

## EVALUACIÓN DE TEMPERATURAS Y DIFERENTES ESTADOS BIOLÓGICOS DE BROCA DE CAFÉ PARA LA CRÍA MASIVA DEL PARASITOIDE *Prorops nasuta* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE)\*

Tito Bacca<sup>1</sup>, Pablo Benavides M.<sup>2</sup>

### Resumen

El parasitoide *Prorops nasuta* es único parasitoide de la broca del café de origen africano que se estableció en Colombia y es considerado el principal enemigo natural en el control biológico de esta plaga. Es necesario desarrollar metodologías para su cría masiva para aumentar sus poblaciones y contribuir en el manejo integrado de la broca del café. Por esta razón, este trabajo tuvo como objetivo evaluar diferentes temperaturas y edades de dieta artificial (Cenibroca) infestada con *Hypothenemus hampei* para la cría del parasitoide *P. nasuta*. Se pudo determinar que las temperaturas evaluadas (22, 25 y 28°C) no tuvieron efecto en el número de parasitoide obtenidos. Sin embargo, con las dietas de 35 días después de haberlas brocado se obtuvo el mayor número de estados biológicos 2,5 avispas por cada 3 cm<sup>3</sup> de dieta, comparado con las dietas de 21 y 28 días de brocado. La temperatura de 28°C afectó considerablemente el tamaño de la avispa. El parasitoide fue criado a 25°C y se determinaron los principales parámetros reproductivos de *P. nasuta*, que pueden ser utilizados en proyecciones poblacionales utilizadas en la cría masiva de este parasitoide.

**Palabras clave:** control biológico, avispa de Uganda, *Hypothenemus hampei*.

## EVALUATION OF TEMPERATURES AND DIFFERENT BIOLOGICAL STAGES OF COFFEE BERRY BORER FOR THE MASS REARING OF THE *Prorops nasuta* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) PARASITOID

### Abstract

The parasitoid *Prorops nasuta* is only parasitoid of the coffee berry borer of African origin that was established in Colombia and is considered the main natural enemy in the biological control of this pest. It is necessary to develop methodologies for its mass rearing to increase its populations and contribute to the integrated management of the coffee berry borer. For this reason, this work had as an objective to evaluate different temperatures and ages of the artificial diet (Cenibroca) infested with *Hypothenemus hampei* for the rearing of the *P. nasuta* parasitoid. It was possible to determine that the evaluated temperatures (22, 25 and 28°C) had no effect on the number of parasitoids obtained. However, with the 35 days diets after having them infested with the borer, the largest number of biological stages 2,5

\* FR: 19-II-2014. FA: 6-III-2014.

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto. E-mail: titobacca@gmail.com

<sup>2</sup> Investigador Científico II, Cenicafé, Chinchiná. E-mail: pablo.benavides@cafedecolombia.com

### CÓMO CITAR:

BACCA, T. & BENAVIDES M., P., 2014.- Evaluación de temperaturas y diferentes estados biológicos de broca de café para la cría masiva del parasitoide *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (1): 175-187.

wasps per each 3 cm<sup>3</sup> of diet was obtained, compared with the 21 and 28 days diets after infested with the borer. The 28°C temperature affected significantly the size of the wasp. The parasitoid was raised at 25°C and the main *P. nasuta* reproductive parameters were identified, which can be used in population projections used in the mass rearing of this parasitoid.

**Key words:** biological control, Uganda wasp, *Hypothenemus hampei*.

## INTRODUCCIÓN

La broca del café *Hypothenemus hampei*, es una de las plagas más limitantes en la caficultura mundial (BUSTILLO, 2008; VEGA *et al.*, 2009). Para el control biológico de esta plaga se han realizado varios esfuerzos por crear metodologías para la cría masiva de este insecto y poder criar sus parasitoides utilizando café cereza y pergamino. En la mayoría de los casos, la producción masiva no ha sido exitosa, principalmente porque no existe disponibilidad de frutos de café durante todo el año (PORTILLA & STREET, 2006). El caso contrario se presenta en Colombia, donde existen floraciones durante todo el año, lo que asegura frutos utilizados en la cría de la broca. De esta forma, Colombia ha sido el único país que ha logrado la producción masiva de betílidos *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, parasitoides de *H. hampei* (BENAVIDES, 2008; PORTILLA & STREET, 2006). Sin embargo, con el uso de la metodología de grano pergamino y cerezas de café se incurre en elevados costos de producción de estos parasitoides que fluctúan entre 1,5 a 5,4 dólares por 1000 avispas (PORTILLA, 2002).

