



---

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## **CICLO DE VIDA Y PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE *Dactylopius opuntiae* (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) SOBRE *Opuntia ficus-indica* (CARYOPHYLLALES: CACTACEAE)**

**JUAN ANTONIO PALAFOX LUNA**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2016

---

La presente tesis titulada: “**CICLO DE VIDA Y PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE *Dactylopius opuntiae* (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) SOBRE *Opuntia ficus-indica* (CARYOPHYLLALES: CACTACEAE)**” realizada por el alumno: Juan Antonio Palafox Luna, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

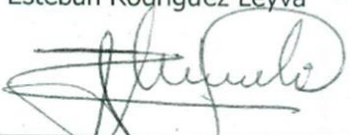
MAESTRO EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Esteban Rodríguez Leyva

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. J. Refugio-Lomeli Flores

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ana Lilia Viguera Guzmán

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2016

**CICLO DE VIDA Y PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE *Dactylopius opuntiae*  
(HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) SOBRE *Opuntia ficus-indica*  
(CARYOPHYLLALES: CACTACEAE)**

Juan Antonio Palafox-Luna M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

**RESUMEN**

*Dactylopius opuntiae* es la principal plaga del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en varios países del mundo y su biología se ha estudiado sobre *Opuntia megacantha*. Existe evidencia de que la biología y fecundidad de fitófagos varían dependiendo del hospedante sobre el que se desarrollan, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue describir la biología y parámetros poblacionales de *D. opuntiae* sobre *O. ficus-indica*, la cual es la principal especie de nopal cultivado en el mundo. Se evaluó el ciclo de vida, fecundidad y longevidad a  $25 \pm 1$  °C y 12:12 L:O. El periodo de incubación fue 61.78 min. El tiempo de desarrollo de la ninfa I fue  $7.68 \pm 1.49$  d en hembras y  $8.59 \pm 1.54$  d en machos; la ninfa II  $9.07 \pm 1.98$  d en hembras y  $7.74 \pm 0.79$  d en machos; solo los machos presentaron pupa ( $8.18 \pm 1.05$  d). El tiempo de desarrollo de *D. opuntiae* sobre *O. ficus-indica* se completó en  $16.78 \pm 2.69$  d en hembras y  $24.48 \pm 2.23$  d en machos. La fecundidad de hembras establecidas en cladodios fue mayor ( $567.57 \pm 162.58$  individuos) respecto a las hembras confinadas en caja Petri ( $344.25 \pm 121.70$ ). Para las hembras establecidas en los cladodios la tasa neta de reproducción ( $R_o$ ), tiempo de generación (T), tasa intrínseca de incremento ( $r_m$ ), tiempo de duplicación (DT) y tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) fueron 283.05, 40.92, 0.13, 5.02, y 1.14 respectivamente. En este trabajo se discute la biología básica de la especie y su potencial reproductivo.

**Palabras clave:** Cochinilla silvestre del nopal, biología, fecundidad y potencial reproductivo.

**LIFE CYCLE AND BIOLOGICAL PARAMETERS OF *Dactylopius opuntiae***  
**(HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) ON *Opuntia ficus-indica***

**(CARYOPHYLLALES: CACTACEAE)**

Juan Antonio Palafox-Luna M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

**ABSTRACT**

*Dactylopius opuntiae* is one of the most important pest of nopal (*Opuntia ficus-indica*) in different countries in the world and its biology has been studied only on *Opuntia megacantha*. There is evidence that the biology and life history of phytophagous insects differ among hosts and that could bring an erroneous idea of the reproductive potential. We quantified the biology and life history of *D. opuntiae* feeding on *O. ficus-indica*, which is the most important host of this insect around the world, under laboratory conditions ( $25 \pm 1$  °C y 12:12 L:O). *D. opuntiae* developmental times were 61.78 min, and 7.68, 8.59, 9.07, 7.74 days for eggs, female nymph I, male nymph I, female nymph II and male nymph II respectively. Only males presented a pupal stage (8.18 d). The average developmental time for females was  $16.78 \pm 2.69$  d and  $24.48 \pm 2.23$  d for males. Adult females kept on the cladodes lived longer ( $44.68 \pm 4.62$  d) than females detached of the cladodes ( $26.14 \pm 3.13$  d). Each female kept on cladodes produced  $567.57 \pm 162.58$  offspring, which was bigger than females detached of the cladodes ( $344.25 \pm 121.70$ ). For females kept on the cladodes the net reproductive rate ( $R_0$ ), generation time (T), intrinsic rate of increase ( $r_m$ ), doubling time (DT) and finite rate of increase ( $\lambda$ ) were 283.05, 40.92, 0.13, 5.02, and 1.14 respectively. The biology and reproductive potential of *D. opuntiae* is discussed.

