus latus* Banks, causa a papayo (*Carica papaya* L.) en tres etapas fenológicas.

Diseño/metodología/aproximación: Plántulas de papayo variedad Maradol mantenidas a 26±2 °C, H.R. 65-80% y fotoperiodo 13:11 h (luz: oscuridad), se infestaron con ejemplares de *P. latus*, en un diseño completamente al azar en parcelas apareadas, en las etapas fenológicas de tres, cinco o siete hojas verdaderas, más un testigo sin infestación. Con diez muestreos semanales, se cuantificó área de la hoja apical, diámetro de tallos, peso fresco de peciolos, tallos y raíces; número de hojas apicales, totales y axilares; número de ejemplares de cada estado de desarrollo de *P. latus*.

Resultados: Se registraron diferencias altamente significativas en área foliar, peso de hojas totales, peso y diámetro del tallo y número de hojas, entre plantas infestadas y no infestadas. El ácaro *P. latus* causó la llamada "mano de mono", con reducción de área foliar; la etapa más susceptible fue cinco hojas verdaderas. Este ácaro se establece por corto tiempo en hojas de papayo, lo que dificulta establecer una relación entre su infestación y los daños causados.

Limitaciones del estudio/implicaciones: No se excluye que otros agentes puedan causar daños similares a papayo; por ello, el control de los ácaros no necesariamente resultará en reducción de daños.

Hallazgos/conclusiones: *P. latus* causa a plántulas de papayo síntomas tales como cambios de color a deformaciones, reducción de área foliar y necrosis de tejidos apicales. En estos daños no hay asociación aparente con algún virus.

Palabras clave: ácaro tropical, mano de mono, Maradol, papayo

INTRODUCCIÓN

El papayo (*Carica papaya* L.) es afectado a nivel mundial por 12 especies diferentes de ácaros (Pantoja *et al.*, 2002), entre éstos se encuentra al ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), que en diversas partes del mundo le causa daños, por ejemplo, en Cuba (Pérez y Almaguel, 1970) y en la Isla Reunión (Aubert *et al.*, 1981) y en México (de Coss, 2006).

Coexisten las plantas de papayo en sistemas de explotación agrícola con el ácaro *P. latus* y un síntoma de plantas del papayo conocido como mano de mono, el cual consiste en una intensa reducción de la superficie de las hojas que deja a las hojas prácticamente sin lámina foliar, de manera que semejan los dedos de un mono. Deformaciones similares a las que en México se conocen como las mencionadas, fueron atribuidas por Aubert *et al.* (1981) al ácaro *P. latus* en la Isla Reunión, mientras que, en México, dichos síntomas son atribuidos al virus de la mancha anular del papayo (Téliz *et al.*, 1991). Gómez y Pedrero (2000) consignan a *P. latus* como uno de los organismos responsables de la "distorsión foliar" y transmisor del virus de la mancha anular de la papaya (VMAP) en México.

El reconocimiento acertado del agente etiológico de una enfermedad es una condición indispensable para combatirla. En la región del Soconusco, Chiapas, México, se han intentado numerosos tratamientos para combatir al complejo de padecimientos que incluyen a la mancha anular y la mano de mono, incluyendo tratamientos acaricidas contra *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval y *P. latus* (Gómez y Pedrero, 2000), control de los insectos vectores del virus *Aphis* spp. y *Myzus persicae* Sulzer, así como la destrucción de plantas enfermas (Chalak *et al.*, 2017). La aplicación indiscriminada de técnicas de control de plagas y enfermedades, sin una debida orientación, ocasiona gastos innecesarios, contamina el ambiente y productos de consumo, además, genera plagas y enfermedades con resistencia a plaguicidas e induce la aparición de las plagas secundarias.

El propósito del presente trabajo fue caracterizar los síntomas cualitativos y cuantitativos en plántulas de papaya ocasionados por la herbivoría del ácaro *P. latus* en condiciones de infestación en invernadero y discernir entre los debidos al ácaro y los producidos por el VMAP, ya que el suponer que *P. latus* sea uno de los responsables vectores del VMAP (Gómez y Pedrero, 2000) le confiere una incorrecta posición de agente vector que le lleva a ser combatido inadecuadamente y propiciar con ello el manejo equivocado de las plagas en el cultivo, por lo que la producción de papaya pudiera ser afectada si no se cuenta con estudios básicos referentes a la biología y ecología de las especies de ácaros que lo infestan.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Tropical Research and Education Center de la Universidad de Florida, con sede en Homestead, Florida, en los Estados Unidos de América.

Material biológico. Se hicieron siembras escalonadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Pinto en charolas de plástico, usando como sustrato turba comercial, dos charolas cada semana, con el propósito de establecer una cría permanente de los ejemplares de *P. latus* que se utilizarían para el resto del estudio. La siembra de frijol y la cría de los ácaros mencionados se hicieron en una cámara bioclimática a temperatura de 26 ± 2 °C, con 65-89% de HR y fotoperíodo de 13 h luz/11 h oscuridad. Cuando las plantas de frijol habían alcanzado una altura de aproximadamente 10 cm (aproximadamente 8-10 d), se infestaron con ácaros *P. latus*.