Una forma eficiente para reducir considerablemente los costos es mediante la utilización de dieta artificial para la cría de la broca, logrando reducir los costos de sus parasitoides hasta en 0,5 dólares para 1000 avispas (PORTILLA, 2002). PORTILLA (1999a), evaluó cuatro dietas para la cría de la broca del café, encontrando que la dieta Cenibroca, que es una dieta modificada por la propuesta por VILLACORTA & BARRERA (1993), es la más eficiente debido que se obtuvo un mayor número de estado biológicos de broca y por su menor costo. Posteriormente, PORTILLA (1999b) diseñó una metodología a mediana escala para cría masiva del betílido *C. stephanoderis* en *H. hampei*, utilizando la dieta artificial Cenibroca, donde a partir de un litro de dieta fue posible obtener 41.000 brocas que fueron utilizadas para producir 20.000 parasitoides. Bajo las condiciones utilizadas, la edad ideal de los estados inmaduros de *H. hampei* para ser parasitados por *C. stephanoderis* está entre 25 y 28 después de la infestación de la dieta a 25°C. En esta investigación, se consideró que es posible criar masivamente *C. stephanoderis* utilizando dietas artificiales para la cría de la broca. Con la dieta Cenibroca se han mantenido colonias de broca por más de 80 generaciones sin detrimento de sus parámetros demográficos y sin necesidad de renovar el pie de cría con material de campo (BENAVIDES, 2008).

En el manejo integrado de la broca del café *H. hampei* en Colombia fueron evaluados varios parasitoides africanos, entre ellos *P. nasuta*, el cual fue el único que se estableció después de más de 15 años de su liberación. Este parasitoide fue

encontrado en el 75% de las fincas muestreadas, logrando parasitismo hasta del 50% en un rango altitudinal amplio entre los 1150 y 1840 msnm. (MALDONADO & BENAVIDES, 2007). Por lo tanto, siendo *P. nasuta* el principal enemigo natural de la broca en Colombia, se deben invertir esfuerzos en desarrollo de su cría masiva y de programas de control biológico de conservación, que ayudarán a regular biológicamente las poblaciones de broca del café. En la actualidad se desconocen algunos parámetros básicos para la cría de *P. nasuta* a partir de broca obtenida en dieta artificial, como la temperatura ideal en la cual debe ser criada y los estados biológicos de broca que prefiere para su mejor desarrollo. Por lo tanto, el objetivo de este experimento fue determinar la temperatura y los estados biológicos de broca criados en dieta artificial que garantizan la cría masiva de *Prorops nasuta*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó en Centro Nacional de Investigaciones de Café-CENICAFÉ “Pedro Uribe Mejía” de la Federación Nacional de Cafeteros (05°N, 75°36'W) a 1.310m de altitud en el municipio de Chinchiná (Caldas), en los laboratorios de la disciplina de entomología. Los individuos de broca del café y del parasitoide *P. nasuta* utilizados en los experimentos fueron obtenidos de las colonias mantenidas en CENICAFÉ. La dieta artificial Cenibroca modificada (utilizando 2,65 ml de formaldehído en vez de 1 ml por litro de dieta), fue utilizada para la cría de la broca (PORTILLA & STREET, 2006).