**Key words:** Wild cochineal insect, biology, life history.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad continuar mi formación profesional.

A mi familia por apoyarme en mi decisión de realizar una maestría lo que implicó vivir lejos de ellos.

A mi consejo particular por las sugerencias recibidas y apoyo en el desarrollo de la investigación.

	Pagina
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	4
<b>2.1 Material biológico y cría de <i>D. opuntiae</i></b> .....	4
<b>2.2 Biología y ciclo de vida</b> .....	5
<b>2.3 Fecundidad</b> .....	5
<b>2.4 Análisis de datos</b> .....	7
<b>3. RESULTADOS</b> .....	8
<b>3.1 Biología y ciclo de vida</b> .....	8
<b>3.2 Fecundidad</b> .....	9
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	12
<b>5. LITERATURA CITADA</b> .....	16

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Página

Cuadro 1. Tiempo de desarrollo (días $\pm$ EE) de <i>Dactylopius opuntiae</i> sobre nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) a $25\pm 1^\circ\text{C}$ y $40\pm 10\%$ HR. ....	8
Cuadro 2. Parámetros poblacionales de <i>Dactylopius opuntiae</i> fijas y retiradas de los cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ y $40\pm 10\%$ HR). ....	11
Figura 1. Método de infestación de cladodios con hembras de <i>D. opuntiae</i> .....	12
Figura 2. Hembras de <i>D. opuntiae</i> fijas al cladodio.....	14
Figura 3. Hembras de <i>D. opuntiae</i> retiradas del cladodio.....	14
Figura 4. Fecundidad semanal de <i>Dactylopius opuntiae</i> con hembras fijas o retiradas de los cladodios ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ y $40\pm 10\%$ HR).....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

El nopal *Opuntia ficus-indica* (Caryophyllales: Cactaceae) tiene mejor calidad de frutos y cladodios que otras especies de *Opuntia*, y menor cantidad de espinas, lo que puede estar relacionado con los procesos de domesticación y selección en México (Griffith, 2004). En México, de donde es originaria esta especie, es relevante por su importancia alimenticia, forrajera e industrial (Kiesling, 1998; Griffith, 2004). La superficie cultivada es de alrededor de 70,000 ha para la obtención de cladodios inmaduros para consumirse como vegetales (nopalitos) y de frutos (SIAP, 2014). En otros países como Argentina, Bolivia, Chile, España, Italia, Perú e Israel se cultivan para la obtención de frutos (Githure *et al.*, 1999; Portillo y Viguera, 2008; Silva *et al.*, 2013; Spodek *et al.*, 2014); mientras que en Brasil y algunos países de África se destinan extensas superficies para forraje (Githure *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2013). Por último, una superficie de menor importancia se explota para la producción de cochinilla fina y la extracción de carmín (Viguera y Portillo, 2001; SIAP, 2014).

Al igual que otros cultivos el nopal es atacado por insectos fitófagos. La lista de artrópodos asociados a *O. ficus-indica* incluye a 167 especies (Mann, 1969), de las cuales sólo 11 especies de insectos se consideran plagas primarias en alguna región o temporada de cultivo en México (Mann, 1969; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; Cerón-González *et al.*, 2012). De estos insectos, la escama *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) es una plaga primaria en México y en varios países del mundo como Brasil, España, Turquía, Israel y Marruecos (Githure *et al.*, 1999; Portillo y Viguera, 2006; Vanegas-Rico *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2013; Spodek *et al.*, 2014).



*Dactylopius opuntiae* ocasiona daño por alimentación (succión de savia) lo que produce clorosis y disminución en el rendimiento del nopal, la presencia de esta escama en más del 75% de la superficie de los cladodios provoca la muerte de estos (Mann, 1969; Vanegas-Rico *et al.*, 2010). Aunque no hay cifras exactas de pérdidas ocasionadas por *D. opuntiae* en el mundo, recientemente en Brasil, de donde no es nativa esta especie, se reportaron alrededor de 100,000 ha dañadas por este insecto (Silva *et al.*, 2013). También se reportó de Líbano e Israel, como plaga exótica, que requiere de un programa de control para proteger áreas naturales de *Opuntia ficus-indica* (Spodek *et al.*, 2014).

