

Biología de *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coleoptera: Coccinellidae) en condiciones de laboratorio

Biology of *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coleoptera: Coccinellidae) in Laboratory conditions

Samuel Ramírez A.* , Noé Santana O.* y Juan Fernando Solís A.*

*Maestría en Protección Vegetal. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 carretera México- Texcoco, Chapingo, México. CP. 56230. samuelram@prodigy.net.mx

RESUMEN

Aspectos sobre la biología del depredador *Hyperaspis trifurcata* son estudiados. Su ciclo de vida tuvo una duración de 91 días. El huevo 5-7 días; la larva 15 -19 días; la pupa 14 a 18 días y el adulto presenta una longevidad de 45 a 49 días, bajo condiciones de temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5$ de humedad relativa. No existe canibalismo en la especie aunque sean sometidos a una gran competencia por alimento. Presentó una respuesta funcional del Tipo II de Holling, con un nivel de saciedad de 2.333 presas por día. La respuesta numérica presenta una relación directa entre el número de presas depredadas y el número de huevecillos depositados, ya que a medida que se incrementa la cantidad de presas depredadas se incrementó la cantidad de huevecillos depositados.

Palabras clave: depredador, enemigo natural, Coccinellidae.

ABSTRACT

Aspects are studied of the biology of the predatory *Hyperaspis trifurcata*. The life cycle of the predator lasted 91 days, with the following stages: egg 5-7 days; larva 15 -19 days; pupa 14-18 days and adult has a life span of 45-49 days under a temperature of $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $50\% \pm 5$ relative humidity. Cannibalism was not observed in this species, even under intense competition for food. This species presented a Holling type II functional response, with a satiety level of 2.32 ± 0.96 preys per day. Numerical response presented a direct relationship between the number consumed prey and the number of eggs ovoposited, given that as the number of prey consumed increased too.

Key words: predators, natural enemy, ladybird beetle.

INTRODUCCIÓN

Gordon (1985) registra para México ocho especies del género *Hyperaspis*, las cuales fueron encontradas en diferentes cultivos y malezas en diversos estados. Y reporta que *H. trifurcata* solo se encuentra asociada con nopal silvestre y cultivado en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Jalisco y México. Espinosa (2001) la reportó para el estado de Hidalgo como el depredador más abundante de *Dactylopius opuntiae* Cockerell. Un estudio taxonómico de insectos plaga del nopal verdura realizado por Sánchez (2002) en Villa Milpa Alta, D. F., registró a *D. opuntiae* como una de las especies que causaron mayores daños y a *H. trifurcata* como uno de los principales depredadores de esta escama. Vanegas *et al.* (2010) citan a este coccinélido dentro del grupo de enemigos naturales de *D. opuntiae* en la región central de México. Lima *et al.* (2012) estudiaron la dinámica poblacional de *H. trifurcata* y sus enemigos naturales en la zona nopalera del estado de Morelos. Actualmente existen trabajos que se han realizado sobre respuesta funcional y numérica en otras especies de coccinélidos como el de Elliot *et al.* (2011) que trabajaron con *Hippodamia convergens* y Davodii *et al.* (2013) con *Hippodamia variegata*, quienes encontraron una respuesta numérica del Tipo II de Holling para las dos especies y una relación directa entre la cantidad de presas consumidas y el número de huevos ovopositados por las hembras. Debido

a la falta de estudios sobre la biología de *H. trifurcata* en México, esta investigación planteó los siguientes objetivos: conocer el ciclo de vida, sus respuestas funcional y numérica, conocimiento relevante para el desarrollo de todo programa de control biológico

MATERIAL Y MÉTODOS

Los insectos fueron recolectados en mayo del 2012 en la zona agrícola de Milpa Alta, Distrito Federal y fueron trasladados al laboratorio de cría de insectos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Se mantuvieron a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de 55%. La cría consistió en colocar pencas de nopal infestadas con grana cochinilla *Dactylopius opuntiae* y su depredador *H. trifurcata* en botes de 19 litros de plástico cubiertos con tela de organza. Una vez establecida la cría, se utilizaron solo los adultos machos y hembras para realizar las pruebas que a continuación se describen.

