

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Biología y comportamiento de *Phaenochilus*  
n. sp. (Coleóptera: Coccinellidae), un  
depredador de la escama *Aulacaspis*  
*yasumatsui* Takagi**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Daniel Andrés Mancero Castillo**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre; 2009

302880

T 2784

## RESUMEN

Mancero, D.A. 2009. Biología y comportamiento de *Phaenochilus* n. sp. (Coleóptera: Coccinellidae), un depredador de la escama *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. 21p

La escama armada *Aulacaspis yasumatsui* Takagi ha sido reportada como una plaga importante de varias especies de cícadas en varios países incluyendo Estados Unidos (Florida). Se han usado diferentes métodos de control, pero hasta el momento no se ha conseguido un control adecuado. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de un depredador originario de Tailandia, *Phaenochilus* n. sp (Coleóptera: Coccinellidae), como agente de control biológico en laboratorio. Se midieron su ciclo de vida, sobrevivencia, tasa de consumo y tiempo de desarrollo a cuatro temperaturas constantes (20, 25, 30 y 35 °C). En condiciones de laboratorio, *Phaenochilus* n. sp. pudo completar su desarrollo alimentándose de la escama *A. yasumatsui* a temperaturas de 20 hasta 30° C El mayor porcentaje de huevos eclosionados y sobrevivencia para cada estadio larval se obtuvo a 25 °C. Ningún huevo eclosionó a 35 °C y sólo un individuo llegó a adulto a 20 °C. El desarrollo de huevo a adulto fue más rápido a 30 °C (35 días) que a 25 °C (48 días). No hubo interacción entre temperatura y estadio para la tasa de consumo diario, pero hubo un aumento del consumo de escamas desde el primer estadio al adulto a 25 y 30 °C. El consumo total de escamas de cada estadio de *Phaenochilus* n. sp fue mayor a 25 °C, y un total de 380 escamas se consumieron durante el estadio larval a esa temperatura. El período de pre-ovoposición fue más corto a 25 °C (23 días) comparado con 20 °C (40 días). De acuerdo a estos resultados, *Phaenochilus* n. sp. parece ser un buen agente para el control de la escama *A. yasumatsui*, y su desempeño fue mejor a 25° C en el laboratorio.

**Palabras clave:** Coccinélido, control biológico, temperatura, tasa consumo, desarrollo

## CONTENIDO

Portadilla .....	I
Página de firmas .....	II
Resumen .....	III
Contenido .....	IV
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	V
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	4
3. <b>RESULTADOS</b> .....	6
4. <b>DISCUSIÓN</b> .....	9
5. <b>CONCLUSIONES</b> .....	11
6. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	12
7. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	13

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1. Porcentajes de sobrevivencia de *Phaenochilus* n. sp. para cada estadio a 20°C, 25 °C 30 °C y 35 °C ..... 7
2. Tiempo de desarrollo en días (media  $\pm$  error estándar) para cada etapa de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas..... 7
3. Consumo diario de escamas (medias  $\pm$  error estándar) por cada estadio y el adulto de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas..... 8
4. Consumo total de escamas (medias  $\pm$  error estándar) por cada estadio de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas..... 8

### Figura

1. *Cycas revoluta* infestada con la escama *Aulacaspis yasumatsui* en Florida. .... 3
2. *Phaenochilus* n sp. a) huevos, b) larva, c) adulto y exuvium..... 3
3. Porcentaje de sobrevivencia de larva a adulto de *Phaenochilus* n. sp. a través del tiempo a tres temperaturas..... 8

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cícadas son plantas ornamentales de alto valor económico en casas, establecimientos y paisajes de Florida. De acuerdo con el World's Conservation Union Cicad Specialist Group (2009), las cícadas representan uno de los grupos de plantas más amenazados en el mundo. Más de la mitad de las 302 especies reconocidas actualmente están amenazadas o en peligro de extinción. La cícadas se caracterizan por su fácil mantenimiento, hojas verdes durante todo el año, crecimiento lento, y resistencia a la mayoría de las plagas. *Cycas revoluta* (Thunberg) es una de las cícadas ornamentales más comunes y valiosas debido a la alta resistencia a sequía, bajos requerimientos de fertilización, y pocas plagas de importancia antes de la llegada de la escama de las cícadas (Hodges *et al.* 2003).