Existen diferentes métodos para contrarrestar los daños causados por *D. opuntiae* pero el control químico es el más utilizado, a pesar de no existir insecticidas autorizados para su uso en nopal (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004; Cerón-González *et al.*, 2012). Para solucionar esta situación, en países como Israel y Brasil se contempla iniciar programas de control biológico clásico de *D. opuntiae* y se hace énfasis en el uso de depredadores como agentes de control. Recientemente se han caracterizado algunos depredadores de esta plaga (Vanegas-Rico *et al.*, 2010, 2016; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011) y también se han demostrado algunas ventajas del complejo de enemigos naturales de esta especie en México (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016; Vanegas-Rico *et al.*, 2016). En los trabajos sobre depredadores de *D. opuntiae* se evaluaron características biológicas como voracidad, respuesta funcional, tasa intrínseca de incremento, tasa neta de reproducción, así como ciclo de vida (Vanegas-Rico *et al.*, 2010, 2016; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011). Esta información debe compararse con los parámetros poblacionales de la plaga para seleccionar posibles agentes de control biológico (Bellows *et al.*, 1992); no obstante, se desconoce el potencial reproductivo de *D. opuntiae* sobre su principal hospedante en el mundo.

Aunque *D. opuntiae* es una plaga de importancia mundial la información disponible de su biología es insuficiente. Solo existe un trabajo publicado de biología básica del insecto en *O. megacantha*; esta hospedera tiene relevancia en el norte de México por su uso como forraje y para recolecta de frutos (Flores-Hernández *et al.*, 2006). No obstante, en la mayoría de los países la especie que se cultiva es *O. ficus-indica* (Griffith, 2004; Portillo y Viguera, 2008; Silva *et al.*, 2013). Además de esta limitante de información, también existen dos formas en las que se evalúa fecundidad en el género *Dactylopius*. Algunos autores evaluaron la fecundidad de individuos mantenidos sobre cladodios de *Opuntia* (Moran y Cobby, 1979; Sullivan, 1990), pero otros la evaluaron retirando los insectos de los cladodios (Flores-Hernández *et al.*, 2006; Mathenge *et al.*, 2009). Es probable que cuando se retiran las hembras de *Dactylopius* de su fuente de alimento se esté limitando el potencial reproductivo. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue describir el ciclo de vida de *D. opuntiae* y determinar parámetros biológicos en *Opuntia ficus-indica* en condiciones controladas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material biológico y cría de *D. opuntiae*

Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* se obtuvieron de la zona productora de nopalitos en Tlalnepantla, Morelos, México. Se usaron cladodios de aproximadamente 24 meses de edad y sin síntomas de enfermedades. Estos se dejaron cicatrizar por 15 días para prevenir desarrollo de patógenos. Los cladodios se establecieron en macetas de 20 cm de diámetro con una mezcla de arena de tezontle y turba (Premier®, Quebec, Canadá) en proporción 2:1.

La cría de *D. opuntiae* se estableció con ejemplares recolectados del mismo sitio (Tlalnepantla), los cuales se transportaron en cajas Petri al Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México. La selección de hembras grávidas se basó en la presencia de una gota color amarillo-ámbar en la parte posterior del abdomen (Marín y Cisneros, 1977). El método de infestación y mantenimiento de la cría se realizó de acuerdo a Portillo y Viguera (2008). Este consistió en colocar 12 hembras grávidas dentro de sobres de papel (5x5 cm) que permanecieron dos semanas fijas a cada cladodio (Figura 1). Este material se mantuvo en condiciones de invernadero ( $23 \pm 7$  °C y  $60 \pm 20$  % HR). Por otro lado, los experimentos de ciclo de vida y fecundidad se realizaron en cámara bioclimática a  $25 \pm 1$  °C y  $40 \pm 10$  % HR.



**Figura 1. Método de infestación de cladodios con hembras de *D. opuntiae***

## **2.2 Biología y ciclo de vida**

El periodo de incubación se evaluó en cinco grupos de 20 huevos menores a 30 min de edad, cada grupo se colocó en áreas experimentales. Estos dispositivos consistieron en cajas Petri de 9 cm de diámetro con algodón húmedo en el fondo, encima de éste se colocó una malla metálica y papel filtro seco. Los huevos se colocaron sobre el papel, y se realizaron observaciones cada 15 min hasta eclosión (Mathenge *et al.*, 2009).

