

# Ciclo de vida y control de la mariposa asiática de los cítricos, *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae), una nueva plaga invasiva en Puerto Rico<sup>1,2</sup>

Alejandro E. Segarra-Carmona<sup>3</sup>, Irma Cabrera-Asencio<sup>3</sup>,  
Luisa E. Flores-López<sup>4</sup> y Luis Morales-Collado<sup>5</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 94(1-2):165-174 (2010)

## RESUMEN

La llegada en el 2006 de la mariposa asiática de los cítricos *Papilio demoleus* L. a Puerto Rico ha generado interés en conocer detalles sobre su control y sobre su ciclo biológico. Este trabajo estuvo dirigido a describir su ciclo de vida bajo condiciones locales, y a determinar, mediante pruebas de laboratorio, qué plaguicidas biológicos o de riesgo reducido serían efectivos en el manejo de sus poblaciones. Encontramos que en Puerto Rico, la mariposa tuvo un ciclo de vida de alrededor de 30 días. La etapa de huevo dura tres días; los estadios de los estados larvales 1 al 5 son de 3, 2, 3, 3 y 5 d, respectivamente; el estado de pupa, 12 días. Las cápsulas cefálicas de las hembras de último estado tienden a ser más grandes que las de los machos. Nuestros datos apuntan hacia la posibilidad de 12 o más generaciones al año de *P. demoleus* en Puerto Rico. Las pruebas de toxicidad aguda estomacal de terceros estados larvales indican que spinosad y *Bacillus thuringiensis* subs. *kurstaki* tienen mortalidades típicas de 100%. Otros plaguicidas probados, como la azadirachtina y una mezcla de piretrinas con rotenona, no fueron tan efectivos. Las posibles ventajas al uso de estos plaguicidas se discute a la luz de iniciativas para fomentar el uso de plaguicidas de “riesgo reducido” en cultivos como los cítricos.

Palabras clave: *Papilio demoleus*, plaga invasiva, ciclo de vida, control, cítricos

## ABSTRACT

Life cycle and control of the Asian lime swallowtail, *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae): A new invasive pest in Puerto Rico

The arrival of the invasive Asian lime swallowtail, *Papilio demoleus* L., in Puerto Rico has prompted the need for a better understanding of its life cy-

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 7 de febrero de 2008.

<sup>2</sup>La investigación se realizó con fondos del ‘Southern Center for Integrated Pest Management’ (SCIPM), Proyecto CSREES IPM001 “*Biologically-based management of the citrus leafminer, and other key citrus nursery pests in Puerto Rico: A Research and Education Project*”. Damos las gracias a la estudiante Luz Alcázar-Ríos por su ayuda.

<sup>3</sup>Catedráticos, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Programa de Protección de Cultivos. Favor de dirigir toda correspondencia a alejandro.segarr@upr.edu.

<sup>4</sup>Asociada en Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental Agrícola de Lajas.

<sup>5</sup>Ayudante de Investigaciones Científicas, Estación Experimental Agrícola de Lajas.

cle, and its control options under local citrus-producing conditions. Our results show that *P. demoleus* has a life cycle of approximately 30 days. From oviposition, eggs hatch in three days. Larval instar durations are 3, 2, 3, 3, and 5 d for larval stages 1 to 5, respectively. Pupal stage lasts approximately 12 days. Head capsule measurements for instars 1 to 4 are similar in males and females. Last instar females tend to be larger than males. Our data suggest that 12 or more generations are possible under local conditions. Acute stomach toxicity tests on third instar larvae indicate that spinosad and *Bacillus thuringiensis* subs. *kurstaki* cause 100% mortality in most concentrations tested. Other insecticides were not effective. Possible advantages of using these products are discussed in light of initiatives to use reduced risk pesticides and biologically-based pesticides.