La escama de las cícadas, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Hemiptera: Diaspididae), es una escama armada pequeña y blanca, nativa de Asia (Fig. 1). En 1995, fue encontrada por primera vez infestando varias especies de cícadas en el Jardín Botánico Montgomery de Miami, Florida (Howard *et al.* 1999). *A. yasumatsui* ha sido encontrada infestando varias especies de las familias Cycadaceae, Zamiaceae, y Stangeriaceae (Howard *et al.* 1999). Actualmente, la distribución de esta plaga incluye Florida, Texas, Hawaii, Puerto Rico, U.S. Virgin Islands y Guam, la facilidad de dispersión de la escama por comercio es un gran peligro para cícadas y escamas nativas alrededor del mundo (Emshousen *et al.* 2004). La llegada de *A. yasumatsui* a Florida ha causado grandes pérdidas económicas a la industria ornamental con infestaciones particularmente severas en *C. revoluta*.

*A. yasumatsui* succiona la savia de los tejidos de la planta hospedera durante su alimentación, lo que produce una necrosis en las hojas y en altas infestaciones la muerte de la planta (Howard *et al.* 1999). El daño aparece como puntos necróticos que luego se convierten en manchas café y terminan con la desecación del foliolo. En infestaciones severas, se forman capas de escamas unas sobre otras y pueden haber más de 500 escamas por centímetro cuadrado (Weisling *et al.* 2007). Esta escama también infesta las raíces de sus plantas hospederas, y se han observado escamas hasta una profundidad de 60 cm bajo el suelo (Weisling *et al.* 2007)

Se ha evaluado varios métodos de control para reducir las infestaciones de *A. yasumatsui* en Florida. Insecticidas y aceites aplicados en el follaje y las raíces de las cícadas (e.j., Organocide, malathion, dimethoate y pyriproxifen) son los más utilizados (Emshousen y Mannion 2004). Sin embargo, las aplicaciones foliares y baños de pesticidas y aceites pueden tener resultados variables dependiendo del nivel de infestación, la estructura de la planta y las capas de escamas muertas que recubren los foliolos. Estas prácticas químicas tienen algunas desventajas tales como bajo control cuando se trata de infestaciones

severas, fitotoxicidad en los nuevos brotes de cícadras, altos costos de aplicación, y toxicidad a enemigos naturales de la escama (Hodges *et al.* 2003).

Un programa de control biológico clásico para *A. yasumatsui* comenzó en 1998 con las importaciones desde Tailandia y posteriores liberaciones de la avispa *Coccobius fulvus* (Compere y Annecke) (Hymenoptera: Aphelinidae) y el escarabajo depredador *Cybocephalus nipponicus* Endrödy-Young (Coleóptera: Cybocephalidae) en Florida (Hodges *et al.* 2003). A pesar de que estos dos agentes de control biológico se establecieron en Florida, no han sido efectivos en reducir y controlar esta plaga (Smith y Cave 2006). En la actualidad, pocos enemigos naturales de *A. yasumatsui* han sido estudiados a fondo (Watson 2005). Cave (2006) reportó 16 especies de mariquitas (Coccinellidae) en plantas infestadas con la escama. Las especies *Chilocorus cacti* (L.), *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, y *Exochomus childreni childreni* Mulsant fueron las más frecuentes y se encontraron durante todos los meses. A pesar de que *Rhyzobius lophanthae* (Blaisdell) presentó buen control de la escama en Hawái, su distribución es reducida en Florida (Cave 2006). Por estos motivos se necesitan nuevos agentes de control biológico para controlar la escama de las cícadras en Florida.

Durante un viaje de exploración a Tailandia realizado por R. Cave (Universidad de Florida) y R. Nguyen (Departamento de Agricultura y Servicios a Consumidores de Florida) en Octubre del 2007, se encontró una especie nueva de coccinélido alimentándose de la escama en *Epicycas siamensis* (Miq.) de Laub. Varios individuos de este coccinélido fueron enviados a los laboratorios de cuarentena en Gainesville y Fort Pierce. La Dra. Natalia Vandenberg (USDA SEL) se encuentra realizando la descripción de este nuevo coccinélido, y lo ha llamado por el momento *Phaenochilus* n. sp. (Fig. 2). Estudios de especificidad realizados en el laboratorio muestran que este coccinélido es bastante específico y sólo se alimenta de escamas armadas y de ninfas de la mosca blanca. Los adultos de *Phaenochilus* n. sp. se caracterizan por su color naranja oscuro en todo el cuerpo, y miden aproximadamente 4-5 mm de largo. Las hembras depositan huevos de color amarillo en las hojas y tallos de sus plantas hospederas. Este depredador tiene cuatro estadios larvales de coloración anaranjada, y empupan en las hojas o tallos de sus plantas hospederas.