Se sembraron semillas de papayo cultivar Maradol, en macetas individuales de plástico, y mantuvieron en un invernadero a 26 ± 2 °C, 65-80% de HR y un fotoperíodo de 13 h de luz y 11 h de oscuridad, en un arreglo completamente al azar de parcelas apareadas.

Las tres etapas fenológicas estudiadas quedaron comprendidas en las siguientes fases de desarrollo: a) tres pares de hojas verdaderas (3HV), b) cinco pares de hojas verdaderas (5HV) y 3) siete pares de hojas verdaderas (7HV).

Los tratamientos fueron cien plantas de papayo en la etapa de 3HV o 5HV, cincuenta como testigos y cincuenta para el tratamiento. Sesenta plantas en la etapa 7HV, treinta como testigos y treinta para el tratamiento. Estas plantas fueron infestadas cuando alcanzaron la etapa fenológica preestablecida; es decir, de 3, 4 y 5HV, y al término de cuatro días se realizó una segunda infestación a las mismas plantas.

Para llevar a cabo la infestación, en cada planta de papayo se colocó una hoja trifoliada de frijol previamente infestada con *P. latus*. Cada una de las hojas trifoliadas presentó una media de 91.1 ± 15 ♀ para 3HV, 22.7 ± 2 ♀ para 5HV y 33.3 ± 10 ♀ para 7HV.

Las plantas de papayo obtenidas de la forma descrita se consideraron libres del VMAP, ya que se ha demostrado repetidamente que este virus no se transmite por semilla (Chalak et al., 2017; dicha afirmación ha sido verificada por Gonzalves (1998). Se utilizaron trampas de color amarillo con pegamento para atraer a los áfidos para asegurar que las plantas de papaya continuaran libres de vectores del VMAP, y además se mantuvieron en secciones protegidas con plástico transparente para dividir a las infestadas de los testigos.

Se realizaron muestreos destructivos semanales. En cada uno se recolectaron al azar diez plantas de cada uno de los tratamientos (3HV, 5HV y 7HV) y diez plantas de cada uno de los testigos correspondientes, para un total de 20 plantas por tratamiento.

Se midieron las siguientes variables a las plantas: altura, área foliar de la hoja apical, diámetro de tallos, peso fresco de peciós, tallos y raíces; número de hojas apicales, hojas totales y hojas axilares. El peso fresco se midió con una balanza analítica y las áreas foliares se obtuvieron por el método de O'Neal et al. (2002),

consistente en colocar las hojas de papaya en un digitalizador conectado a una computadora equipada con un software (Image 4.0.2 para Windows, National Institute of Health, Bethesda, MD), para medir la superficie del área de los objetos en un formato digital. Todas las superficies se guardaron en un formato TIFF para ser analizadas en el software Image, los píxeles se convirtieron a centímetros cuadrados.

Las variables de las poblaciones de los ácaros fueron cantidades totales de número de hembras, machos, ninofocisálidas, larvas y huevecillos.

Los valores numéricos de las variables estudiadas se analizaron estadísticamente por el método de análisis discriminante y análisis discriminante canónico, donde los grupos estuvieron clasificados por fechas de muestreos y tratamientos, donde G1 fue el tratamiento 1 y fecha 1; G2, tratamiento 1, fecha 2; G3, tratamiento 1, fecha 3, y así sucesivamente. Cuando los valores estuvieron representados por ceros, se realizaron transformaciones logarítmicas de $X+1$.

Se realizaron descripciones cualitativas de los síntomas de los daños producidos por *P. latus* en las plantas, como resultado de la herbivoría. También se compararon los daños del ácaro con los atribuidos por la literatura a *P. latus* y *Eotetranychus lewisi* (McGregor) en papayo, así como al virus de la mancha anular de la papaya (VMAP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas de daño de *P. latus* en *Carica papaya* cv. Maradol

Las manifestaciones del daño provocado por *P. latus* en papayo cv. Maradol se describen a continuación en los niveles que se presentan a continuación. La Figura 1 ilustra hojas sanas y con deformaciones causadas por el ácaro.

Los daños principales fueron: Cambio de coloración, de verde brillante a verde opaco, la venación se torna sinuosa, en hojas formadas se presenta hundimiento del mesófilo y la venación es más aparente. Inicio de la reducción de la lámina foliar en hojas en formación, epinastia en peciós, rizado del borde foliar hacia abajo en hojas formadas, los peciós se observan abatidos. Venación con apariencia de cicatrices, el tejido del limbo se engruesa. Si hay primordios foliares, se deforman como muñones (pata de ganso). Tejido del limbo limitado a nervaduras (mano de mono), supresión de dominancia



Figura 1. Hojas de *Carica papaya* L. con daños causados por *Polyphagotarsonemus latus*. A: hojas sin daño y hoja con daño incipiente (circulada). B: hoja con daño intenso.

apical, pecíolos cortos y oscuros, proliferación de brotes, pecíolos de hojas axilares con epinastia. Necrosis de los tejidos apicales.