Para determinar el ciclo de vida se colocaron cinco cladodios dentro de una cámara bioclimática, cada cladodio fue desenraizado un día antes de iniciar el experimento y sobre cada uno se colocaron diez hembras grávidas. Las hembras se mantuvieron durante 12 h para obtener ninfas I y después de este tiempo se retiraron. Los cladodios se observaron cada 12 h hasta que se establecieron 30 ninfas I por cladodio. Se marcó el sitio de establecimiento de cada ninfa al cladodio con tinta indeleble y las observaciones para el resto del ciclo se realizaron cada 24 h. El cambio de ínstar se determinó con la presencia de muda en ninfa I y ninfa II en hembras, y muda de ninfa I y desarrollo de

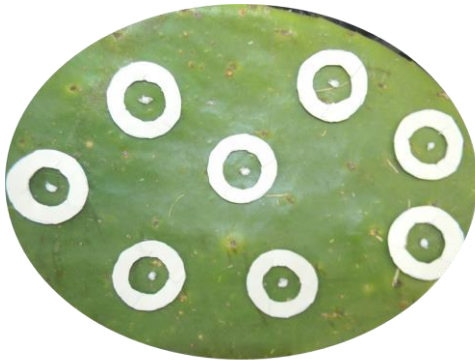
pupa en machos. Adicionalmente se registró el periodo de preoviposición, oviposición y proporción sexual.

Durante el seguimiento del ciclo de vida se realizaron observaciones cualitativas sobre 50 individuos en cada estado de desarrollo (huevos, ninfas I, ninfas II, hembras adultas en madurez sexual, pupas y machos adultos). Se invirtieron 2 min por individuo en cada observación y se realizó una descripción de los estados de desarrollo cuando se encontraban sobre *O. ficus-indica*.

### 2.3 Fecundidad

La preoviposición de *D. opuntiae* se midió con 80 hembras establecidas en cinco cladodios, 16 hembras por cladodio, los cladodios se habían cortado de la planta y confinado en una cámara bioclimática. Para asegurar apareamiento se colocaron dos machos por hembra en los cladodios. El final de preoviposición se determinó observando diariamente cada hembra, levantando ligeramente a ésta, en busca de huevos o ninfas.

La fecundidad se evaluó con dos metodologías, manteniendo a las hembras fijas a los cladodios (n= 40) (Moran y Cobby, 1979; Sullivan, 1990) y retirándolas de los cladodios y colocándolas individualmente en cajas Petri (n= 40) (Flores-Hernández *et al.*, 2006; Mathenge *et al.*, 2009) (Figura 2 y 3). Las hembras fijas al cladodio se aislaron individualmente con un dispositivo removible de fomi y tela organza para evitar el escape de las ninfas. Ambos grupos se observaron cada 24 h para contar ninfas y huevos que se retiraban en cada observación. Para registrar longevidad en hembras éstas permanecieron en observación hasta que finalizó el periodo de oviposición. Para el caso de machos se registró su longevidad sobre los cladodios.



hembras fijadas al cladodio

**Figura 2. Hembras de *D. opuntiae* fijadas al cladodio.**



hembras retiradas del cladodio

**Figura 3. Hembras de *D. opuntiae* retiradas del cladodio.**

#### 2.4 Análisis de datos

El tiempo de desarrollo de hembras y machos se comparó para cada ínstar mediante la prueba "t de Student" (SAS Institute, 2000). La misma prueba estadística se utilizó para comparar la fecundidad y longevidad entre hembras fijadas a los cladodios y hembras en cajas Petri. Los valores de fecundidad de edad específica por hembra se utilizaron para desarrollar una tabla de vida y fertilidad.

Los parámetros de la tabla de vida de *D. opuntiae* se estimaron mediante el método de Birch (1948). La tasa neta de reproducción ( $R_o$ ), el tiempo de generación (T), la tasa intrínseca de incremento ( $r_m$ ) y la tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) se obtuvieron mediante el programa de Maia *et al.* (2000) en el software SAS (SAS Institute, 2000), este programa incluye prueba de Jackknife para estimar intervalos de confianza para todos los parámetros.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Biología y ciclo de vida

Los huevos presentaron forma oval con una tonalidad rojo brillante característica de especies de la familia Dactylopiidae (Moran y Cobby, 1979; Mathenge *et al.*, 2009). La oviposición puede ser individual o en grupo (unidos en forma de cadena), es común que los huevos se alternen en distinto estado de desarrollo, e inclusive con ninfas I completamente desarrolladas. El 78% de los huevos eclosionaron y su periodo de incubación fue de  $61.78 \pm 24$  min, lo que representó menos de 3% del total del ciclo.