**Key words:** *Papilio demoleus*, invasive pest, life cycle, control, citrus

## INTRODUCCIÓN

La mariposa asiática de los cítricos, *Papilio demoleus* L., fue reportada por Homziak y Homziak (2006) en la Reserva de la Biosfera del Bosque Seco de Guánica en marzo del 2006. Este hallazgo ocurre a solo dos años de su primer informe en América, en la región del Higüey de la Española (Guerrero et al., 2004). *Papilio demoleus* está considerada en muchos países como una plaga importante en cítricos, especialmente en plantaciones nuevas (Narayanamma et al., 2001; Guerrero et al., 2004). La especie aparenta ser especialista en el género *Citrus* L., donde se ha reportado en todas las especies de importancia económica, aunque también se le encuentra en otros géneros de Rutaceae (e.g., *Murraya* Koenig y *Zanthoxylum* L.) (Cheng y Chang, 2005). Pathak y Rizvi (2003) encontraron que el limón, *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle, es el hospedero donde mejor se desarrolla la mariposa y su favorito para ovipositar.

Como su nombre común lo indica, esta mariposa es probablemente originaria del continente asiático, aunque sus antepasados más remotos son oriundos de Madagascar (Zakharov et al., 2004). Su distribución actual incluye la península Arábiga y el Golfo Pérsico, Irán, India, Pakistán, China, Taiwán, Filipinas, Australia y muchas de las islas del Indo-Pacífico y donde solo recientemente se ha introducido (Guerrero et al., 2004). Se le conoce también por varios otros nombres comunes, tales como la mariposa del limón (*lemon swallowtail*), la mariposa de la lima (*lime swallowtail*), y la mariposa de cuadrados (*chequered swallowtail*).

Según Eastwood et al. (2006), se sospecha que su introducción en la isla de la Española estuvo relacionada con la importación de material de germoplasma proveniente de Asia, o con la introducción deliberada de los adultos como parte de actos festivos y bodas. No se conoce cómo llegó esta plaga a Puerto Rico. Aunque no descartamos las razones antes expuestas, existe también la posibilidad de que *P. demoleus* llegara mediante su propia capacidad de dispersión. Esta especie está recono-

cida por su alta vagilidad y su gran capacidad para hacer vuelos largos, como ha quedado demostrado por sus veloces invasiones geográficas, inclusive entre áreas desérticas y entre archipiélagos isleños en el Pacífico (Badawi, 1981; Matsumoto y Noerdjito, 1996; Matsumoto, 2002; Guerrero et al., 2004).

Desde su hallazgo en Puerto Rico, tanto productores de cítricas como entidades públicas han desarrollado gran interés en conocer más detalles sobre su control y sobre su ciclo biológico. Al presente, su ciclo de vida sólo ha sido estudiado en áreas geográficas no tropicales (e.g., Pakistán y Arabia Saudita) y se desconoce en Puerto Rico. Tampoco existen recomendaciones locales para uso de plaguicidas apropiados. Por consiguiente nuestro trabajo de investigación estuvo dirigido a describir su ciclo de vida bajo condiciones locales, y a determinar, mediante pruebas de laboratorio, qué plaguicidas biológicos o de riesgo reducido serían efectivos en el manejo de sus poblaciones.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

**Colección de material y crianza:** Inicialmente, coleccionamos huevos y larvas de la mariposa asiática en un sembrado de limones criollos [*Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle] localizado en la Estación Experimental Agrícola de Lajas (18°01'57"N y 67°04'23"O, a 30 m sobre el nivel del mar). Esta estación radica en la región suroeste de la Isla, en el Valle de Lajas, a unos 20 km al noroeste del sitio original de su descubrimiento en Guánica en el 2006. En los experimentos de desarrollo y ciclo de vida se utilizaron 20 individuos como parentales.