Existe confusión acerca de la causa de las deformaciones producidas en el papayo. Por lo anterior, en el Cuadro 1 se indica una comparación de la sintomatología de *P. latus*, *E. lewisi* y el VMAP, agentes a los que se atribuyen distorsiones similares. En la sintomatología mostrada en el presente estudio y la presentada por Aubert *et al.* (1981) se identificó a *P. latus* como el agente que las originó. Autores como Andrade *et al.* (1994), Arenas *et al.* (1992), y Téliz *et al.* (1991) confirmaron la presencia del VMAP por medio de ELISA, pero no descartaron la presencia de *P. latus*; mientras que Cook (1975) describió los síntomas sin asociarlos a un organismo determinado.

Es importante hacer notar que la reducción foliar como efecto de la herbivoría de *P. latus*, llamada también "mano de mono", se presentó como característica del daño ocasionado por el ácaro. Esta misma particularidad la observaron Aubert *et al.* (1981) y la atribuyeron al mismo ácaro, en plantas de papaya en la isla Reunión. Los mismos autores observaron que, cuando los brotes foliares eran atacados por el ácaro, las hojas jóvenes tomaban un aspecto de "pata de ganso". Ochoa *et al.* (1991) observaron que el daño de *P. latus* en *C. papaya* se manifiesta por un corrugamiento de las hojas jóvenes, que se tornan de color amarillo y cuyos bordes se doblan hacia el envés; al observar las imágenes presentadas por estos autores se puede apreciar la reducción pronunciada de la lámina foliar ("mano de mono") y el rizado hacia abajo. Téliz *et al.* (1991) mencionan que el VMAP se caracteriza por mosaico, amarillamiento, distorsión de hojas, manchas anulares en frutos y manchas acuosas en tallo y pecíolos del papayo. Sin embargo, Higa y Namba (1971) no consideran esta reducción foliar como síntoma de la virosis, sino afirman que las manifestaciones se restringen a las distintivas manchas anulares en frutos, reducción de la altura de la planta y en el rendimiento. Otros como Pantoja *et al.* (2002) consideran que el daño de este ácaro es confundido con los síntomas del VMAP, pero puede ser distinguido por la ausencia de man-

chas acuosas y en forma de anillo sobre los tallos y frutos, los cuales son característicos de la infección del virus.

Es importante hacer notar el comportamiento de *P. latus* de abandonar las hojas dañadas pocos días después de la infestación inicial, lo que ha propiciado que los síntomas se confundan con virosis; según Aubert *et al.* (1981), en el archipiélago de Hawai el virus del mosaico de la papaya (VMP) coexiste con los ataques de *P. latus*, aunque este último amenaza menos que el virus. Por otra parte, los mismos autores manifiestan que en la isla Reunión no existe ningún tipo de síntoma de virosis, por lo que la reducción foliar encontrada no se asocia con ningún virus, y por lo tanto, debe atribuirse al ataque de *P. latus*.

Síntomas parecidos a los atribuidos a *P. latus* en las plantas de papaya Maradol fueron atribuidos por López (2003) al daño de *E. lewisi* en la misma planta hospedante, y fueron descritos como, la reducción moderada del área foliar sin llegar a "mano de mono", pecíolos cortos, epinastia, bordes rizados de las hojas hacia abajo y necrosis. El mismo autor estudió el daño causado por *E. lewisi* a nivel celular en tejido foliar en papaya Maradol y consignó las siguientes estructuras alteradas: el aparato estomático presentó las células oclusivas cerradas, la epidermis foliar era más gruesa, las células del parénquima empalizada perdieron su forma original y presentaron menor contenido de clorofila, y las células del parénquima esponjoso cambiaron la forma prismática por globosa, y se formaron aglomeraciones celulares, dando la apariencia de "tumores".

Cuadro 1. Comparación de síntomas producidos por el virus de la mancha anular del papayo (VMAP) (*Carica papaya* L.), *Eotetranychus lewisi* (McGregor) y *Polyphagotarsonemus latus* (Banks).