Tasa de consumo neto de alimento. Para realizar ésta prueba se eligieron al azar cinco machos y cinco hembras de un día de emergidos. Se colocó un individuo por caja Petri a la cual se le introdujo un centímetro cuadrado de la colonia de ninfas de grana cochinilla realizando observaciones cada 24 horas.

Canibalismo. Para determinar la existencia de canibalismo

se colocaron adultos y/o larvas de *H. trifurcata* en cajas Petri sin proporcionarles alimento durante el resto de su ciclo de vida. Para esto se realizaron las siguientes pruebas. Con tres machos por caja; en la segunda se colocaron tres hembras por caja y en la tercera dos hembras y dos machos por caja, con doce repeticiones para cada prueba. Las larvas de segundo instar se colocaron en número de dos y tres por caja, siguiendo el mismo procedimiento de los adultos.

Ciclo de vida. Para conocer el ciclo biológico de *H. trifurcata* se seleccionaron diez parejas en el momento de cópula y cada una de ellas se colocó en una caja de Petri con 4 cm² de la colonia de cochinilla grana; cada 24 horas se les cambió el alimento por fresco. Los huevecillos se dispersaron sobre un cladodio infestado con cochinilla grana, y se observaron cada 24 horas para conocer la longevidad del huevecillo. Para determinar la longevidad de las larvas se les llevó un registro dejándolas en el cladodio donde eclosionaron. Para las larvas que lo hicieron en las cajas Petri, para realizar una mejor observación, éstas fueron cambiadas de caja en las cuales se alimentaron con individuos de cochinilla en estado de ninfa o adultos, con observaciones cada 24 horas. Las pupas recién formadas fueron colocadas en cajas Petri para llevar un registro, con observaciones cada 24 horas para obtener la longevidad en este estado. Los adultos se colocaron en cajas Petri, uno o varios por caja, siempre y cuando hubiesen emergido el mismo día, alimentándolos durante todo el ciclo de vida y se realizaron observaciones cada 24 horas para obtener la longevidad.

Determinación de la respuesta funcional. Para evaluar la respuesta funcional se aplicó el modelo de Holling (1954) $NC = (aNT) / (1 + aNT_m)$. Para esto se colocaron 3, 5, 7, 9 y 11 presas en presencia de un individuo de *H. trifurcata*, en estado adulto, que ayunó por 24 horas previas al inicio de la evaluación. Se realizaron 8, 6, 4, 3 y 3 repeticiones, respectivamente para cada número de presas por depredador. El tiempo de exposición depredador-presa fue de siete días, durante el cual se realizó el reemplazo de las presas cada 24 horas, en las que se realizó un conteo de las presas consumidas. Para poder distinguir el tipo de curva a partir de los datos obtenidos se aplicó una regresión lineal simple considerando el número de presas consumidas (NC) y a la densidad de la presa (N). El tiempo de duración de la prueba se calculó con el programa Curve Expert1.3, al graficar Ha (promedio de presas depredadas) en el eje Y contra H (número de presas ofrecidas) en cada tratamiento en el eje de las X, ajustando el modelo de Holling para los datos por día sobre el número de repeticiones. Este modelo se transformó en una forma lineal para los siete días que duró el experimento con la finalidad de observar el comportamiento del depredador respecto al tiempo, en base a la desviación estándar (S) y el coeficiente de correlación (r), mediante el modelo $Y = a x + b$ con el programa Curve Expert1.3. Por último con los datos obtenidos se graficó la regresión lineal (H, Ha; X, Y) con el modelo lineal de Holling, y con el mismo modelo no lineal para obtener el tipo de respuesta.