Las ninfas I comenzaron a producir cera inmediatamente después de fijarse al cladodio y no fue posible diferenciar sexos por medio de características morfológicas, solo hasta después del segundo ínstar. El primer ínstar ninfal duró  $8.59 \pm 1.54$  días en machos, y fue más largo que en hembras ( $t= 2.68$ ,  $p= 0.01$ ), aunque esa diferencia fue de menos de 24 h (Cuadro 1). El segundo ínstar duró más tiempo en hembras que en machos ( $t= 5.32$ ,  $p= 0.0001$ ), con una diferencia de 1.5 días (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tiempo de desarrollo (días  $\pm$  EE) de *Dactylopius opuntiae* sobre nopal (*Opuntia ficus-indica*) a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $40 \pm 10\%$  HR.**

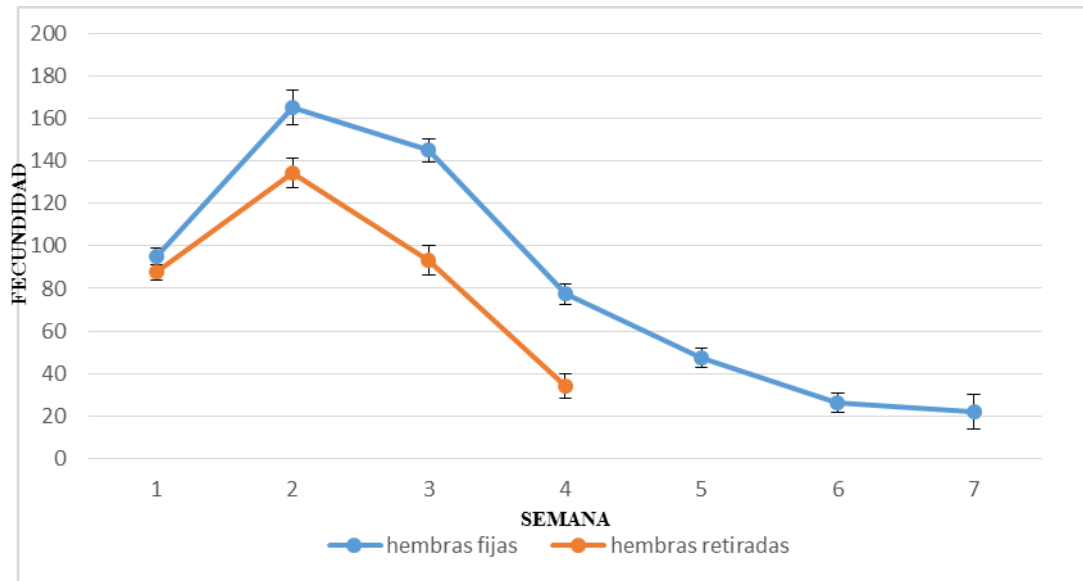
Sexo	n	Ninfa I	Ninfa II	Pupa	Total
Hembra	103	$7.68 \pm 1.49$	$9.07 \pm 1.98$		$16.78 \pm 2.69$
Macho	27	$8.59 \pm 1.54$	$7.74 \pm 0.79$	$8.18 \pm 1.05$	$24.48 \pm 2.23$

Después del segundo ínstar solo los machos presentaron pupa. El tiempo de desarrollo de la pupa fue menor a diez días (Cuadro 1). Por lo tanto el ciclo de las hembras fue menor que el de machos ( $t= 15.12$ ,  $p= 0.0001$ ) (Cuadro 1). El periodo de preoviposición fue de  $17.49 \pm 2.73$  días. En esta etapa fue más evidente una gota de una substancia, presente en la parte dorsal, que apareció cristalina y posteriormente cambió a tonalidad amarillo-claro y ámbar. En este trabajo la proporción sexual fue de 3.7:1 (hembras: machos).

### **3.2 Fecundidad**

Las hembras fijadas a los cladodios sobrevivieron  $44.68 \pm 4.62$  días lo cual fue mayor ( $t= 20.63$ ,  $p= 0.0001$ ) respecto a las hembras en cajas Petri ( $26.14 \pm 3.13$  días) (Figura 1). Esta diferencia en longevidad de cada grupo de hembras tuvo un efecto en la fecundidad. La fecundidad tuvo un comportamiento relacionado con la edad. La mayor cantidad de huevos y ninfas (el 70%) fue observada en las primeras tres semanas para el grupo de hembras fijadas o retiradas de los cladodios, aunque la oviposición se extendió a cuatro y siete semanas, respectivamente (Figura 4). La fecundidad en hembras fijadas a los cladodios ( $567.57 \pm 162.58$  individuos por hembra) fue mayor ( $t = 2.71$ ,  $p= 0.0052$ ) que en hembras en cajas Petri ( $344.25 \pm 121.70$  individuos por hembra).