Síntoma	Hospedante	Agente causal	Lugar	Prueba	Referencia
Mosaico, hojas distorsionadas y reducción de lámina foliar ("mano de mono"), copa foliar reducida, defoliación inferior, hojas apicales pequeñas y arrepolladas.	<i>Carica papaya</i> Cv. Maradol	VMAP	México (Veracruz)	ELISA	Andrade et al. (1994); Arenas et al. (1992)
Mosaico, amarillamiento y distorsión de hojas, manchas anulares en los frutos y manchas acuosas en tallo y peciolo.	<i>Carica papaya</i> Cv. Maradol	VMAP	México (Veracruz y Guerrero)	ELISA	Téliz et al. (1992).
Clorosis en hojas jóvenes, venas aparentes, rugosidad y moteado en lámina, severa malformación de lámina foliar (filiforme), tiras oscuras en peciolo y tronco, la planta no alcanza la altura normal, manchas anulares verde oscuro en frutos, peciolo acortados. Epinastia.	<i>Carica papaya</i>	VMAP	África, Australia, área del Caribe, China, Florida, Hawaii, India, y Suramérica	Observaciones	Cook (1975)
Reducción moderada de la lámina foliar, peciolo corto, bajo porte de la planta, epinastia, cambio a color verde opaco.	<i>Carica papaya</i> Cv. Maradol	<i>Eotetranychus lewisi</i>	México (Soconusco, Chiapas), Costa Rica	Infestaciones con el ácaro y pruebas de control	López (2003) Ochoa et al. 1991.
Tipo A. Tejidos del limbo se engruesan y se suberifican, hoja muñón ("pata de ganso"). Tipo B. Tejido del limbo limitado a las nervaduras. Tipo C. Grabado o estampado en hoja de talla normal. Tipo D. Supresión del meristemo terminal, reducción de la formación de hojas y exposición de los frutos al sol. Tipo E. Necrosis del meristemo terminal que avanza hacia el tallo. Tronco abierto con hinchamiento o dilatación. Frutos sin sabor y bajo contenido de azúcar, se pierden 5/6 de la producción.	<i>Carica papaya</i> Variedades hawaianas, australianas y chinas	<i>P. latus</i>	Isla Reunión, Océano Índico.	Remisión de síntomas con ausencia del ácaro. No remisión de síntomas con boro y antibióticos, resultados negativos para la transmisión del virus sobre plantas indicadoras	Aubert et al. (1981)
1. Cambio de coloración, venación sinuosa, hundimiento del mesófilo. 2. Epinastia en peciolo, rizado del borde de la hoja hacia abajo. 3. Tejido del limbo se engruesa, primordios como muñones. 4. Tejido del limbo limitado a nervaduras, supresión de dominancia apical, peciolo alargado, proliferación de brotes. 5. Necrosis de tejidos apicales.	<i>Carica papaya</i> Cv. Maradol	<i>P. latus</i>	México (Soconusco, Chiapas), Florida, USA.	Infestaciones con el ácaro y pruebas de control	Datos obtenidos en el presente estudio

Pantoja et al. (2002) mencionan que es característica del daño de *P. latus* la reducción y deformación foliar, así como la presencia de abundantes bandas cloróticas en el follaje. Lo anterior coincide con las características definidas en la "mano de mono" que se citan en este trabajo (Cuadro 1).

***P. latus* y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de tres pares de hojas verdaderas (3HV)**

Del análisis discriminante a las variables fenotípicas de las plantas de papayo, se aprecia que cuando se contrastaron con las variables de las plantas no infestadas, área foliar, peso de hojas totales, peso del tallo, número de

hojas, diámetro del tallo, y peso de las raíces fueron afectadas significativamente por la herbivoría del ácaro. Al realizar el análisis discriminante a las variables de daño, se obtuvieron resultados significativos (Lambda de Wilks=0.00537, $F_c=7.9854$, g. l.=81,519; $p<0.0000$). En la Figura 2 se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de tres hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis).

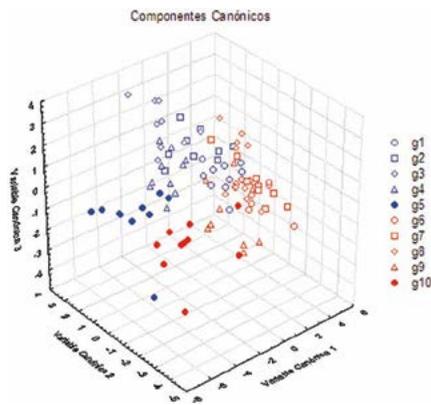


Figura 2. Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plantas de *Carica papaya* L. en tercer par de hojas verdaderas (3HV), como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* (g¹, g², g³, g⁴, g⁵, corresponden a las cinco diferentes fechas de los muestreos en 3HV infestadas; g⁶, g⁷, g⁸, g⁹, g¹⁰, corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

P. latus y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de cinco pares de hojas verdaderas (5HV)

El análisis discriminante a las variables fenotípicas de las plantas de papayo, se apreció que el área foliar, peso de hojas superiores, peso de hojas totales, peso de los tallos, peso de los peciolo, peso de las hojas axilares, número de hojas totales y diámetro del tallo, fueron significativamente afectadas por la herbivoría del ácaro cuando se compararon con las plantas sin daño. En la Figura 3 se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de cinco hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis). Al realizar el análisis discriminante a las variables previamente especificadas, se encontraron efectos significativos (Lambda de Wilks=0.00298, $F_c=7.7230$, g. l.=90,512; $p<0.0000$).

P. latus y su efecto en plantas de papayo infestadas en la etapa de siete pares de hojas verdaderas (7HV)

La Figura 4 muestra que el área foliar, número de hojas totales, diámetro del tallo, peso de hojas axilares y peso de hojas totales, fueron significativamente afectadas por

la herbivoría del ácaro cuando se compararon con las plantas no infestadas. Al realizar el análisis discriminante a las variables previamente especificadas, se encontraron efectos significativos (Lambda de Wilks=0.0255349, $F_c=4.813993$, g. l.=50,194; $p<0.0000$). En la misma figura se presenta la disposición en el espacio de los componentes canónicos de las variables evaluadas en plantas en la etapa de siete hojas verdaderas y se aprecia la separación de las variables morfométricas entre plantas infestadas y no infestadas (lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis).