Determinación de la respuesta numérica. De la cría se separaron las pupas de *H. trifurcata*, las cuales se colocaron en una caja Petri, de donde se eligieron adultos al azar recién

emergidos para llevar a cabo esta evaluación. Se incluyeron 4, 6, 8, 10 y 12 individuos de grana cochinilla, en presencia de una pareja de depredadores recién emergida por jaula. Se realizaron observaciones cada 24 horas durante todo el ciclo de vida, en las cuales se hizo un conteo de presas consumidas, así como de huevecillos depositados, y para esto se cambió la cantidad de presas ofrecidas por frescas, en cada observación. Con el programa SAS (Statistical Analysis System) se realizó la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey, para las variables: huevecillos depositados (Ho) y presas depredadas (PD).

Capacidad depredadora del insecto. Para conocer si los insectos criados en condiciones controladas pierden capacidad depredadora, en comparación con los que se encuentran en forma natural en su hábitat, se realizaron pruebas que consistieron en colocar un depredador criado en laboratorio por caja Petri al cual se le ofreció un número de nueve ninfas pequeñas por caja, con cinco repeticiones. Y cinco insectos colectados en su hábitat natural, colocados en las mismas condiciones y repeticiones que los anteriores. Se observaron cada 24 horas para contar el número de presas depredadas y cambiar el número de presas ofrecidas por otras.

Conducta de apareamiento y ovoposición. Los individuos utilizados en estas observaciones se mantuvieron durante 24 horas en una caja Petri con abundante comida, colocando hembras y machos por separado para propiciar la cópula a la hora del encuentro entre ambos sexos. Para observar la conducta o comportamiento de los depredadores antes y durante la cópula, primero se colocó a una hembra en una caja Petri y posteriormente se adicionó el macho en una posición al azar de la caja; se hicieron cinco repeticiones de esta prueba, durante un periodo de observación de 30 minutos. En otra observación se colocaron tres hembras por caja, y después se adicionaron de la misma forma que en la observación anterior tres machos, se hicieron cinco repeticiones; el comportamiento se registró por un periodo de 30 minutos. Las hembras que copularon, se colocaron por separado en una caja Petri con cochinillas cubiertas con cera y sin cera. Para ver la conducta de ovoposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

H. trifurcata Schaeffer es un insecto que tiene buena capacidad de adaptación a un manejo diferente al que exhibe en condiciones naturales. Se logró establecer la cría para incrementar la población tanto de *H. trifurcata* como la de la grana cochinilla *Dactylopius opuntiae*, logrando obtener suficiente material para las evaluaciones planteadas en este trabajo. Con la extracción de los genitales se corroboró que la especie en estudio correspondió a *H. trifurcata*, además se confirmó el dimorfismo sexual señalado por Carrillo (2001) para la diferenciación de las hembras y machos adultos.

Tasa de neta de consumo de alimento. No se notaron diferencias en la tasa neta de consumo entre machos y hembras en estado adulto de *H. trifurcata*, esto debido a que el consumo de alimento fue igual en ambos sexos, al consumir en promedio 1.5 ± 0.3 presas por día por individuo

Canibalismo. En el estado de larva y adulto, no se observó

canibalismo, ya que ambos estados de desarrollo de esta especie prefirieron morir por inanición antes que alimentarse con alguno de sus congéneres.

Ciclo de vida. El huevecillo de *H. trifurcata* es de forma ovalada, alargado, mide aproximadamente 1.5 mm de largo por 0.5 mm de ancho, son de color naranja tornándose de color más oscuro conforme se acerca el momento de la eclosión. Son depositados en grupos y excepcionalmente en forma individual entre la cera que secreta la presa (Figura 1), y rara vez son depositados lejos de donde se encuentra la presa o de la cera secretada por la cochinilla. El huevecillo tiene un periodo de incubación entre 5 y 7 días.