Los coccinélidos se caracterizan por ser el taxón más utilizado como organismo depredador en control biológico. Son enemigos naturales de mosca blanca, áfidos, ácaros, cochinillas, y escamas (Skirvin y Fenlon 2003). El primer ejemplo de control biológico clásico exitoso fue el uso de *Rodolia cardinalis* Mulsant o vedalia beetle contra la escama *Icerya purchasi* Maskell, plaga de los cítricos en California en los años 1880 (Obrycki 1998). A partir de este proyecto, el control biológico tuvo un auge en Estados Unidos y en otros países. Sin embargo, el uso de coccinélidos en control biológico no ha producido siempre los resultados esperados y en algunos casos se han desencadenado impactos no deseados en los nuevos hábitats. *Harmonia axyridis* (Pallas) ha sido utilizada en programas de control biológico en Estados Unidos, pero desafortunadamente la falta de especificidad en su dieta ha generado efectos adversos. Este coccinélido puede ser una plaga en frutales y afectar a otros enemigos naturales e invadir hogares durante el invierno (Koch 2003). Por este motivo, es importante estudiar la biología, especificidad, y

comportamiento de agentes potenciales de control biológico antes de ser liberados en un lugar nuevo.

El conocimiento de la biología, desempeño y ecología del agente potencial de control biológico es de suma importancia para desarrollar estrategias para el manejo de plagas y poder obtener un control eficaz. El impacto de factores ambientales como la temperatura y la humedad son de suma importancia en la biología de las plagas y de sus enemigos naturales (Skirvin y Fenlon 2003). La biología y capacidad depredadora de *Phaenochilus* n. sp son desconocidas hasta ahora. Por lo tanto, el objetivo general de este estudio fue evaluar el desarrollo y comportamiento de *Phaenochilus* n. sp. a cuatro temperaturas como agente de control biológico de la escama *A. yasumatsui* en condiciones de laboratorio en Florida. Los objetivos específicos fueron: evaluar el ciclo de vida, tiempo de desarrollo, y sobrevivencia de *Phaenochilus* n. sp. alimentado con *A. yasumatsui* a cuatro temperaturas constantes y determinar la tasa de consumo por *Phaenochilus* n. sp. alimentado con *A. yasumatsui* a cuatro temperaturas constantes.



Figura 1. *Cycas revoluta* infestada con la escama *Aulacaspis yasumatsui* en Florida.  
Foto por R. Cave

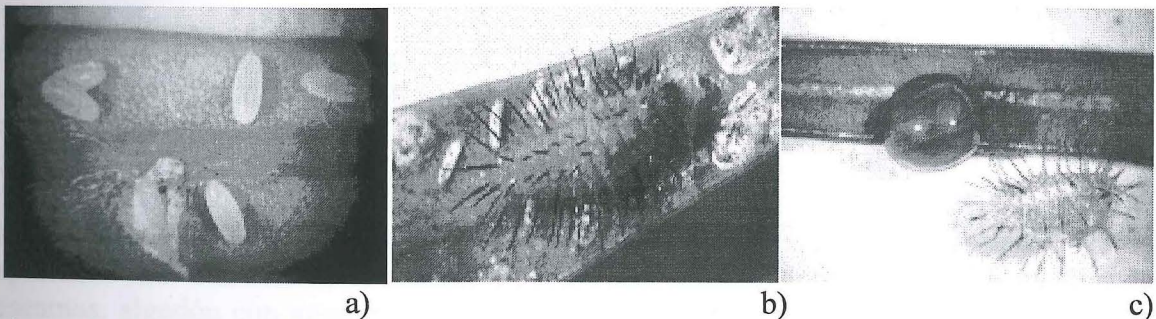


Figura 2. *Phaenochilus* n. sp. a) huevos, b) larva, c) adulto y exuvium.  
Foto b por V. Manrique

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 MANTENIMIENTO DE INSECTOS

El estudio se realizó en el laboratorio de cuarentena del Indian River Research and Education Center, de la Universidad de Florida, localizado en Fort Pierce, Florida, Estados Unidos. Las colonias de *A. yasumatsui* y *Phaenochilus* n. sp. se mantuvieron en invernaderos y en cámaras de ambiente controlado (25-28 °C, 70-80% de humedad relativa, y fotoperíodo de 14:10 luz: oscuridad). Plantas de *C. revoluta* colocadas en botes plásticos de 3.7 L se utilizaron para criar a la escama. Las hojas de plantas infestadas con la escama se entrecruzaron con plantas limpias para permitir el movimiento de primeros estadios a las nuevas cícadras e infestarlas. La colonia de *Phaenochilus* n. sp. se crió dentro de jaulas (60 × 60 × 60 cm) que contenían cícadras infestadas con la escama y algodón remojado en una solución de agua y miel. Veinte adultos de *Phaenochilus* n. sp. se colocaron inicialmente en cada jaula, y nuevas plantas infestadas se fueron adicionando cuando era necesario.