Con base en la consistencia de las observaciones sobre la reducción del área foliar en las tres etapas fenológicas consideradas, sumado a la sintomatología de las hojas, se concluye que el ácaro *P. latus* es causante de deformaciones conocidas en la región del Soconusco, como "mano de mono" en las hojas del papayo, aunque no excluye que otros agentes puedan causar deformaciones similares, tal como el caso descrito por López (2003) para *E. lewisi* en hojas de papayo.

Respuesta de las poblaciones de los ácaros a la fenología de C. papaya

Del análisis discriminante a las variables previamente especificadas para las poblaciones de ácaros, se determinó que el número de hembras, ninfocrisálidas, larvas y huevecillos fueron afectadas por la fase fenológica de la planta, la cual influyó en la cantidad y proporción de estos estadios de desarrollo. La Figura 5 muestra los componentes canónicos de las variables de las poblaciones de ácaros para las tres etapas fenológicas (tercer, quinto y séptimo par de hojas verdaderas). No se observaron diferencias claras entre grupos, pero las variables contribuyeron significativamente a tal discriminación, lo cual se corrobora con las distancias de Mahalanobis. Al realizar el análisis discriminatorio a las variables previamente especificadas para las po-

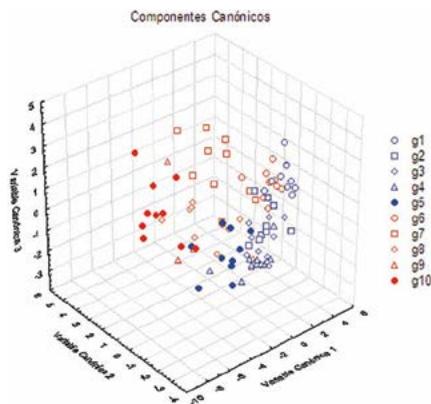


Figura 3. Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plántulas de *Carica papaya* L. en quinto par de hojas, como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* (g¹, g², g³, g⁴, g⁵, corresponden a las diferentes fechas de los tratamientos; g⁶, g⁷, g⁸, g⁹, g¹⁰, corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

blaciones de ácaros, se obtuvieron efectos significativos (Λ de Wilks=0.1880827, $F_c=3.808431$, $g.l.=60,532$; $p<0.0000$).

Las infestaciones con *P. latus* fueron más abundantes para la etapa fenológica de 5HV (Figura 6), por lo que la sintomatología de la herbivoría se presentó en los cinco niveles mencionados, con lo que se fortalece la hipótesis de que existe interacción entre la etapa fenológica de las plantas y la capacidad de *P. latus* para establecerse en ellas. Lo anterior ha sido soportado por estudios previos; por ejemplo, DeCoss-Romero y Peña (1998) observaron que las larvas y huevecillos del ácaro se presentaron durante siete semanas en *Capsicum annuum* L. durante las etapas fenológicas vegetativa y de floración, en comparación con las etapas de fructificación temprana y tardía que los contuvieron por cinco semanas solamente.

Las partes bucales de *P. latus* son incapaces de penetrar tejido lignificado (Jeppson et al., 1975), por lo que posiblemente fue más difícil penetrar el tejido del papayo de la fase fenológica de 7HV que las otras

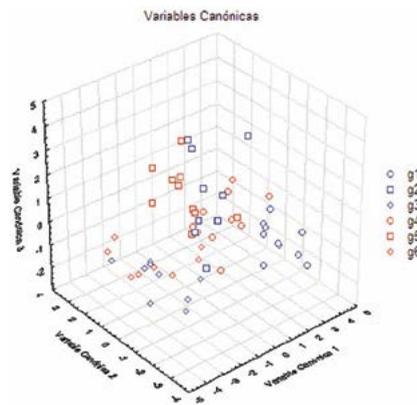


Figura 4. Componentes canónicos de las medidas de las variables morfológicas de las plántulas de *Carica papaya* L. en séptimo par de hojas, como respuesta a la herbivoría del ácaro *P. latus* (g^1 , g^2 , g^3 , corresponden a las diferentes fechas de los tratamientos g^4 , g^5 , g^6 , corresponden a las diferentes fechas de los testigos).

fases, en el entendimiento de que los tejidos jóvenes ya se encontraban dañados. Las toxinas inyectadas durante la alimentación causan alteración de la ontogenia de la planta (Aubert et al., 1981), y depende de la edad de la hoja, notándose que la etapa fenológica de 3HV fue la que manifestó menor daño, ya que éste también depende del grado de desarrollo de la planta, su constitución genética y de los factores ambientales (Peña, 1999).

La Figura 6 muestra el hecho relevante de que las poblaciones de *P. latus* en hojas de papayo fueron más bajas, comparadas con las poblaciones que estos mismos estadios pueden alcanzar en chile pimiento (*Capsicum annuum* L.), que son aproximadamente diez veces más altas (DeCoss-Romero y Peña, 1998). Esta situación sugiere que *P. latus* no prefiere al papayo, como se comprobó en un estudio comparativo de preferencia del ácaro a *Melanthera aspera* (Jacq) Small (saján blanco), *Phaseolus acuminatus* L. (frijol escumite) y *C. papaya*, en condiciones controladas de temperatura y humedad (De Coss et al., 2018).