La larva mide aproximadamente 1 mm de longitud recién eclosionada alcanzando hasta 6 mm de longitud antes de pasar al estado de pupa, la larva es alargada y rugosa, al emerger del huevecillo son de color rojo intenso y a medida que crecen cambia a un color rojo púrpura (Figura 2a); la cabeza es oscura con el contorno circular a oblongo. El tórax con los tres segmentos bien definidos, cada uno con un par de patas un poco alargadas y cada pata cuenta con cuatro artejos y una uña. El abdomen presenta 10 segmentos, los de la mitad anterior son más anchos y se adelgazan gradualmente hacia el extremo caudal, la descripción de la larva concuerda con la realizada por Gordon (1985). La larva pasa por cuatro instares, cambiando de muda en cada instar, con una duración total de 15 a 19 días.

La pupa es del tipo exarata de 2 a 3 mm de longitud (Figura 2b), con una variación en el color que va del rojo en los primeros días al café oscuro cuando va a emerger el adulto; en promedio este período tuvo una duración de 14 a 18 días.

El adulto presenta el cuerpo en forma oval y convexo; mide de 2.30 a 3.0 mm de longitud, por 1.80 a 2.40 mm de ancho; la cabeza es glabra, sólo presenta pubescencia densa en el clípeo; el pronoto en ambos sexos es de color negro, con el borde lateral estrecho y de color amarillo rojizo. Los élitros son negros con una variación en el patrón de coloración que va del rojo al amarillo (Figura 3); variación que fue observada por Gordon (1985). Esta etapa adulta tuvo una longevidad de 45 a 49 días llegando a vivir hasta 55 días. Bajo las condiciones en las cuales se realizó la presente investigación, el ciclo biológico total dura alrededor de 13 semanas a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, lo que no concuerda con Gordon (1985) donde reporta de 2 a 8 semanas, aunque el autor no indica la temperatura ni el tipo de alimento suministrado.

Respuesta funcional. En el día cinco se registró la menor desviación estándar (0.0263) y el mayor coeficiente de correlación (0.9629) entre las presas depredadas (H_a) y las presas ofrecidas (H), por lo que se asumió que el tiempo de duración de la prueba (T) fue de cinco días, lo que significa que es el tiempo en que *H. trifurcata* estabilizó el número de presas consumidas y alcanzó su máxima capacidad depredadora. Donde el modelo de los datos estimados fue $Y = 0.8369x + 0.3495$. De los datos obtenidos (Tabla 1) se realizó la gráfica de Holling (1959) de respuesta funcional del depredador *H. trifurcata* sobre la presa *D. opuntiae*, la cual corresponde al tipo II, como se puede observar en la Figura 5, en la cual la tasa de búsqueda de los depredadores es constante. La cima

o estabilidad de la curva significa que el depredador llega a un punto de saciedad, a partir del cual mantiene la capacidad depredadora ($H_a = 2.333$).

Los parámetros obtenidos al calcularlos en base al modelo de Holling (1959) y transformado a una forma lineal se obtuvo un valor de la desviación estándar de $S = 0.026$ y un coeficiente de correlación de $r = 0.962$. El comportamiento de los depredadores a diferentes densidades de presas ofrecidas (H) en donde se observó que los valores mayores de presas consumidas (H_a) por *H. trifurcata* fue cuando se le ofreció una densidad de 9 y 11 presas por caja, consumiendo 2.33 presas en promedio por depredador por día (Figura 4). A medida que se incrementa la densidad de presas ofrecidas el depredador incrementa la voracidad a llegar a un punto en donde el depredador mantiene su capacidad depredadora aunque se incrementa la cantidad de presas ofrecidas, esto se refiere a su capacidad máxima de consumo por día.

Respuesta numérica. Al evaluar la respuesta numérica se obtuvieron los promedios de cada tratamiento los cuales se muestran en el Tabla 2. Los huevecillos depositados (H_0) por el depredador *H. trifurcata* alimentado con 4, 6, 8, 10 y 12 presas de granas fue de 38.4, 126, 135, 145 y 206 respectivamente; lo que indica que a medida que se incrementa la densidad de las presas ofrecidas, el depredador aumenta significativamente su tasa de reproducción (número de huevecillos depositados). El promedio de presas depredadas (PD) a densidades de 4, 6, 8, 10 y 12 presas de granas fue de 108.2, 163.2, 171.2, 153.2 y 268.0 presas respectivamente. A medida que se incrementó la densidad de presas ofrecidas, el depredador aumento significativamente su voracidad, porque consumió una mayor cantidad de presas (Tabla 2).