**Crianza y recopilación de parámetros de desarrollo.** En el laboratorio, colocamos 200 larvas individualmente en placas de Petri (10 cm de diámetro) con hojas frescas de limón criollo sobre papel de filtro humedecido con agua destilada. Mantuvimos las placas a temperatura ambiente ( $\sim 27^\circ \pm 2^\circ$  C) y fotoperíodo natural (cerca de 12:12 para diciembre a esta latitud). Además, reponíamos las hojas, limpiábamos las placas, y humedecíamos el papel dentro de la placa hasta obtener la pupa. Diariamente examinábamos las larvas anotando cualquier muda y midiendo la cápsula cefálica bajo un microscopio de disección (Olympus modelo SZX12) con micrómetro ocular con una precisión de 0.1 mm. La medida obtenida fue la distancia más larga de la cápsula cefálica entre las genas y perpendicular a la sutura epicranial, aproximadamente al nivel donde el vértice se une con el frons al centro de la cápsula. Cada pupa se depositó individualmente en conos hechos de papel de filtro, y dentro de jaulas de material de 'lumita' con un volumen interno de 6.1 m<sup>3</sup>.

**Pruebas de insecticidas por ingestión.** Ensayamos el efecto de toxicidad aguda de la ingesta mediante el uso hojas envenenadas con

uno de cuatro plaguicidas comercialmente formulados. Los plaguicidas investigados son considerados como de "riesgo reducido" o como bio-plaguicidas. Los primeros se definen como productos que ofrecen menos riesgos a la salud y al medio ambiente que otros plaguicidas convencionales, y los últimos están definidos como sustancias naturalmente derivadas de animales, plantas o microorganismos que son efectivas contra plagas o enfermedades (U.S. Environmental Protection Agency, 2006). Los productos comerciales usados fueron Pyrellin® E.C. (i.a. 0.6% piretrinas y 0.5% rotenona); Neemix® (i.a. 4.5% azadiractina); Spintor® 2SC (i.a., 22.8% spinosad - mezcla de spinosin A y spinosin D); y Dipel® DF (i.a. 10.3% *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* y endoproteína)<sup>6</sup>. Los primeros dos (i.e., Pyrellin y Spintor) están catalogados como plaguicidas de riesgo reducido por U.S. EPA, mientras que Dipel DF y Neemix 4.5 se consideran bioplaguicidas.

En las pruebas de envenenamiento por ingesta utilizamos hojas maduras de limón criollo sumergidas en cada solución, simulando así aspersiones de follaje saturado. Las soluciones de cada plaguicida correspondieron a (1) la dosis mínima recomendada (1X); (2) la mitad de esta dosis (0.5X); o el doble de la dosis recomendada (2X). Los insecticidas se mezclaron en solución de agua destilada con 0.1% del surfactante organosilicado Joint Venture®. En el caso de los testigos control, las hojas sólo se sumergieron en una solución 0.1% (v/v) de surfactante. Las concentraciones de ingrediente activo usadas por tratamiento (i.e., 0.5X, 1X, 2X) fueron (a) 5.8, 11.6, 23.3 mg/L de Pyrellin (total de piretrina + rotenona) (v/v); (b) 23.2, 46.4, 92.8 mg/L (v/v) de spinosad; (c) 38.3, 76.6, 153.2 mg/L (v/v) azadiractina; y (d) 6.3, 12.7, 25.3 mg/L (v/v) de Dipel (B.t. + proteína). Las hojas tratadas se secaban al aire fresco por 20 a 30 minutos antes de colocarlas con las larvas.

Una vez secas, las hojas tratadas se colocaban en placas de Petri (15 mm diámetro) sobre papel de filtro ligeramente humedecido. Cada placa contenía de tres a cuatro hojas tratadas. Usando un pincel de pelos finos añadimos 10 larvas del 3er estado a cada placa. Estas larvas no habían sido alimentadas por 12 horas para asegurar voracidad en la ingesta. Una vez en las placas, las larvas se alimentaron ad libitum en las hojas tratadas. Utilizamos dos réplicas, cada una formada por dos placas de 10 larvas, de cada dosis por plaguicida, y preparamos un testigo control correspondiente a cada plaguicida. Colocamos las placas en un lugar a temperatura ambiente ( $-27^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C) y fotoperíodo natural. Observamos la mortalidad de las larvas a las 24, 48 y 72 horas. A los