Es importante señalar la presencia de isotiocianato bencílico como componente de los volátiles de las hojas del papayo cultivar Maradol (De Coss et al., 2009); dicha sustancia fue demostrada como disuasiva de oviposición para *Dacus* sp. (Diptera: Tephritidae) por Seo et al. (1983). Esta misma sustancia es considerada por Malavasi et al. (2004) como disuasivo de oviposición y también como agente de mortalidad de hue-

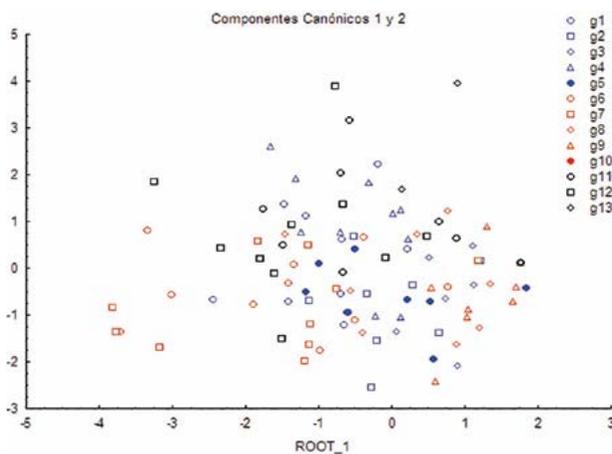


Figura 5. Componentes canónicos de las variables de las poblaciones de *P. latus* para las diferentes fechas de los tratamientos con ácaros: g^1 , g^2 , g^3 , g^4 , g^5 (3HV); g^6 , g^7 , g^8 , g^9 , g^{10} (5HV); g^{11} , g^{12} , g^{13} (7HV).

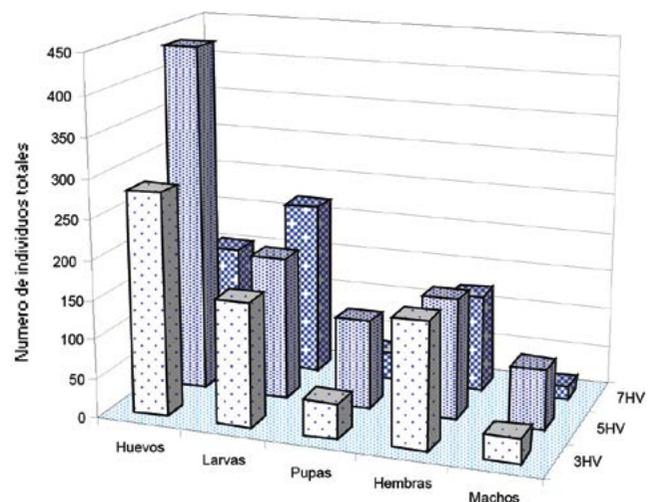


Figura 6. Poblaciones totales de *P. latus* en *Carica papaya* L., en los tres tratamientos. Cada barra incluye el total de ácaros colectados a lo largo de los muestreos realizados, con $n=10$ hojas examinadas en cada uno. De izquierda a derecha: hembras, machos, ninfocri-sálidas, larvas y huevecillos.



vos y larvas de primer ínstar de moscas de la fruta en los frutos verdes del papayo de la variedad Golden Sunrise Solo. Los aleloquímicos han sido considerados la base bioquímica de la resistencia en una planta hospedante, más que los nutrimentos (Slansky y Rodríguez, 1986). La respuesta de defensa directa de la papaya pudiera ser de tipo constitutiva; se sabe, por ejemplo, que la papaya contiene una proteasa cisteínica, la E-64, en la papaina, la cual es un factor crucial en la defensa contra larvas de varios lepidópteros (Konno *et al.*, 2004).

Tomando en cuenta que *P. latus* tiene quelíceros muy cortos, entre 15 y 40 mm de largo, y que éstos solamente pueden traspasar la epidermis hasta el parénquima esponjoso, pero no hasta el parénquima en empalizada (GuiLianYou *et al.*, 2001), sugiere que el daño que causan es además de naturaleza bioquímica, mediante la inyección de toxinas o algún tipo de reguladores de crecimiento con la saliva. Esto concuerda con Peña (1999), quien señala que el daño provocado por *P. latus* pudiera estar asociado a la toxina de la saliva, ya que los daños a las células adyacentes a los estomas en el mesófilo no son resultado de daño mecánico, sino de la acción sistémica de la toxina.