### **Temperaturas y edades de la broca del café en dieta artificial para la cría del parasitoide *P. nasuta***

Los tratamientos consistieron en tres temperaturas de cría del parasitoide *P. nasuta*, que fueron obtenidas en cuartos de cría: 22, 25 y 28°C a 70-80% de humedad relativa (HR). Como subtratamientos, se evaluaron tres tiempos de infestación de la broca en dietas artificiales: 21, 28 y 35 días. Las dietas con tiempos diferentes de infestación, tuvieron diferente proporción de estados biológicos de broca al momento de depositar el parasitoide *P. nasuta*. La broca, en este caso, fue criada a 25°C y 70 - 80% HR (condiciones ambientales del laboratorio). Una vez se depositó la avispa en la dieta con diferentes tiempos de desarrollo de la broca, esta se sometió a los diferentes regímenes de temperatura. La unidad experimental consistió en un vial de vidrio de 20 cc con tapa de rosca plástica, con 3 cc de dieta artificial Cenibroca infestada con 6 hembras de broca, con 42,31 en promedio (desviación estándar = 7,7) de estados biológicos, obtenidos en los tiempos respectivos de los subtratamientos, más una avispa hembra de *P. nasuta* fértil. Para obtener estas unidades experimentales se partió de 50 frascos con dieta y broca para cada subtratamiento. Los frascos que presentaban bajo número de estados biológicos de broca fueron descartados.

Las unidades experimentales fueron asignadas a los tratamientos, bajo un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial de 3 X 3 (3 temperaturas y 3 tiempos de infestación). Por cada tratamiento se asignaron 30 unidades experimentales, correspondiente a cada repetición. La información registrada a los 30 días de constituida la unidad experimental, fue: número de estados biológicos vivos y muertos de broca y de *P. nasuta*.

Con las variables de respuesta se aplicó un análisis de varianza para el modelo del diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial al 5%. Para la separación de promedios de tratamientos y subtratamientos se utilizó una prueba de contraste de mínima diferencia significativa (LSD) al 5%.

De manera complementaria, se realizaron observaciones del peso y longitud de las avispas adultas y el porcentaje de anomalías, de la siguiente manera: se tomaron 50 avispas por tratamiento para ser pesadas individualmente en una balanza de precisión. Además, se registró la medida desde el ápice de la cabeza hasta el extremo del abdomen de estos adultos y se contabilizaron las avispas con anomalías en las alas y el abdomen. Se determinó el sexo de cada individuo, mediante observación de la genitalia en el microscopio. Con las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y una prueba de contraste de mínima diferencia significativa (LSD) al 5% para la separación de la media de los tratamientos. La proporción de sexos se comparó mediante una prueba de T al 5%.

### **Ciclo de vida y parámetros demográficos y reproductivos de *P. nasuta***

Como información complementaria, una vez seleccionada la temperatura en la cual se debía desarrollar el parasitoide, se procedió a construir la tabla de vida y establecer los parámetros demográficos de *Prorops nasuta* bajo esas condiciones, como se describe a continuación.

Para determinar los parámetros reproductivos del parasitoide se establecieron cinco cohortes, cada una de 20 huevos que estaban parasitando prepupas de *H. hampei* que fueron obtenidas a partir de crías. La unidad de muestreo (UM) correspondió a un emporador de 1  $\mu$ l con un huevo del parasitoide; este recipiente favoreció la formación del capullo de la avispa. Las unidades experimentales se evaluaron todos los días hasta la emergencia del último adulto. En cada uno de los tratamientos también se estimó la supervivencia.

Para determinar los parámetros de desarrollo de la avispa se utilizaron 40 hembras de avispas recién emergidas y copuladas. La unidad experimental consistió en una hembra individualizada en una caja petri de 10 cm de diámetro con 10 larvas de segundo instar, 10 prepupas, 10 pupas, 5 larvas de primer instar y 5 huevos de broca, los cuales fueron repuestos semanalmente. Los estados biológicos de broca se obtuvieron de crías de broca con dieta artificial. En cada unidad experimental se evaluó el periodo de preoviposición, se contabilizó el número de huevos del parasitoide, el número de avispas vivas y muertas. Cada día se retiraron los estados biológicos de broca muertos y parasitados por la avispa.