Relación presas depredadas contra huevecillos depositados. Al graficar el número de presas consumidas contra huevecillos depositados se observa que a densidades bajas de presas consumidas la cantidad de huevecillos depositados es menor que cuando se incrementa la cantidad de presas consumidas. Cuando los depredadores consumieron 108.2 presas en promedio depositaron 38.4 huevecillos y al consumir 268 presas depositaron 206 huevecillos. En la Figura 5, se observa el comportamiento de los depredadores en relación a las presas consumidas contra huevecillos depositados con una buena relación entre los conjuntos de datos para los cuales se obtuvo un valor en el coeficiente de correlación de $r = 0.958$.

El comportamiento de los depredadores, en relación con la cantidad de presas consumidas, está en relación directa con la cantidad de huevecillos depositados, por lo que a medida que se incrementa la cantidad de presas consumidas se incrementa la cantidad de huevecillos depositados.

Relación entre presas ofrecidas, presas consumidas y huevecillos depositados. Al graficar la relación de los promedios de presas ofrecidas, presas consumidas y huevecillos depositados se obtuvo la gráficas (Figura 6). Esta relación tiene una marcada influencia porque la cantidad de huevecillos depositados depende en gran parte del número de presas que se le ofrezca a la pareja de depredadores. A medida que se incrementa la cantidad de presas ofrecidas se incrementa la cantidad de presas consumidas y la cantidad

de huevecillos depositados. A densidades bajas de presas ofrecidas, las hembras depositan pocos huevecillos, únicamente para preservar la especie o por la relación entre la cantidad de alimento consumido y formación de huevecillos, esto solo se sabrá realizando otro tipo de estudios más detallados.

Capacidad depredadora del insecto. En esta prueba se observó que tanto la población del laboratorio como aquella que provino de campo, presentaron un comportamiento similar respecto al consumo de alimento, siendo este casi igual al obtenido en la tasa neta de consumo de alimento, en ambos casos consumieron en promedio 1.5 ± 0.30 presas por día por individuo

Conducta de apareamiento y ovoposición. Se observó que la hembra por lo general permanece en movimiento. Al ser introducido el macho permaneció inmóvil durante un periodo aproximado de 10 segundos, debido a la manipulación; después de este tiempo empezó a buscar a la hembra, persiguiéndola hasta alcanzarla, en ese momento la sujeta con las patas anteriores de los bordes posteriores del abdomen levantándola un poco para iniciar la cópula y subirse a ésta, permaneciendo en esta posición por más de 30 minutos, ya sea que la hembra se quede inmóvil o camine. La hembra de *H. trifurcata* al momento de depositar los huevecillos busca a las presas que están cubiertas de cera. Al llegar a la presa, hace con las patas posteriores un espacio en la cera para depositar un huevecillo, repitiendo ésta acción para cada huevecillo. La hembra llega a depositar una masa de hasta 16 unidades por día.

CONCLUSIONES

El depredador *Hyperaspis trifurcata* es un insecto con buenas características de adaptabilidad, ya que se cría con facilidad en condiciones de laboratorio en jaulas de plástico e incluso en cajas Petri. La tasa de consumo neto para ambos sexos de *H. trifurcata* fue de 1.5 ± 0.30 presas consumidas por día. Este depredador no presenta canibalismo aunque sean sometidos a una gran competencia por alimento. El huevo tiene una duración 5-7 días, la larva 15-19 días; la pupa 14 a 18 días y el adulto presenta una longevidad de 45 a 49 días, bajo condiciones de temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y 50% de humedad relativa con una oscilación de ± 5 . *H. trifurcata* presenta una respuesta funcional del Tipo II de Holling, con un nivel de saciedad de 2.333 presas por día. En cuanto a la respuesta numérica, existe una relación directa entre el número de presas depredadas y el número de huevecillos depositados, ya que a medida que se incrementa la cantidad de presas consumidas se incrementa la cantidad de huevecillos depositados obteniendo 206 huevecillos en promedio por pareja.