El daño de *E. lewisi* en el parénquima esponjoso del tejido foliar del papayo (López, 2003) puede ser similar al producido por *P. latus*, al producirse el mismo engrosamiento de la epidermis, deformación y proliferación del tejido. En hojas de *Hedera* sp., el mesófilo aparece homogéneo, sin diferenciación, con proliferación de células y la superficie dañada se torna callosa (Nemesthoty *et al.*, 1982). Al parecer ésta pudiera ser la causa de que el ácaro abandone el tejido dañado, puesto que sus apéndices son incapaces de penetrar paredes gruesas (Peña, 1999); o bien, como fue determinado por De Coss-Romero *et al.* (1993), los ácaros abandonan el chile en etapa de fructificación tardía. Esta condición se presenta ya que las partes bucales del ácaro son incapaces de penetrar el tejido lignificado, circunstancia tal que puede ser utilizada para seleccionar cultivares que pasan rápidamente por etapas altamente susceptibles al daño de este ácaro (Peña, 1999), como pudiera ser el caso de la papaya en vivero. Otro hecho relevante es que las poblaciones de *P. latus* aumentan rápidamente en papayo y así mismo decrecen, esto puede deberse a un tipo de reproducción "bing-bang" el cual es un tipo de reproducción que adoptan ciertos artrópodos para explotar el hospedante donde están y al cual abandonan, pues deben evitar factores que mermarían su crecimiento como la lignificación de tejidos (López, 2003; Nemesthoty *et al.*

1982). Al cabo de unas semanas, los propios daños de la herbivoría del ácaro hacen que la epidermis de las hojas no pueda ser perforada por los estiletes cortos de éste, y como consecuencia, se observa la desaparición completa de la población, similar a lo observado por Aubert *et al.* (1981). Lo anterior se refuerza con los datos reportados de la esperanza de vida de *P. latus* en papaya Maradol a 28 °C; estos fueron 1.4, 2.4 y 0.96 d para 55 ± 2 , 67.5 ± 2.5 y 97.5 ± 2.5 % de HR, respectivamente, estos valores son muy bajos al compararlos con otros cultivos (De Coss *et al.*, 2010). En las cifras reportadas en las tablas de vida sobre éste ácaro, se registraron de 12.56 a 20.78% más de mortalidad en los estados inmaduros en papaya Maradol que en otros tipos de cultivos a temperaturas y humedades relativas similares (De Coss, 2006), lo cual puede ser un indicativo de un fenotipo resistente si se comparan estos valores en la supervivencia de los estados inmaduros del ácaro (Kennedy y Barbour, 1992), pero no se tienen las referencias en otras variedades o cultivares de papayo.

CONCLUSIONES

En la respuesta de la herbivoría de *P. latus* a *C. papaya* se definieron cinco niveles de síntomas. Cambio de coloración, de verde brillante a verde opaco, la venación se torna sinuosa, en hojas formadas se presenta hundimiento del mesófilo y la venación es más aparente. Inicio de la reducción de la lámina foliar en hojas en formación, epinastia en peciolos, rizado del borde foliar hacia abajo en hojas formadas, los peciolos se observan abatidos. Venación con apariencia de cicatrices, el tejido del limbo se engruesa. Si hay primordios foliares, se deforman como muñones (pata de ganso). Tejido del limbo limitado a nervaduras (mano de mono), supresión de dominancia apical, peciolos cortos y oscuros, proliferación de brotes, peciolos de hojas axilares con epinastia. Necrosis de los tejidos apicales.

Esta reducción del área foliar o "mano de mono" se interpreta como la manifestación de la herbivoría del ácaro, pero no es exclusiva de esta especie. La etapa fenológica de 5HV fue la más susceptible a las poblaciones de los ácaros y la que presentó la mayor parte de las variables estudiadas como significativas, que contribuyeron a la discriminación entre las plantas infestadas y no infestadas. Las poblaciones de los ácaros son extremadamente bajas comparativamente con las que se pueden desarrollar en otras plantas, y tienden a extinguirse en todas las etapas fenológicas estudiadas, pero principalmente cuando la infestación ocurre en la etapa más madura que fue la de 7HV. Se puede determinar que las pobla-

ciones de hembras, pupas, larvas y huevecillos fueron afectadas por la fase fenológica de la planta y el escaso número de individuos contabilizados en todas las etapas fenológicas estudiadas, correspondieron a poblaciones que no logran colonizar en gran número, probablemente debido a que no hay preferencia, o antibiosis de la planta hospedante, lo que explicaría además la breve permanencia de *P. latus* en el papayo.