### 2.2 DESARROLLO Y TASA DE CONSUMO DE *PHAENOCHILUS* N. SP. A CUATRO TEMPERATURAS EN EL LABORATORIO

Se recolectaron adultos hembras y machos de *Phaenochilus* n. sp. de la colonia y se mantuvieron dentro de cajas plásticas (15 × 15 × 19 cm) con ventanas cubiertas de una malla fina. Los contenedores plásticos se mantuvieron en un cuarto de crianza a las mismas condiciones mencionadas previamente. A cada caja plástica se le agregó folíolos de *C. revoluta* infestados con *A. yasumatsui* y algodón remojado en una solución de agua y miel. Los folíolos de cícadras fueron revisados diariamente y los folíolos con huevos se depositaron en platos Petri (5.5 cm de diámetro), los cuales se colocaron en las cámaras de ambiente controlado a cada una de las cuatro temperaturas (20, 25, 30 ó 35 °C). Se utilizaron un total de 40 huevos para cada temperatura y todas las cámaras estuvieron configuradas a una humedad relativa de 70-80% y un fotoperíodo de 14:10 luz: oscuridad.

Los platos Petri fueron revisados diariamente y las larvas de primer estadio fueron apartadas individualmente a nuevos platos Petri conteniendo folíolos infestados con escamas, algodón con agua, y una cubierta de malla para permitir una buena aireación. Todos los platos Petri fueron revisados diariamente, y la sobrevivencia, el cambio de estadio, el consumo de escamas fueron registrados para cada una de las temperaturas. Los folíolos con escamas fueron reemplazados todos los días luego de realizarse los conteos. Al emerger los adultos, se registró el consumo diario de escamas solo por los primeros



cinco días de vida. Algunos adultos fueron puestos en pareja con foliolos infestados con escamas y algodón remojado en una solución de agua y miel, y se evaluó el tiempo que la hembra tardó en empezar a poner huevos (período de pre-ovoposición). Debido a que a 20 °C sólo un individuo completó su desarrollo, 22 larvas de cuarto estadio fueron recolectadas de la colonia y se mantuvieron a esa temperatura en vasos plásticos individuales (5 × 4 cm). Cuando estos individuos llegaron a adulto, se registraron el consumo diario por 5 días y el período de pre-ovoposición a 20 °C.

Se compararon las siguientes variables: 1) sobrevivencia de cada estadio, 2) tiempo de desarrollo de cada estadio, 3) tasa de consumo diario y total de cada estadio, y 4) período de pre-ovoposición de los adultos. Se analizaron los datos de sobrevivencia utilizando la prueba de homogeneidad de proporciones entre pares de temperaturas. Los datos de tiempo de desarrollo, tasa de consumo y período de pre-ovoposición se analizaron estadísticamente utilizando análisis de varianza de dos factores (temperatura, estadio), y el test de Student-Newman-Keuls (SNK) para hacer las comparaciones posteriores (SAS). En el caso de obtener una interacción significativa, se realizaron análisis de varianza simples entre temperaturas. Se utilizó un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para todos los análisis estadísticos.

### 3. RESULTADOS

Se obtuvo un descenso rápido en la sobrevivencia de *Phaenochilus* n. sp. en los primeros 10 días a partir de la eclosión de huevos a 20, 25 y 30 °C (Figura 3). La sobrevivencia de huevo a adulto fue mayor a 25 °C (54 %) seguido por 30 °C (28 %), y solo un individuo sobrevivió hasta adulto a 20 °C (Figura 3). La sobrevivencia de cada estadio por temperatura experimental se muestra en el Cuadro 1. Se observó un mayor porcentaje de huevos eclosionados a 25 °C (87.5%) seguido por 20 y 30 °C (Cuadro 1). No eclosionó ningún huevo a 35 °C. La mayor mortalidad se registró durante el primer estadio larval a 20, 25, y 30 °C (Cuadro 1). La prueba de proporciones mostró diferencias en la sobrevivencia de todos los estadios entre 20 y 25 °C, de la misma manera hubo diferencias entre 25 y 30 °C para todos los estadios con excepción del segundo estadio larval (Cuadro 1). Se registró una mayor sobrevivencia de cada estadio larval a 25 °C.

Debido a que solo un individuo completó su desarrollo hasta adulto a 20 °C, esta temperatura no fue incluida en el análisis estadístico. Hubo una interacción significativa entre temperatura y estadio para el tiempo de desarrollo ( $F=42.3$ ,  $gl=6$ ,  $245$ ,  $P < 0.0001$ ). Los tiempos de desarrollo de los estadios de *Phaenochilus* n. sp fueron más cortos a 30 °C comparado con 25 °C, excepto para el segundo estadio (Cuadro 2). El tiempo de desarrollo desde huevo a adulto fue más largo a 25 °C que a 30 °C. El período de incubación de los huevos incrementó con el descenso en temperatura, de la misma manera el período de pupa fue más largo a 20 °C seguido por 25 y 30 °C (Cuadro 2).