Para determinar los parámetros demográficos y reproductivos de *Prorops nasuta* se registraron el número de individuos para cada fase de desarrollo ( $N$ ) y la duración promedio en días ( $X$ ), a partir de los cuales se podrá calcular los demás parámetros de la tabla de vida, según RABINOVICH (1982) y KREBS (1985):

$N_x =$	Número de individuos vivos a cada una de las edades	
$X =$	Estado de desarrollo o categoría de edad	
$I_x =$	Proporción de supervivientes a la edad $x \rightarrow$	$N_x / N_0$
$d_x =$	Nº de individuos que mueren en el transcurso de cada estado $\rightarrow$	$N_x - N_{x+1}$
$q_x =$	Probabilidad de morir entre $x$ y $x+1 \rightarrow$	$d_x / N_x$
$L_x =$	Promedio de sobrevivientes entre dos estadios consecutivos $\rightarrow$	$[I_x + I_{x+1}] / 2$
$T_x =$	Nº de días que quedan por vivir a los sobrevivientes en edad $x \rightarrow$	$\sum_m^x L_x$
$e_x =$	Esperanza de vida $\rightarrow$	$T_x / I_x$

A partir de la supervivencia ( $I_x$ ) y la fecundidad específica ( $m_x = \text{N}^\circ$  huevos/proporción sexual), por edad ( $x$ ), serán calculados los parámetros reproductivos de *P. nasuta* así:

Tasa reproductiva neta

$$R_0 = \sum (m_x l_x)$$

Tasa intrínseca de crecimiento:

$$r_m = \ln R_0 / T$$

Donde:

$$T = \sum (l_x m_x X) / (l_x m_x)$$

y este valor se tomará como base para resolver por iteración, el valor de  $r$  en la ecuación de:

$$\sum e^{-rx} (l_x m_x) = 1$$

Tiempo generacional:

$$\lambda = \text{antilog}_e r_m$$

Tiempo de duplicación generacional:

$$\lambda^2 = \frac{2 \log_e}{r_m}$$

## RESULTADOS

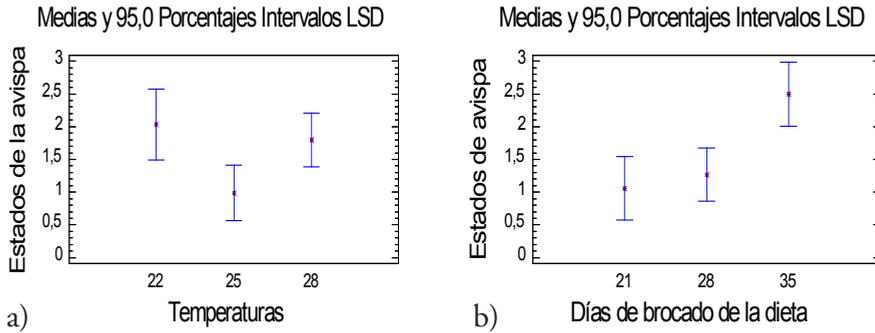
Durante la realización de este experimento se presentaron altos porcentajes de contaminación por los hongos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Fusarium* sp. en las unidades experimentales, lo que impidió el desarrollo normal de la broca y de su parasitoide. Las mayores contaminaciones en promedio fueron de 53% que se presentaron en la temperatura de 22°C, seguidas la temperatura de 25°C con 21% y a la temperatura de 28°C de 16% contaminación. Por lo tanto, las unidades experimentales contaminadas fueron eliminadas, reduciendo el número de unidades experimentales en forma considerable para los diferentes tratamientos y subtratamientos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Porcentaje de contaminación por los hongos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Fusarium* sp. en las unidades experimentales con dieta Cenibroca.

Tratamientos	Subtratamientos	No. total de unidades	No. de unidades contaminadas	No. unidades restantes	% de contaminación
22°C	21 días	30	16	14	53,3
22°C	28 días	42	27	15	64,2
22°C	35 días	24	10	14	41,6
25°C	21 días	27	6	21	22,2
25°C	28 días	42	11	31	26,1
25°C	35 días	23	4	19	17,3
28°C	21 días	26	6	20	23,0
28°C	28 días	43	7	36	16,27
28°C	35 días	23	2	21	8,6

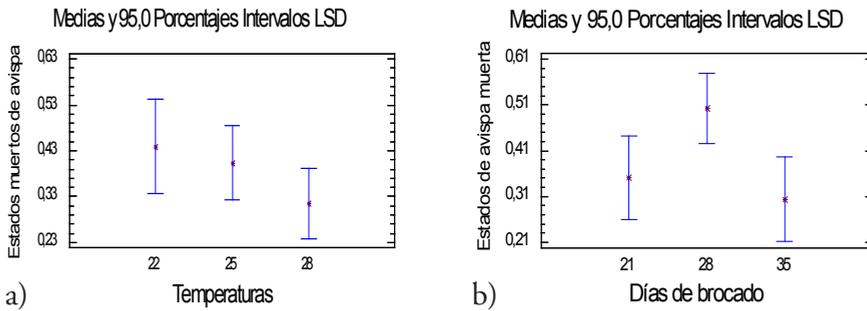
### Temperatura y edades de la broca del café en dieta artificial para la cría del parasitoide *P. nasuta*