LITERATURA CITADA

- Andrade, H., Ávila, C., García, E., Mora, A., Nieto, D., Téliz, D. y Villanueva, J. 1994. La mancha anular del papayo en Veracruz, México, y su manejo integrado. Séptima Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz, Mex. Pp.: 87-92.
- Arenas, L., Avila, C., Cárdenas, E., Etchevers, J., Flores, C., García E., González, V., Matheis, L., Mora, A., Nieto, A., Riestra, D., Téliz, D., Velásquez J. y Villanueva, J. 1992. La virosis del papayo en Veracruz: etiología y control. Quinta Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. Resultados y Avances de Investigación. Pp : 62-71.
- Aubert, B., Lossois, P. y Marchal, J. 1981. Mise en évidence des dégats causés par *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) sur papayers à l'île de la Réunion. Fruits. 36: 9-24.
- Cook, A. A. 1975. Diseases of tropical and subtropical fruits and nuts. Hafner Press. Pp. 318.
- Chalak, S.U., S.N. Hasbnis and V.S. Supe. 2017. Papaya ring spot disease management: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6(5): 1911-1914.
- De Coss-Romero, M. y Peña, J. E. 1998. Relationship of broad mite (Acari: Tarsonemidae) to host phenology and injury levels in *Capsicum annuum*. Florida Entomol. 81: 515-526.
- De Coss, M. E. 2006. Bioecología y herbivoría del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en *Carica Papaya* L. Tesis Doctoral, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, 126 Pp.
- De Coss-Romero, M., Peña, J. E. y Duncan, R. 1993. Broad mite injury to *Capsicum annuum* at different growth stages. 76th Annual Meeting, FL Entomol. Soc. Aug 9-12. p. 20 (Abstract).
- De Coss, M. E., Reyes, A. E., Cabrera, M. E., Flores, R. y Cruz, L. 2009. Resistance in *Carica papaya* L. Cv. Maradol to the mite *Eotetranychus lewisi* (McGregor) induced by the herbivory of *Estigmene acrea* (Drury). Integrated Control of Plant-Feeding Mites. IOBC/wprs Bulletin Vol. 50, pp 11-12.
- De Coss, M. E., Aguilar, F. J. y Marroquín, A. F.J. 2018. Preferencia de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) a tres hospedantes: *Carica papaya* L., *Phaseolus acuminatus* L. y *Melanthera aspera* (Jacq) Small. Agroproductividad: Vol.11, Núm.12, diciembre. 2018. pp: 9-13
- Gómez, R. y Pedrero, R. 2000. Generalidades de la producción de papaya en México (Trabajo referativo). Plantaciones Modernas. Año 5 No. 1. (27 – 34). AGROSEM.
- Gonsalves, D. 1998. Control of papaya ringspot virus in papaya: a case study. Annual Review of Phytopathology, 36:415-437.
- Gui, L., Gong, X., Meng, G., Gui, L.Y., Gong, X.W. y Meng G.L. 2001. On the relationship between eggplant leaf structure and its resistance to broad mite. Acta Phytophylactica Sinica.Vol. 28, No. 3, Pp. 213-217.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H. y Baker, E.W. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, 614 Pp.
- Kennedy, G.G. y Barbour, J.D. 1992. resistance variation in natural and managed systems. In: Plant Resistance to Herbivores and Pathogens. Editores: Fritz, R. S. y S. L. Simms. The University of Chicago Press, Chicago 60637.
- Konno, K., Hirayama, Ch., Nakamura, M., Tateishi, K., Tamura, Y., Hattori, M. y Cono, K. 2004. Papain protects papaya trees from herbivorous insects: role of cysteine proteases in latex. The Plant Journal. Vol. 37: 370.
- León, P. 1999. Selectividad de áfidos (Homoptera: Aphididae) a plantas de sucesión temprana en un cultivar de *Carica papaya* L., en Mazatán, Chiapas. Tesis Maestría en Ciencias, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, 95 Pp.
- López, G. S. 2003. Niveles de herbivoría de *Eotetranychus lewisi* (McGregor) en plántulas de *Carica papaya* L. Tesis Licenciatura, Huehuetán, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas, Pp: 55.
- Malavasi, A., K. Uramoto, A. do Nascimento. 2004. Latex exudates of papaya as fruit fly oviposition deterrence factor. 5th Meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere. Ft. Lauderdale, Florida, USA. May 16-21. (Abstract).
- Nemesthoty, K. K., Volcsansky, E. y Simon, N. 1982. Influence of damage of the mites *Tarsonemus pallidus* Banks and *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) on the morphological properties of fatshedera and hederia leaves. Novennyvedelem. 18: 437-442.
- Ochoa, R., Aguilar, H. y Vargas. C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central. Guía Ilustrada. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 225 p.
- O'Neal, E. M., Landis, A. D. y Isaacs. R. 2002. An inexpensive, accurate method for measuring leaf area and defoliation through digital image analysis. J. Econ. Entomol. 95 (6): 1190-1194
- Pacheco, L.V. M. En prep. Niveles de daño de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en cuatro etapas fenológicas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Pantoja, A., Follet, P. y Villanueva-Jiménez, J. 2002. Pest of papaya. En: Peña, J.E., Sharp, J. L., y Wysoki, M. (eds). Tropical Fruit Pests and Pollinators. CABI Publishing, Pp.131-157.
- Pérez, R. y Almaguel, L.1970. Los ácaros fitófagos de Cuba y sus principales plantas hospederas. Ministerio de Agricultura de Cuba, Pp. 65
- Peña, J.E. 1999. Broad mite: damage and control. In: Acarology IX, Vol.2 Symposia. Editores: Needham, G. R., R. Mitchell, D. J. Horn y W.C. Welbourn. The Ohio Biological Survey Columbus, Ohio 43210.
- Seo, S. T., Tang, C.S., Sanidad, S. y Takenaka, T. H. 1983. Hawaiian flies (Diptera: Tephritidae): variation of index of infestation with benzyl isothiocyanate concentration and color of maturing papaya. Journal Econ. Entom. 76: 535-538.
- Slansky, F., y Rodríguez, J. G. 1986. Nutritional ecology of phytophagous mites. En: Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Editores Slansky y Rodríguez. John Wiley & Sons. Pp. 177-207.
- Téliz D., Mora, A., Nieto, D., Gonsalves, D., García, E., Matheis, L. y Avila, C. 1991. Papaya ringspot virus in Mexico. Rev. Mex. Fitopatología 9: 64-68.