<sup>6</sup>Las marcas registradas sólo se usan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

supervivientes luego de las 72 horas los criamos con hojas no tratadas hasta que llegaron a adultos, observando anomalías en el crecimiento y en el desarrollo. Finalmente usamos la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad observada con la de los grupos control. Se utilizó la prueba de T para comparar entre machos y hembras en los ensayos de desarrollo, y ANOVA usando la prueba LSD para comparar entre promedios en las pruebas de insecticidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Desarrollo y ciclo de vida*

Los adultos tienden a emerger de la pupa entre 7 y 8 a.m., y en dos o tres horas ya han expandido las alas y están listos para aparearse. El apareo ocurre entre 10 y 12 del día ( $n =$  cinco parejas) y puede durar entre dos y cuatro horas, al cabo de las cuales la hembra empieza su postura de huevos (Figura 1). Las hembras pueden aparearse más de una vez y ovipositan en hojas tiernas de su hospedero, aunque es frecuente ver posturas en las ramas, espinas, y en plantas aledañas que no son hospederas (e.g., *Ipomoea* spp., Convolvulaceae). Los huevos recién puestos son amarillo verdosos, esféricos y sin mácula; según maduran puede observarse las máculas de las mandíbulas y de los ojos. El estado



FIGURA 1. Apareo de *Papilio demoleus* L. Hembra a la izquierda.

de huevo dura tres días a  $27^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$  ( $n = 129$ ). Según otros autores, la alimentación en cautiverio es un factor clave para determinar la longevidad y la fecundidad potencial (Munir, 2004). Aunque no hemos cuantificado el largo de vida de los adultos o su fecundidad, hicimos una observación de la postura de 60 huevos en un día por una hembra enjaulada. Otra hembra duró 16 días en cautiverio. Tanto Munir (2004) como Ather Rafi (1995) comentan que la supervivencia de *P. demoleus* es de aproximadamente siete días.

Las pruebas demostraron que en diciembre, en medio de la época más fría del año en esta latitud tropical, el periodo de desarrollo de *P. demoleus* es de aproximadamente 30 días. No observamos diferencias significativas entre machos y hembras en el tiempo total de desarrollo larval, aunque hay una tendencia en las hembras hacia un periodo larval más prolongado, ya que estuvieron un día más que los machos en su último estadio larval (Cuadro 1). Esta tendencia de las hembras se refleja también en su mayor tamaño al tiempo de la muda hacia la pupa (Cuadro 2). Utilizando la medida de las cápsulas cefálicas, observamos que durante el último estado larval las hembras adquieren mayor tamaño que los machos y tardan más tiempo en desarrollarse (Cuadros 1 y 2). Ningún otro estado o estadio fue diferente entre sexos. Hallamos que el periodo de incubación del huevo es de tres días, el periodo larval es de 12 a 15 días, y el periodo pupal es de 12 días.

El desarrollo de *P. demoleus* está directamente relacionado con la temperatura (Chatterjee et al., 2000). En áreas subtropicales de Pakistán, por ejemplo, el periodo de desarrollo desde huevo hasta adulto varía entre 26 días, en los meses cálidos del verano, y 59 días, en otoño y primavera (Ather Rafi, 1995). En las regiones más templadas de ese país se observan entre ocho y nueve generaciones al año, mientras que

CUADRO 1. Duración (en días) de los estadios de *Papilio demoleus*.

Estadio	N	Hembras	N	Machos	P
Huevo	61	$3.0 \pm 0.0$ días	68	$3.0 \pm 0.0$ días	NS
1 <sup>o</sup>	14	$2.6 \pm 0.4$ días	16	$3.7 \pm 0.6$ días	NS
2 <sup>o</sup>	14	$2.0 \pm 0.3$ días	16	$2.1 \pm 0.4$ días	NS
3 <sup>o</sup>	12	$2.6 \pm 0.3$ días	15	$2.7 \pm 0.3$ días	NS
4 <sup>o</sup>	12	$3.0 \pm 0.4$ días	15	$3.2 \pm 0.6$ días	NS
5 <sup>o</sup>	10	$5.4 \pm 0.2$ días	13	$4.3 \pm 0.4$ días	0.04*
Larva 1 a 5	10	$15.0 \pm 1.0$ días	13	$12.2 \pm 1.7$ días	NS
Pupa	10	$12.2 \pm 0.4$ días	13	$12.3 \pm 0.5$ días	NS
Huevo a Adulto		$30.0 \pm 2.0$ días		$26.5 \pm 2.4$ días	NS

(NS = las medias no son significativamente diferentes usando prueba de T de Student y  $p > 0.05$ ).