Según el análisis de varianza para la variable estados biológicos de *P. nasuta*, no se encontraron diferencias estadísticas para el efecto de los tratamientos a diferentes temperaturas ( $p \leq 0,0605$ ), pero si hubo un efecto significativo ( $p \leq 0,0062$ ) para los subtratamientos, correspondientes a las diferentes edades de infestación (Fig. 1). No se encontró un efecto significativo en la interacción entre tratamientos y subtratamientos. Según la prueba de contrastes de mínima diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) la dieta de 35 días de brocado fue diferente a las otras edades evaluadas (Fig. 1a).



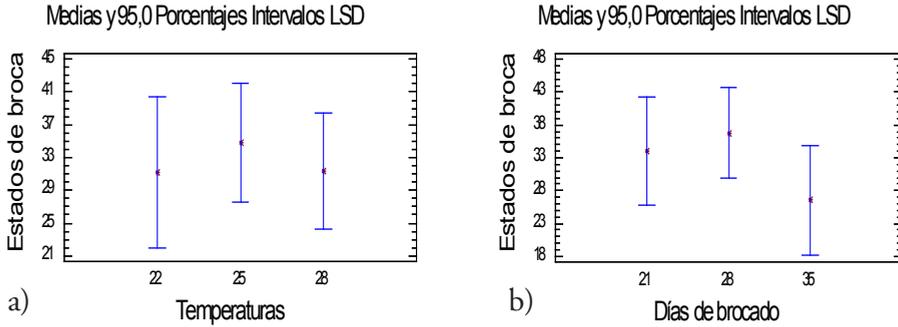
**Figura 1.** a) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos del parasitoide *Prorops nasuta* por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de tres temperaturas en grados centígrados. b) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos del parasitoide *Prorops nasuta* por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de dietas con diferentes fechas de brocado.

Según el análisis de varianza realizado para la variable estados biológicos muertos de *P. nasuta*, no se encontraron diferencias estadísticas para el efecto de los tratamientos (diferentes temperaturas) ( $p \leq 0,3364$ ). Sin embargo, hubo un efecto significativo ( $p \leq 0,0450$ ) para los subtratamientos (diferentes edades de infestación) (Fig. 2). Según la prueba de contraste de mínima diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) la dieta de 35 días es diferente con el subtratamiento de 28 días de brocado e igual al subtratamiento de 21 días (Fig. 2a).



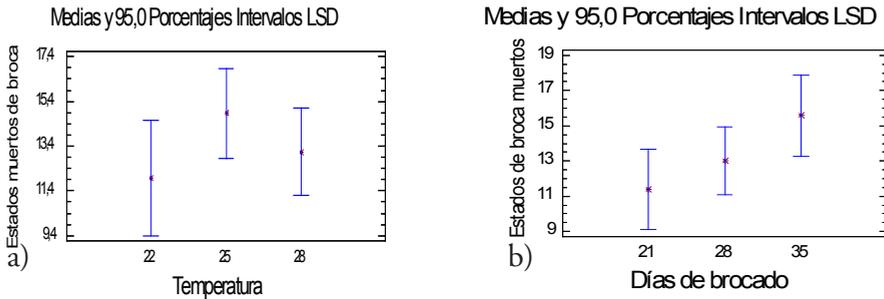
**Figura 2.** a) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos muertos del parasitoide *Prorops nasuta* por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de tres temperaturas en grados centígrados. b) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos muertos del parasitoide *Prorops nasuta* por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de dietas con diferentes fechas de brocado.

Según el análisis de varianza realizado para la variable estados biológicos de broca, no se encontraron diferencias estadísticas para el efecto de los tratamientos (diferentes temperaturas) y tampoco ( $p \leq 0,8605$ ) para los subtratamientos (diferentes edades de infestación) ( $p \leq 0,4033$ ) (Fig. 3).