LITERATURA CITADA

- Carrillo-Benítez G. 2001. Descripción de una especie de *Hyperaspis* sp. (Coleoptera:Coccinellidae), colectada en Hidalgo, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Davoodi D. S. and A. D. Sahragar 2013. Functional Response of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to Different Densities of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in an Open Patch Design. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15 (4): 651-659.
- Elliott N. C., R.W. Kieckhefer and W. P. Mpho 2011. Functional Response of *Hippodamia convergens* to *Sitobion avenae* on Wheat Plants in the Laboratory Southwestern Entomologist 36 (4): 423.
- Espinosa-Ortiz G. E. 2001. Enemigos naturales de la cochinilla (*Dactylopius opuntiae* C.) del nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) en el municipio de Villa Tezontepec, Hidalgo. México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *Journal of New York Entomology Society* 93:1-911.
- Holling, C.S. 1966. Functional Response of Invertebrate Predators to Prey Density, *Memoirs of Entomological Society of Canada* 48:1-87.
- Lima, E. J., Rodríguez L. E, Lomelí J. R. F. y Venegas Rico. J. M. 2012. Dinámica Poblacional de *Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) en nopal verdura y su identificación de sus parasitoides en Morelos. Resúmenes del XXXV Congreso Nacional de Control Biológico. BUAP, Puebla, México.287-291.
- Sánchez-Borja M. 2002. Insectos plaga del nopal verdura en Milpa Alta, D. F. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Vanegas R., J.M., Lomelí F. J. R., Rodríguez L. E., Mora A. G. y Valdez. C. J. 2010. Enemigos Naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* (26): 415-433.

Recibido: 6 de agosto 2013

Aceptado: 12 de noviembre 2013

Tabla 1. Parámetros obtenidos del modelo de Hooling (1959).

Presas ofrecidas (H)	Repeticiones	Presas consumidas	Ha	1/(H.T) (Xi)	1/Ha (Yi)
3	40	65	1.625	0.06	0.61
5	30	54	1.800	0.04	0.55
7	20	44	2.200	0.02	0.45
9	15	35	2.333	0.02	0.42
11	15	35	2.333	0.01	0.42

Tabla 2. Valoración de parámetros para respuesta numérica.

No. de presas por caja	No. de repeticiones	Promedio de presas depredadas	Promedio de Huevecillos depositados
4	5	108.2 A	38.4 A
6	5	163.2 B	126.0 B
8	5	171.2 C	135.0 C
10	5	153.2 D	145.0 D
12	5	268.0 E	206.0 E