CUADRO 2. Ancho de la cápsula cefálica (mm) en larvas de *Papilio demoleus L. criadas en el laboratorio.*

Estado	N	Hembras	N	Machos	P
1 <sup>o</sup>	14	0.75 ± 0.10 mm	16	0.77 ± 0.09 mm	NS
2 <sup>do</sup>	14	1.27 ± 0.12 mm	16	1.31 ± 0.13 mm	NS
3 <sup>o</sup>	12	1.98 ± 0.14 mm	15	2.08 ± 0.17 mm	NS
4 <sup>o</sup>	12	2.97 ± 0.10 mm	15	2.77 ± 0.07 mm	NS
5 <sup>o</sup>	10	4.71 ± 0.15 mm	13	4.33 ± 0.09 mm	0.03*

(NS = las medias no son significativamente diferentes usando prueba de *T* y *p* > 0.05).

en áreas más cálidas pueden desarrollarse hasta 13 generaciones en un año (Munir, 2004). La diferencia estriba en que, en áreas más frías, el invierno pakistaní causa que la mariposa entre en diapausa invernal en su estado de pupa, que puede durar entre cuatro y cinco meses (Ather Rafi, 1995). Badawi (1981) reporta nueve generaciones en Riyadh, Arabia Saudita.

Nuestros datos apuntan hacia la posibilidad de 12 o más generaciones al año de *P. demoleus* en Puerto Rico, especialmente si su desarrollo larval es más rápido en períodos mas cálidos del año. Tenemos que añadir que nuestras observaciones de dos años en Lajas indican mayor prevalencia de la mariposa durante la época fría del año (noviembre a enero), y bajas poblaciones durante el verano (mayo a septiembre). Esta observación parece estar en conflicto con nuestra hipótesis de que ocurren hasta 12 generaciones al año. La resolución de esta pregunta requiere más experimentación para determinar si *P. demoleus* entra en una etapa de estivación o diapausa reproductiva en las épocas más calurosas del año.

#### *Control de P. demoleus con bioplaguicidas y plaguicidas de riesgo reducido*

Nuestras pruebas de toxicidad aguda en ingesta demuestran que los productos ensayados más efectivos fueron spinosad (Spintor), en todas las dosis evaluadas, y *Bacillus thuringiensis (B.t.)* subs. *kurstaki* (Cuadro 3). Todas las dosis de spinosad ocasionaron 100% de mortalidad de los 3ros estados a las 24 h. Los otros productos ensayados, Neemix 4.5 y Pyrellin, no fueron tan efectivos contra la plaga. Con éstos, la mortalidad aproximada en dosis altas fue de 50% o menos.

Nuestros resultados representan el primer informe sobre la efectividad de spinosad sobre *P. demoleus*, evidenciado por un inmediato cese de actividades de alimentación y un 100% de mortalidad en las primeras seis horas post tratamiento. El uso de este producto puede ser una

CUADRO 3. Porcentaje de mortalidad corregida, usando la fórmula de Abbott (1925), para 3<sup>er</sup>os estados de *Papilio demoleus* expuestos a diferentes dosis de cuatro plaguicidas en el laboratorio.