**Figura 3.** a) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos de broca por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de tres temperaturas en grados centígrados. b) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos de broca por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de dietas con diferentes fechas de brocado.

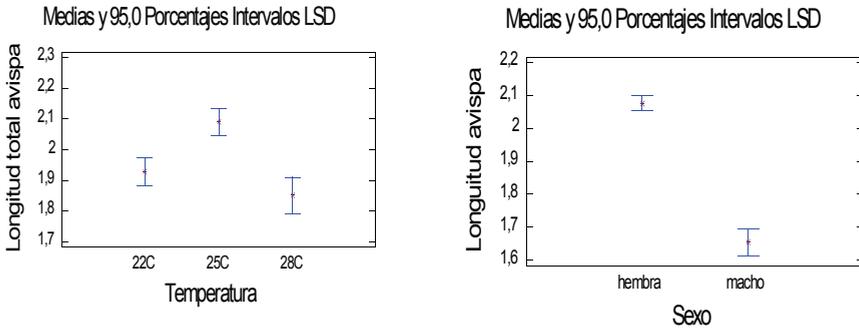
Para la variable estados biológicos de broca muertos, no se encontraron diferencias estadísticas para el efecto de los tratamientos (diferentes temperaturas) ( $p \leq 0,4437$ ) y para los subtratamientos (diferentes edades de infestación) ( $p \leq 0,1908$ ) (Fig. 4).



**Figura 4.** a) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos muertos de broca por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de tres temperaturas en grados centígrados. b) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza del promedio de los estados biológicos muertos de broca por frasco de 20cc de dieta, bajo el efecto de dietas con diferentes fechas de brocado.

Al realizar el análisis de varianza para la variable longitud de cuerpo de la avispa, se encontró que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0,00001$ ) y al realizar la prueba de contraste de mínima diferencia significativa ( $p \leq 0,005$ ), la temperatura de 25°C es diferente al resto de temperaturas. Sin embargo, el efecto de la temperatura de 28 y 22°C sobre la longitud de cuerpo de *P. nasuta* es igual (Fig. 5a). Cuando se realizó la prueba de T ( $p \leq 0,005$ ), para la variable longitud de la avispa para cada sexo, se encontró que existe un dimorfismo sexual marcado. La longitud de la hembra es superior a la del macho (Fig. 5b).

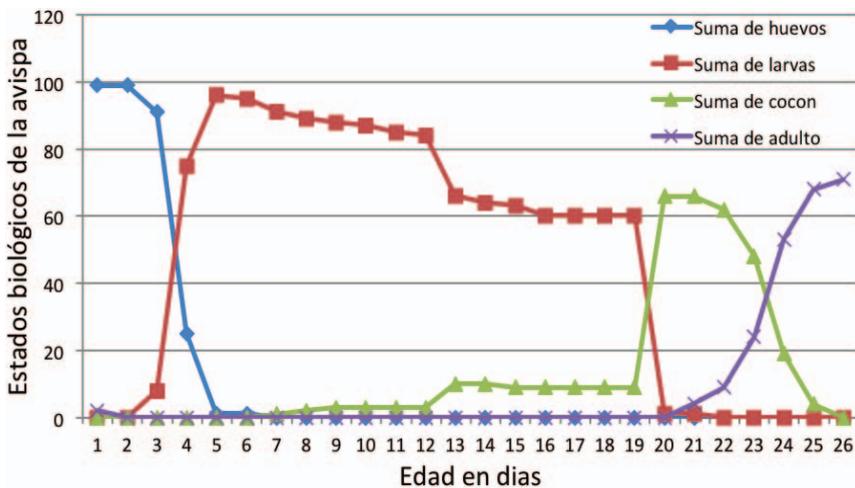
La balanza de precisión utilizada no detectó el peso de los parasitoides utilizados; por lo tanto, esta variable no fue analizada. Con respecto al porcentaje de anomalías en la avispa, no fueron observadas en los diferentes tratamientos.



**Figura 5.** a) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza de la longitud total en mm de la avispa bajo el efecto de tres temperaturas en grados centígrados. b) Promedio  $\pm$  intervalos de confianza de la longitud total en mm de la avispa para macho y hembras de *Proropsnasuta*.