No hubo interacción entre temperatura y estadio para la tasa de consumo diario de *Phaenochilus* n. sp. ( $F = 1.8$ ,  $gl = 4$ ,  $142$ ,  $P = 0.13$ ). Sin embargo, el consumo diario varió entre estadios ( $F = 100.15$ ,  $gl = 4$ ,  $142$ ,  $P < 0.01$ ), pero no entre temperaturas ( $F = 3.28$ ,  $gl = 1$ ,  $142$ ,  $P = 0.07$ ). El consumo diario de escamas aumentó desde el primer al cuarto estadio, mientras que los adultos consumieron más escamas que las larvas a 25 y 30 °C (Cuadro 3). No hubo diferencias en el consumo diario de adultos entre hembras y machos a 25 y 30 °C ( $P > 0.05$ ). Por ese motivo, se juntaron los datos para ambos sexos y se comparó el consumo diario de adultos entre temperaturas. Debido al bajo número de adultos a 20 °C (cinco en total), no se pudo comparar el consumo diario entre sexos a esa temperatura. Los adultos consumieron un número similar de escamas por día a cada una de las tres temperaturas ( $F = 1.2$ ,  $gl = 2$ ,  $18$ ,  $P = 0.33$ ) (Cuadro 3).

Se encontraron diferencias en la interacción entre temperatura y estadios para el total de escamas consumidas durante cada estadio ( $F = 38.3$ ,  $gl = 4$ ,  $156$ ,  $P = < 0.01$ ). En general, el total consumido por estadio fue mayor a 25 °C comparado con 30 °C (Cuadro 4). El consumo total por estadio aumentó del primer al cuarto estadio, siendo el último estadio el

que más escamas consumió a las tres temperaturas experimentales. El consumo total de escamas para completar la etapa larval a 25 °C fue dos veces y medio mayor al consumo total a 30 °C.

Tres de cuatro hembras de *Phaenochilus* n. sp. expuestas a 20 °C pusieron huevos durante el experimento, mientras que sólo tres de seis hembras pusieron huevos a 25 °C. El período de pre-ovoposición fue más largo a 20 °C ( $39.6 \pm 0.6$  d) que a 25 °C ( $23.0 \pm 1.0$  d) ( $F = 192.3$ ,  $gl = 1, 5$ ,  $P = 0.0002$ ). Sin embargo, este período de pre-ovoposición resulta ser un poco largo comparado con otros coccinélidos, y por lo tanto, este experimento será repetido para verificar estos resultados. Debido al bajo número de adultos obtenidos a 30 °C (cinco adultos), los adultos se mantuvieron en forma individual y sólo se evaluó la tasa de consumo por individuo y no su pre-ovoposición.

Cuadro 1. Porcentajes de sobrevivencia de *Phaenochilus* n. sp. para cada estadio a 20°C, 25 °C 30 °C y 35 °C .

Temperatura °C	Huevo	Porcentaje de Sobrevivencia (%)				Pupa	Adulto
		1° estadio	2° estadio	3° estadio	4° estadio		
20	77.5	12.9	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
25	87.5	65.7	95.7	95.5	90.5	100.0	100.0
30	70.0	46.4	84.6	100.0	63.6	71.4	71.4
35	0.0	-	-	-	-	-	-

- No se obtuvo datos

Cuadro 2. Tiempo de desarrollo en días (media  $\pm$  error estándar) para cada etapa de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas.

Etapas	Temperaturas		
	20° C	25° C	30° C
Huevo	13.7 $\pm$ 0.2(31)	9.3 $\pm$ 0.1 a (35)	6.4 $\pm$ 0.1 b (28)
1° estadio	11.0 $\pm$ 1.2(5)	5.8 $\pm$ 0.1 a (24)	5.0 $\pm$ 0.4 b (13)
2° estadio	10.5 $\pm$ 1.5(3)	3.9 $\pm$ 0.3 a (22)	4.9 $\pm$ 0.5 a (11)
3° estadio	8.0 $\pm$ 0 (1)	9.7 $\pm$ 0.6 a (21)	5.4 $\pm$ 0.4 b (11)
4° estadio	17.0 $\pm$ 0 (1)	12.2 $\pm$ 0.5 a (19)	7.0 $\pm$ 0.6 b (9)
Pupa	11.0 $\pm$ 0 (1)	7.0 $\pm$ 0.3 a (19)	5.5 $\pm$ 0.4 b (8)
Huevo-Adulto	67.0 $\pm$ 0 (1)	48.0 $\pm$ 0.6 a (18)	34.7 $\pm$ 1.4 b (8)

Números seguidos de diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Cifra dentro paréntesis indica el tamaño de muestra.