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

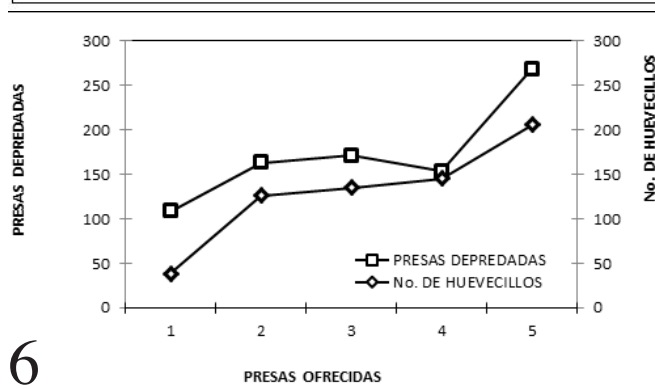
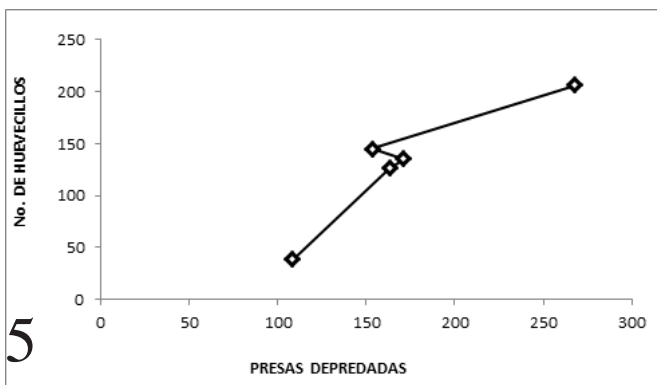
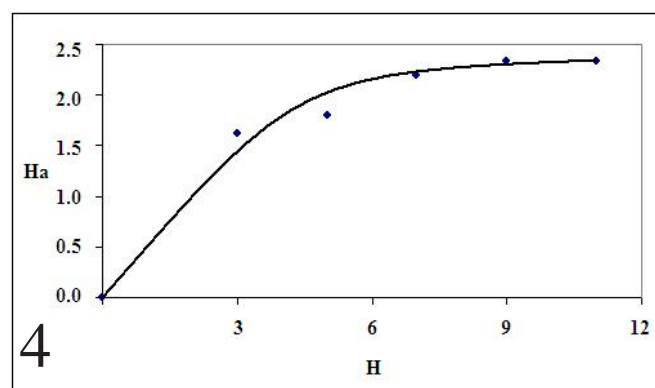
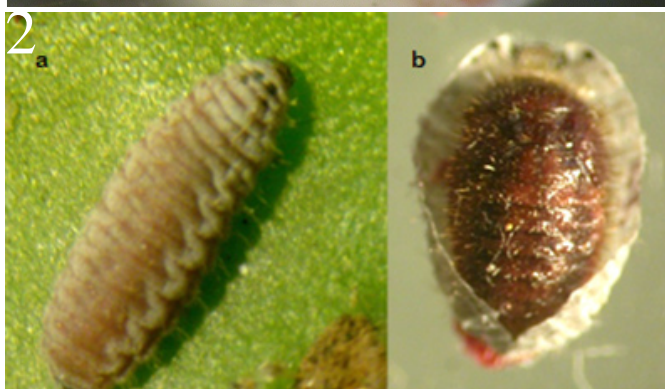
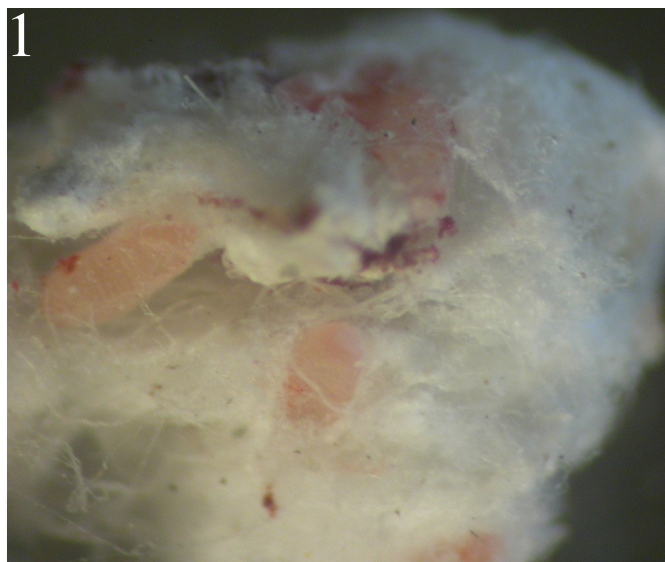


Figura 1. Huevos de *H. trifurcata* depositados en grupo. Figura 2. *H. trifurcata* a) larva de cuarto instar, b) pupa. Figura 3. Adultos de *H. trifurcata* recién emergidos. Figura 4. Respuesta funcional de *H. trifurcata* sobre *D. opuntiae*. Figura 5. Relación de presas consumidas contra huevecillos depositados. Figura 6. Relación de presas ofrecidas, presas consumidas y huevecillos depositados. Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas por caja por día.