**Figura 4. Fecundidad semanal de *Dactylopius opuntiae* en hembras con alimento y sin alimento ( $25\pm 1^\circ\text{C}$  y  $40\pm 10\%$  HR).**

### 3.3 Tabla de vida y fertilidad

En las condiciones que se realizó este trabajo la sobrevivencia se estimó en 64.7 %, 17% de mortalidad sucedió en huevo y 17.5% en ninfa I. La tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), Tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ), Tiempo de generación (T) (día), Tiempo de duplicación (DT) (día) y Tasa finita de crecimiento ( $\lambda$ ) (día) se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Parámetros poblacionales de *Dactylopius opuntiae* fijas y retiradas de los cladodios de *Opuntia ficus-indica* ( $25\pm 1^\circ\text{C}$  y  $40\pm 10\%$  HR).**

Parámetros	Hembras con alimento	Hembras sin alimento
Tasa neta de reproducción ( $R_0$ )	283.054	179.534
Tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ )	0.13797	0.13782
Tiempo de generación (T) (día)	40.9204	37.6607
Tiempo de duplicación (DT) (día)	5.02403	5.02940
Tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) (día)	1.14794	1.14777

#### 4. DISCUSIÓN

El tipo de oviposición en *D. opuntiae*, donde se alternan huevos en distinto estado de desarrollo e inclusive con ninfas vivas, y un tiempo de incubación menor a dos horas se atribuyó a que los dactilópodos presentan ovoviviparidad (Mathenge *et al.*, 2009; Gilreath y Smith, 1987; Marín y Cisneros, 1977). En el caso de *D. coccus* el periodo de incubación fue menor a una hora (15-20 min) (Marín y Cisneros, 1977) similar al presente trabajo; en contraste, se reportó un periodo de incubación de 17 días en *D. tomentosus* (Mathenge *et al.*, 2009). En los caso de *D. opuntiae* y *D. coccus* es probable que los tiempos de incubación estén subestimados; no obstante, hasta ahora no se han desarrollado metodologías para estimar el tiempo real de incubación en otras especies de dactilópodos. Esta es una de las acciones que se necesitan en un futuro para establecer con más precisión este periodo.

La duración del primer ínstar de *D. opuntiae* contrastó con lo reportado para la especie *D. coccus* (20-23 días) (Marín y Cisneros 1977), y también para *D. tomentosus* (18 días) (Mathenge *et al.* 2009). *D. ceylonicus* tuvo un tiempo similar de desarrollo para el mismo ínstar (siete días a 26°C) (Sullivan, 1990). Por otro lado, la duración del segundo ínstar tuvo una duración similar con *D. ceylonicus* (7 d a 26 °C) (Sullivan, 1990), pero diferente con *D. coccus* que dura hasta 18 d (Marín y Cisneros, 1977).

Después del segundo ínstar sólo los machos tienen la capacidad de retraer el aparato bucal y tener movilidad, y buscan un sitio para desarrollar la pupa. En contraste, la hembra permanece inmóvil toda su vida con el aparato bucal dentro del cladodio. La duración del tiempo de desarrollo en ambos sexos en *D. opuntiae* difirió, 15 días menos

en nuestro trabajo, de la duración reportada para la misma especie en el trabajo de Flores-Hernández *et al.* (2006).

Es probable que el menor tiempo de desarrollo en este trabajo se relacione con el hospedante (*O. ficus-indica*) y con la temperatura constante ( $25\pm 1$  °C), ya que el trabajo de Flores-Hernández *et al.* (2006) se desarrolló sobre *O. megacantha* y con mayores variaciones en temperatura (19-23°C). Aunque no se descartan otros factores, por ejemplo condiciones nutricionales de la especie sobre la que se desarrollaron. Está documentado que mayor concentración de cristales de oxalato de calcio que de potasio puede dificultar que las ninfas inserten sus estiletes y que se establezcan en los cladodios (Tovar y Pando, 2010). Otro factor que no se consideró en este trabajo fue la población de *D. opuntiae*, las poblaciones de insectos de la misma especie en cada localidad (biotipos) pudieran estar adaptadas a la especie y variedad de nopal sobre la que se desarrollaron los trabajos de manera independiente. Volchansky (1999) indicó que esas diferencias en poblaciones pudieran ocasionar variación en el tiempo de desarrollo.