Cuadro 3. Consumo diario de escamas (medias  $\pm$  error estándar) por cada estadio y el adulto de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas.

Etapa	20 °C	25 °C	30 °C
1° estadio	2.9 $\pm$ 0.2	3.9 $\pm$ 0.2 a	2.2 $\pm$ 0.5 a
2° estadio	3.4 $\pm$ 0.6	7.6 $\pm$ 0.3 b	5.4 $\pm$ 1.2 b
3° estadio	10.0 $\pm$ 0.0	8.0 $\pm$ 0.6 c	7.3 $\pm$ 2.0 c
4° estadio	15.0 $\pm$ 0.0	20.8 $\pm$ 1.2 c	13.2 $\pm$ 4.4 c
Adulto	25.6 $\pm$ 3.4	32.2 $\pm$ 2.1 d	30.1 $\pm$ 3.3 d

Números seguidos de diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 4. Consumo total de escamas (medias  $\pm$  error estándar) por cada estadio de *Phaenochilus* n. sp. a tres temperaturas.

Etapas	20 °C	25 °C	30 °C
1° estadio	33.2 $\pm$ 5.6	22.8 $\pm$ 1.0 a	10.0 $\pm$ 1.9 b
2° estadio	35.0 $\pm$ 1.0	29.0 $\pm$ 2.3 a	19.5 $\pm$ 3.3 b
3° estadio	80.0 $\pm$ 0.0	78.6 $\pm$ 9.1 a	36.3 $\pm$ 8.1 b
4° estadio	267.0 $\pm$ 0.0	246.4 $\pm$ 12.4 a	76.8 $\pm$ 19.3 b
Total (1-4)	420.0 $\pm$ 0.0	379.8 $\pm$ 15.2 a	144.7 $\pm$ 28.8 b

Números seguidos de diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

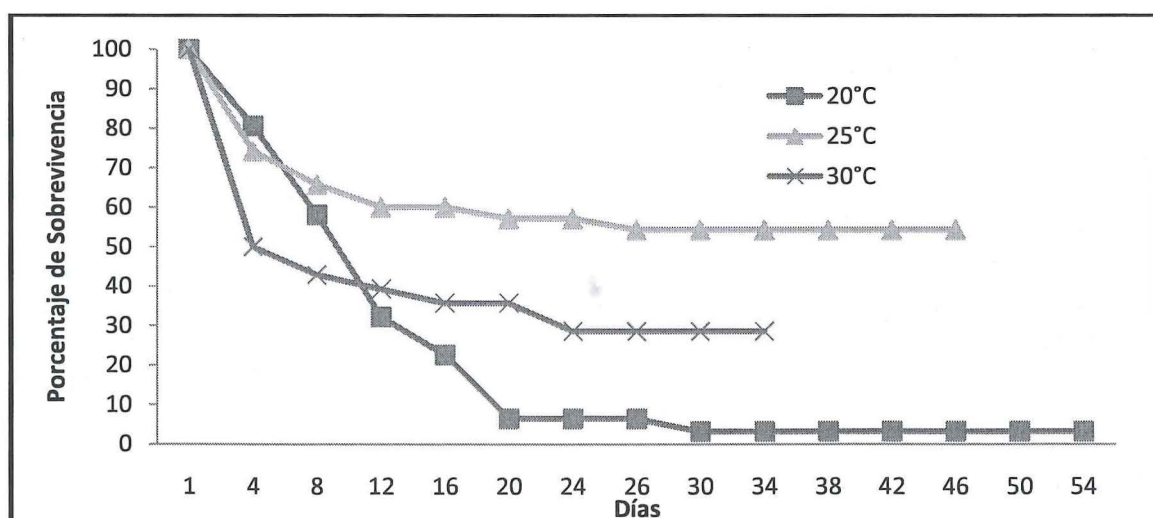


Figura 3. Porcentaje de supervivencia de larva a adulto de *Phaenochilus* n. sp. a lo largo del tiempo a tres temperaturas.

#### 4. DISCUSIÓN

La evaluación del efecto de la temperatura en el desarrollo de un insecto depredador es fundamental para entender su ciclo de vida y además poder predecir su potencial como agente de control biológico (Acar 2001). El presente estudio mostró que *Phaenochilus* n. sp. puede completar su desarrollo alimentándose de la escama *A. yasumatsui* entre 20 a 30 °C en el laboratorio, pero no hubo sobrevivencia a una temperatura alta (35 °C). Los niveles de temperatura pueden afectar fuertemente la fenología del depredador y presa, así como en los tiempos de actividad. Los cambios en la fenología, el tiempo de emergencia y períodos de actividad pueden decaer o mejorar los eventos de depredación (Logan *et al.* 2005; Morales-Ramos *et al.* 1996).