Plaguicida	Dosis	24 h	48 h	72 h**
<i>B.t. 'kurstaki'</i>	0.5x	75	90	90 <b>a</b>
	1x	100	100	100 <b>a</b>
	2x	100	100	100 <b>a</b>
Pyrellin EC	0.5x	0	0	0 <b>b</b>
	1x	0	0	0 <b>b</b>
	2x	40	45	45 <b>b</b>
Spintor 2 SG	0.5x	100	100	100 <b>a</b>
	1x	100	100	100 <b>a</b>
	2x	100	100	100 <b>a</b>
Neemix 4.5	0.5x	0	0	0 <b>b</b>
	1x	5	26	37 <b>b</b>
	2x	21	42	58 <b>b</b>

\*\*Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) usando la prueba LSD entre las mismas dosis de diferentes plaguicidas.

alternativa adecuada contra las larvas de esta mariposa por su reputación de tener impactos reducidos contra enemigos naturales comunes en cítricas. Por ejemplo, Elzen (2001) encontró que spinosad era menos tóxico a depredadores generalistas en sistemas agrícolas. Otros autores han encontrado resultados similares (Tillman y Mulrooney, 2000; Musser y Shelton, 2003). Desafortunadamente, hay también informes de efectos letales y subletales sobre parasitoides himenópteros (Hill y Foster, 2000; Nowak et al., 2001; Tillman y Mulrooney, 2000), por lo que una recomendación definitiva del producto debe tener en cuenta su impacto sobre los enemigos naturales. Precauciones similares han de aplicarse a los otros productos usados en estas pruebas. Por ejemplo, azadiractina, el ingrediente activo de Neemix 4.5, causa altas toxicidades sobre importantes enemigos naturales de áfidos en cítricas, tales como Neuroptera: Chrysopidae (Medina et al., 2003) o sobre parasitoides himenópteros (Saber et al., 2004).

Nuestro hallazgo de la alta efectividad de *B.t.* contra *P. demoleus* es de especial significado. Estos resultados confirman lo observado por Savithri y Narayanamma (2003) que hallaron que el *B.t.*, en concentraciones de entre 25 y 75 mg/L, ocasionaba 100% de mortalidad en larvas de 3er estado. Sin embargo, nuestros resultados indican que concentraciones aún menores a las usadas por estos autores (i.e., 6.3 y 12.7 mg/L) son igualmente efectivas. Otros autores confirman la efectividad de *B.t.* en el campo contra esta plaga, siendo tan efectivo como

el plaguicida convencional cypermethrin, un piretroide sintético (Narayanan y Jayaraj, 1974; Gopalakrishnan y Gangavisalakshy, 2005). En términos de la protección de enemigos naturales, *B.t. 'kurstaki'* ofrece una alternativa excelente por su inocuidad restringida sólo a lepidópteros herbívoros.

Finalmente, la búsqueda de alternativas de manejo de plagas con bajo impacto a la salud del usuario y las poblaciones de enemigos naturales es de especial importancia en Puerto Rico, donde tradicionalmente el uso de insumos insecticidas en cítricas es bajo. Según algunos autores, la mayoría de las plagas insectiles de cítricas en Puerto Rico parecen estar bajo controles naturales adecuados, probablemente debido al bajo uso de insecticidas (Michaud, 2003; Michaud y Browning, 1999). Por consiguiente, cualquier acción de control de plagas debe ser cuidadosamente escogida para no afectar el delicado balance entre otras plagas y sus enemigos naturales.

#### LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S., 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Ather Rafi, M., 1995. Bionomics of citrus butterfly *Papilio demoleus* L. (Lepidoptera: Papilionidae) in the rainfed ecology of Pakistan. Thesis (Resumen). University of Karachi, Department of Zoology. 149pp.
- Badawi, A., 1981. Studies on some aspects of the biology and ecology of the citrus butterfly *Papilio demoleus* L. in Saudi Arabia (Papilionidae, Lepidoptera). *Z. Angew. Entomol.* 91:286-292.
- Chatterjee, H., J. Ghosh, y S. K. Senapati, 2000. Influence of important weather parameters on population fluctuation on major insect pest of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco) at Darjeeling district of West Bengal (India). *J. Entomol. Res.* 24(3):229-233.
- Cheng, C. L. y C. C. Chang, 2005. Effect of temperatures on the development of *Papilio demoleus libanius* (Lepidoptera: Papilionidae). *Plant Prot. Bull.* 47:293-304.
- Eastwood, R., S. L. Boyce y B.D. Farrell, 2006. The provenance of Old World swallowtail butterflies, *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae), recently discovered in the New World. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99:164-168.
- Elzen, G. W., 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94:55-59.
- Gopalakrishnan, C. y P. N. Gangavisalakshy, 2005. Field efficacy of commercial formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* against *Papilio demoleus* L. on citrus. *Entomol.* 30:93-95.
- Guerrero, K. A., D. Veloz, S. L. Boyce y B. D. Farrell, 2004. First New World documentation of an Old World citrus pest, the lime swallowtail *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae), in the Dominican Republic (Hispaniola). *American Entomol.* 50:224-226.
- Hill, T. A. y R. E. Foster, 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Econ. Entomol.* 93:763-768.