En el estado adulto las hembras presentaron cera con un aspecto algodonoso que aumentó en volumen hasta cubrirlas por completo, estas maduraron sexualmente, se aparearon y aumentaron el volumen de su cuerpo probablemente por la acumulación de huevos en las ovarias. El aspecto algodonoso de las hembras adultas fue similar al que se mencionó en otros trabajos (Sullivan, 1990; Flores-Hernández *et al.*, 2006; Mathenge *et al.*, 2009). En la etapa de preoviposición fue más evidente una gota de una sustancia, presente en la parte dorsal, que apareció cristalina y posteriormente cambió a tonalidad amarillo-claro y ámbar. Esta sustancia, en forma de gota, fue similar a la descrita en *D. coccus* (Marín y Cisneros, 1977). Aunque no se ha investigado la función de esta sustancia, existe evidencia de la presencia de un atrayente sexual en esa especie

(Rodríguez *et al.*, 2005), pero no existe información de esta característica en otras especies de la familia Dactylopiidae.

La proporción sexual de *D. opuntiae* en este trabajo difirió de la proporción 1:1 reportada por Flores-Hernández *et al.* (2006). De acuerdo a Nur *et al.* (1987) el sexo en escamas de la familia Pseudococcidae puede modificarse por factores fisiológicos del huevo y condiciones ambientales. Al menos tres investigadores con experiencia sobre *D. opuntiae*, los tres participaron en la revisión de este trabajo, han observado en campo que la proporción sexual de esta especie es diferente en ciertas temporadas del año, aunque no hay registro formal de esos cambios, ni tampoco una explicación de por qué sucede.

La fecundidad difirió de lo reportado por Flores-Hernández *et al.* (2006) para la misma especie, estos autores mencionaron un promedio de 131 individuos por hembra con la metodología “retiradas de los cladodios”. La diferencia se puede atribuir a factores como un hospedante diferente; no obstante, puede haber otras situaciones como calidad, nutrición y estrés de los cladodios antes de retirar las hembras de estos. Por otro lado, otras dos especies de dactilópodos evaluados con hembras fijas a los cladodios tuvieron mayor fecundidad. En *D. austrinus* se registró una descendencia de 1145 individuos/hembra (Moran y Cobby, 1979) y *D. ceylonicus* 1200 individuos/ hembra (Sullivan, 1990). Con la información que se tiene hasta el momento sólo se puede especular sobre la diferencia en capacidad reproductiva entre especies que se desarrollan en el género *Opuntia*, y entre las posibles diferencias entre la relación insecto-hospedera que necesita explorarse mejor para entender cómo se manifiesta el potencial reproductivo en cada especie.

El potencial reproductivo de *D. opuntiae* sobre *O. ficus indica* fue mayor al reportado sobre *O. megacantha* (Flores-Hernández *et al.*, 2006), aunque hay que indicar que los

experimentos se desarrollaron en condiciones contrastantemente diferentes. Con la construcción de los parámetros poblacionales (Cuadro 2) se contribuye a establecer el potencial reproductivo de *D. opuntiae* en su principal hospedera en el mundo. Estos valores serán un referente para compararlos con sus enemigos naturales, por ejemplo *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coleoptera: Coccinellidae) y *Leucopis bellula* Williston (Diptera: Chamaemyiidae). No obstante, en estudios de ecología de poblaciones el potencial reproductivo de los depredadores tendrá algunos otros parámetros que podrían influenciar la respuesta total del enemigo natural, por ejemplo se deberá adicionar la capacidad depredadora, voracidad y capacidad de búsqueda para estimar su potencial como agentes de control biológico de *D. opuntiae* (Vanegas-Rico *et al.*, 2016).

En conclusión, *D. opuntiae* tiene un tiempo de desarrollo de 16.78 días para hembras y 24.48 días para machos, la diferencia en duración se debe a que los machos presentan un estado pupal y las hembras no; además, el potencial reproductivo de esta especie se favoreció cuando las hembras estaban fijas a su fuente de alimento. El potencial reproductivo de *D. opuntiae* en *Opuntia ficus-indica* es mayor a lo que se había informado en *O. megacantha*. Además, este potencial reproductivo puede representar mejor lo que sucede en cultivos de nopal en campo, ya que *O. ficus-indica* es el principal hospedero cultivado en el mundo.