La susceptibilidad a altas y bajas temperaturas puede estar relacionada con el clima en el lugar de origen de este coccinélido, ya que el sureste de Tailandia se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con temperaturas que oscilan entre 18 y 32 °C. De acuerdo a estos resultados, es de esperar que este depredador pueda sobrevivir en Florida durante todo el año. Aunque las temperaturas pueden superar los 35 °C durante el verano en Florida, esto sucede solo durante unas pocas horas del día. La fluctuación de temperaturas en el campo difiere de las condiciones constantes de laboratorio utilizadas en este estudio. Sin embargo, estudios del desarrollo de insectos a temperaturas constantes han sido utilizados frecuentemente, y estos han dado resultados que son comparables a los obtenidos bajo condiciones naturales (Ponsonby y Copland 1996; Uygun y Atlihan 2000; Liu *et al.* 2002).

El primer estadio sufrió la mayor mortalidad durante este estudio. De la misma manera, otros depredadores de *A. yasumatsui* (*R. lophanthae* y *C. montrouzieri*) mostraron un descenso rápido en la sobrevivencia (<50%) durante los primeros 10 días luego de emerger de los huevos (Thorson 2009). El tiempo total de desarrollo de *Phaenochilus* n. sp. fue de 48 días a 25 °C, similar a los 40 días para *C. nipponicus* (Smith y Cave 2006), pero mayor a los 34 días para *R. lophanthae* (Thorson 2009) a la misma temperatura. Sin embargo, *R. lophanthae* tiene una distribución limitada en Florida, y sólo ha sido encontrado en cícadas en Tampa y Tallahassee (Cave 2006). Por su parte, *C. nipponicus* es abundante en Florida y está disponible comercialmente en los Estados Unidos, pero no ha sido eficaz en controlar *A. yasumatsui* en Florida. Un factor limitante de *C. nipponicus* puede ser el parasitismo de su pupa por la avispa *Aphanogmus albicoxalis* Evans and Dessart (Smith y Cave 2006). Cálculos con estimaciones en laboratorio de los requerimientos de grados al día y la tasa reproductiva pueden usarse para determinar que temperaturas son aconsejables para el crecimiento de una población sostenible (Pilkington y Hoddle 2006).

El hambre de un insecto es influenciado positivamente por la temperatura, y por lo tanto, la tasa de consumo aumenta con la temperatura (Johnson *et al.* 1975). Sin embargo, el consumo diario de *Phaenochilus* n. sp. fue similar a 25 y 30° C. A pesar de que no hubo diferencias en el consumo diario entre las dos temperaturas, el total de escamas consumidas por la etapa larval fue mayor a 25 °C, lo cual se puede atribuir al mayor tiempo de desarrollo a esa temperatura. En comparación con otros depredadores de *A. yasumatsui*, *Phaenochilus* n. sp. es un consumidor voraz de la escama, ya que puede consumir hasta 380 escamas durante su estadio larval a 25 °C, mientras que *R. lophanthae* consume un total de 58 escamas durante la etapa larval (Thorson 2009) y *C. nipponicus* consume cuatro escamas diarias con un estadio larval de 13.7 días (Smith y Cave 2006).

## 5. CONCLUSIONES

- La mayor sobrevivencia (54%) desde huevo eclosionado a adulto de *Phaenochilus* n sp. se obtuvo a 25 °C, por este motivo se sugiere mantener las colonias a esa temperatura en el laboratorio.
- El tiempo de desarrollo de *Phaenochilus* n sp. disminuyó con el incremento de temperatura de 20 hasta los 30 °C.
- El consumo diario y total de escamas se incrementó del primer al cuarto estadio, pero no hubo diferencias en el consumo diario entre hembras y machos.
- En resumen, *Phaenochilus* n sp. es un depredador voraz de *A. yasumatsui* y puede completar su desarrollo a temperaturas desde 20 a 30 °C. Este depredador tiene un alto potencial como agente de control biológico de *A. yasumatsui* en Florida.

## 6. RECOMENDACIONES

- Estudios futuros incluyen la continuación de estudios de desarrollo de *Phaenochilus* n sp. a más temperaturas (18 y 33 °C) con el objeto de calcular niveles críticos de desarrollo y hacer estimaciones del número de generaciones por año en diferentes localidades de Florida.
- Los estudios con fluctuaciones de temperaturas y un mayor número de muestras complementarían los resultados de este estudio.
- La petición de liberación de este depredador está en trámite. Si se obtiene el permiso de liberación, se comenzará con las liberaciones en diferentes sitios de Florida, y se hará un monitoreo del establecimiento, dispersión y control de *A. yasumatsui* por este depredador.