- Homziak, N. T. y J. Homziak, 2006. *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae): A new record for the United States, Commonwealth of Puerto Rico. *Fla. Entomol.* 89: 85-488.
- Matsumoto, K., 2002. *Papilio demoleus* (Papilionidae) in Borneo and Bali. *J. Lepid. Soc.* 56:108-111.
- Matsumoto, K. y A. W. Noerdjito, 1996. Establishment of *Papilio demoleus* L. (Papilionidae) in Java. *J. Lepidop. Soc.* 50: 139-140.
- Medina, P., G. Smagghe, F. Budia, L. Tirry y E. Viñuela, 2003. Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxyfen, and tebufenozide after topical application in predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 32:196-203.
- Michaud, J. P., 2003. Three targets of classical biological control in the Caribbean: Success, contribution, and failure, pp. 335-342. In: R. van Diresche (Ed.). First international congress on biological control of arthropods, Jan. 14-18, 2002, Honolulu, Hawaii. USDA Forest Service, Morgantown, WV, 573 pp.
- Michaud, J. P. y H. W. Browning, 1999. Seasonal abundance of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida*, (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in Puerto Rico. *Fla. Entomol.* 82:424-447.
- Munir, A., 2004. Bionomic studies of common mormon, *Papilio polytes* L., in comparison with citrus butterfly, *Papilio demoleus* L. (Lepidoptera: Papilionidae), from lower Sindh, Pakistan. Thesis (Resumen). University of Karachi, Department of Zoology, 347pp.
- Musser, F. R. y A. M. Shelton, 2003. Bt sweet corn and selective insecticides: Impacts on pests and predators. *J. Econ. Entomol.* 96:71-80.
- Narayanamma, V. L., P. Savithri y R. Rao, 2001. Influence of citrus butterfly *Papilio demoleus* L. damage on growth parameters of the sweet orange host plant. *Indian J. Plant Prot.* 29:140-141.
- Narayanan, K. y S. Jayaraj, 1974. Mode of action *Bacillus thuringiensis* Berliner in citrus leaf caterpillar, *Papilio demoleus* L. (Papilionidae: Lepidoptera). *Indian J. Exp. Biol.* 12:89-91.
- Nowak, J. T., K. W. McCravy, C. J. Fettig y C. W. Berisford, 2001. Susceptibility of adult hymenopteran parasitoids of the Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae) to broad-spectrum and biorational insecticides in a laboratory study. *J. Econ. Entomol.* 94: 1122-1129.
- Pathak, M. y P. Q. Rizvi, 2003. Age specific survival and fertility table of *Papilio demoleus* at different set temperatures and host plants. *Indian J. Entomol.* 65:123-126.
- Saber, M., M. Jalil Hejazi y S. Ali Hassan, 2004. Effects of azadirachtin / neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae*. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.* 97:905-910.
- Savithri, P. y V. L. Narayanamma, 2003. Evaluation of biopesticides against the citrus butterfly. *Indian J. Plant Protection.* 31:15-106.
- Tillman, P. G. y J. E. Mulrooney, 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 93:1638-1643.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2006. Code of Federal Regulations, part 40 section 152.25(g). [40CFR §152.25(g)].
- Zakharov, E. V., C. R. Smith, D. C. Lees, A. Cameron, R. I. Vane-Wright y F. A. H. Sperling, 2004. Independent gene phylogenies and morphology demonstrate a Malagasy origin for wide-ranging group of swallowtail butterflies. *Evolution* 58:2763-2782.