## 5. LITERATURA CITADA

- Bellows, T. S., R. G. Van Driesche and J. S. Elkinton. 1992. Life-table construction analysis in the evaluation of natural enemies. *Ann. Rev. Entomol.* 37:587-614.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Cerón-González, C., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, R. Peña, y G. Mora Aguilera. 2012. Evaluation of synthetic insecticides on *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) from Tlalnepantla, Morelos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3: 217-229.
- Cruz-Rodríguez, J. A., E. González-Machorro, A. A. Villegas G., M. L. Rodríguez R. y F. Mejía L. 2016. Autonomous biological control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in a prickly pear plantation with ecological management. *Environ. Entomol.* 45: 642-648.
- Flores-Hernández, A., B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, J. Salazar-Torres, J. García-Hernández y E. Troyo-Diequez. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae). *Rev. Mex. Biodiv.* 77: 97-102.
- Gilreath, M. E. y J. W. Smith. 1987. Bionomics of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 768-774.
- Githure, C. W., H. G. Zimmermann y J. H. Hoffmann. 1999. Host specificity of biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae): prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Haworth) Haworth (Cactaceae) in Africa. *Afr. Entomol.* 7: 43-48.
- Griffith, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): New molecular evidence. *Am. J. Bot.* 91: 1915-1921.

- Kiesling, R. 1998. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. JPACD. 3. 1-9.
- Maia, A. H. N., A. J. B. Luiz y C. Campanhola. 2000. Statistical inference on associate fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. J. Econ. Entomol. 93: 511-518.
- Mann, J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. U. S. Natl. Mus. Bulletin. 256. 1-158.
- Marín L., R. y F. Cisneros V. 1977. Biología y morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae). Rev. Per. Ent. 20: 115-120.
- Moran, V. y B. Cobby. 1979. On the life-history and fecundity of the cochineal insect, *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent for the cactus *Opuntia aurantiaca*. B. Entomol. Res. 69: 629-636.
- Mathenge, C., P. Holford, J. Hoffmann, R. Spooner-Hart, G. Beattie y H. Zimmermann. 2009. The biology of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae). B. Entomol. Res. 99: 551-559.
- Nur, U.S., W. Brown y J.W. Bardsley. 1987. Evolution of chromosome number in mealybugs (Pseudococcidae: Homoptera). Genetica 71: 53-60.
- Pacheco-Rueda, I., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva y M. Ramírez-Delgado. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Symphorobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). Acta Zool. Mex. (n.s.). 27: 325-340.
- Palacios M., C., R. Nieto H., C. Llanderal C. y H. González H. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). Acta Zool Mex (ns) 20:99-106.



- Portillo, L. y A. Viguera. 2006. A review on the cochineal species in Mexico, host and natural enemies. *Acta. Hort.* 728: 249-256.
- Portillo, L. y A. Viguera. 2008. Cría de Grana Cochinilla. Universidad de Guadalajara. México. 32 p.
- Rodríguez, L. C., E. H. Faúndez y H. M. Niemeyer. 2005. Mate searching in the scale insect, *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Eur. J. Entomol.* 102: 305-306.
- SAS Institute. 2000. User's guide versión 9. SAS Institute. Cary, USA
- SIAP. 2014. Superficie cultivada de nopal verdura. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado>. (Consulta: 26 de abril de 2016).
- Silva, D. M. P., A.C. do E.S. Mergulhão, L. V. De Medeiros, M. V. B. Figueiredo y H. A. Burity. 2013. Genetic variability of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera, Dactylopiidae) on forage cactus in northeast Brazil. *GMR.* 12: 5236-5246.
- Spodek, M., Y. Ben-Dov, A. Protasov, C. J. Carvalho y Z. Mendel. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel. *Phytoparasitica* 42: 377–379.
- Sullivan, P. 1990. Population growth potential of *Dactylopius ceylonicus* Green (Hemiptera:Dactylopiidae) on *Opuntia vulgaris* Miller. *J. Aust. Ent. Soc.* 29: 123-129.
- Tovar P., A. y M. Pando M. 2010. Factores físicos y químicos del nopal que inciden en la producción de grana fina (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae). Pp. 113-122. En: Portillo, L. y A. L. Viguera (eds). *Conocimiento y Aprovechamiento de la Grana Cochinilla*. Universidad de Guadalajara, Méx. 248 p.
- 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.

Vanegas-Rico, J. M., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, H. González-Hernández, A. Pérez-Panduro, y G. Mora-Aguilera. 2016. Biology and life history of *Hyperaspis trifurcata* feeding on *Dactylopius opuntiae*. BioControl 61: 691-701.

Vigueras G., A. L. y L. Portillo. 2001. Uses of *Opuntia* species and the potential impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in México. Fla. Entomol. 84: 493-498.

Volchansky, C. R., J. H. Hoffmann y H. G. Zimmermann. 1999. Host plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae): enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in South Africa. J. Appl. Ecol. 36: 85-91.