## 7. LITERATURA CITADA

Acar, E.B.; Smith, B.N.; Hansen, L.D.; Booth, M.D. 2001. Use of calorimetry to determine effects of temperature on metabolic efficiency of an insect. *Environmental Entomology* 30: 811-816

Cave, R.D. 2005. Biological control of *Aulacaspis yasumatsui*. *The Cycad Newsletter* 28(5):8-9.

Cave, R.D. 2006. Biological control agents of the cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui*. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 119: 422-424.

Emshousen, C.; Mannion, C. 2004. Taming Asian cycad scale. *The Cycad Newsletter* 27(1):8-10.

Emshousen, C.; Mannion, C.; Glenn, H. 2004. Management of cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 117: 305-307.

Hodges, G.S.; Howard, F.W.; Buss, E.A. 2003. Update on management methods for cycad aulacaspis scale. Fla. Coop. Ext. Service, IFAS, University of Florida. ENY-680.

Howard, F.W.; Hamon, A.; McLaughlin, M.; Weissling, T.; Yang, S - L. 1999. *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a scale insect pest of cycads recently introduced into Florida. *Florida Entomologist* 82: 14 – 27.

Johnson, D.M.; Akre, B.B.; Crowley P.H. 1975. Modeling arthropod predation: Wasteful killing by damselfly naiads. *Ecology* 36: 1081–1093.

Koch, R.L. 2003. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science* 32(3): 1-16.

Liu, S.S.; Chen, F.Z.; Zalucki, M.P. 2002. Development and survival of the diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) at constant and alternating temperatures. *Environmental Entomology* 31: 221-231.

Logan, J.D.; Wolessensky, W.; Joern, A. 2005. Temperature-dependent phenology and predation in arthropod (en línea). Consultado 21 Septiembre 2009. Disponible en [www.kstate.edu/grassland/Pubs/2006\\_TempDependPhenology\\_LoganWolesJoern\\_EcolM ODEL.pdf](http://www.kstate.edu/grassland/Pubs/2006_TempDependPhenology_LoganWolesJoern_EcolM ODEL.pdf)

- Morales-Ramos, J.A.; Legaspi, B.C.; Carruthers, R.I. 1996. Modification of the random-search type II functional response equation for incorporation into simulation models. *Ecological Modelling* 91: 249-253.
- Obrycki, J.J.; Kring T.J. 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology* 43: 295-321.
- Pilkington, L.J.; Hoddle, M.S. 2006. Use of life table statistics and degree-day values to predict the invasion success of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae), in California. *Biological Control* 37: 276-283.
- Ponsonby, D.J.; Copland, J.W.. 1996. Effect of temperature on development and immature survival in the scale insect predator, *Chilocorus nigrinus* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Science and Technology* 6: 101- 109
- Skirvin, D.J.; Fenlon, J.S. 2003. The effect of temperature on the functional response. of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Department of Entomological Sciences, Horticulture Research International. CV35 9EF Wellesbourne.
- Smith, T.R.; Cave, R.D. 2006.(A) Life history of *Cybocephalus nipponicus* Endrödy-Younga (Coleoptera: coccinellidae), a predator of *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Homoptera: Diaspididae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 108: 905-916.
- Smith, T.R.; Cave, R.D. 2006.(B) Pesticide susceptibility of *Cybocephalus nipponicus* and *Rhyzobius lophanthae* (Coleoptera: Cybocephalidae, Coccinellidae). *Florida Entomologist* 89: 502-507.
- Thorson, G.C. 2009. Evaluation of *Rhyzobius lophanthae* (Blaisdell) and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) as predators of *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Hemiptera: Diaspididae). Tesis de Maestria, University of Florida, Gainesville, FL.
- Uygun, N.; Atlihan, R. 2000. The effect of temperature on development and fecundity of *Scymnus levaillanti*. Kluwer Academic Publishers.Netherlands. *BioControl* 45: 453-462.
- Watson, G.W. 2005. Diaspididae: *Aulacaspis yasumatsui*. World Biodiversity Database: "Arthropods of Economic Importance" (en línea). Consultado 23 septiembre 2009.  
Disponible en  
<http://ip30.eti.uva.nl/bis/diaspididae.php?menuentry=soorten&selected=beschrijving&id=97>
- Weissling, T.J.; Howard, W.F.; Hamon, A.B. 2007. Cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Insecta; Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae). Department of Entomology and Nematology, IFAS, University of Florida. EENY-096 (IN253).

World's Conservation Union Cicad Specialist Group. 2009. Welcome to the Cycad Society website (en línea). Consultado 25 Noviembre 2009. Disponible en <http://www.cycad.org/>