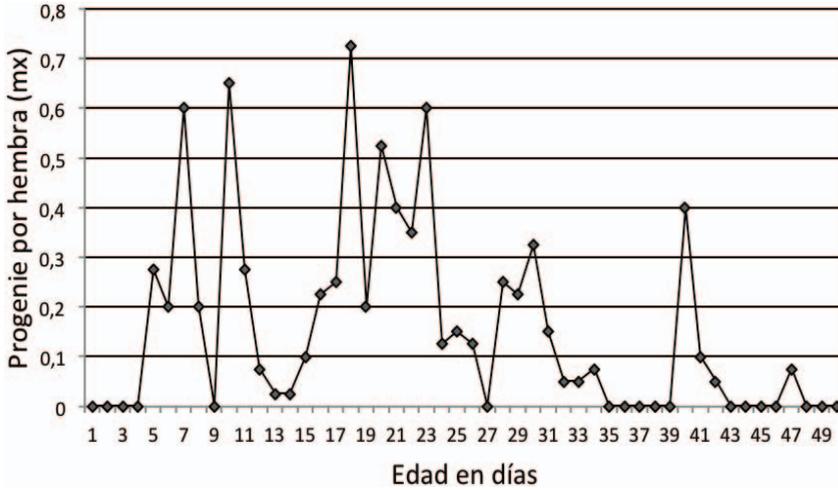
### Ciclo de vida y parámetros demográficos y reproductivos de *P. nasuta*

Con base en los resultados anteriores se escogió la temperatura de 25°C para determinar algunos parámetros de la tabla de vida de *P. nasuta*. Según la Figura 6, se pudo determinar que la duración del ciclo de vida en esta temperatura es de 26 días, 5 días en estado de huevo, 14 días para el estado de larva y 7 días para el estado de capullo (Fig. 6) y el periodo de preoviposición fue de 5 días.



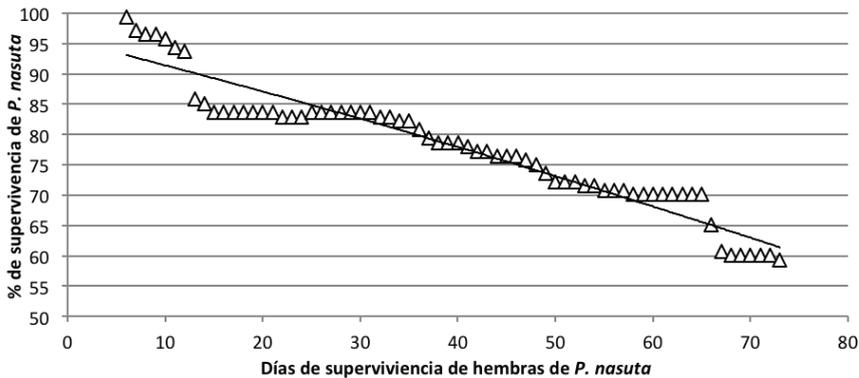
**Figura 6.** Tiempo de desarrollo en días de cada uno de los estados biológicos de *Proropsnasuta* a 25°C a partir de una población inicial de 100 huevos.

La progenie por hembra del parasitoide (mx) se registró hasta los 80 días. Apartir de los 43 días no se observó oviposición del parasitoide. El mayor periodo de oviposición fue de los 6 a los 23 días (Fig. 7).



**Figura 7.** Fecundidad específica expresada en huevo/hembra/día del parasitoide *Prorops nasuta* a 25°C a partir de una población inicial de 40 hembras.

El 60% de la supervivencia de la población de hembras, alimentadas con diferentes estados de broca del café, se logró hasta los 75 días. La supervivencia del parasitoide no se continuó evaluando por qué la oviposición en este periodo, fue nula (Fig. 8).



**Figura 8.** Función de supervivencia de la hembra adulta del parasitoide *Prorops nasuta* a 25°C a partir de una población inicial de 40 hembras ( $y = -0,0008x^2 - 0,4075x + 95,501, R^2 = 0,9214$ ).

El tiempo generacional de *P. nasuta* a 25 °C fue 51,20 días, que es el periodo comprendido desde la eclosión de los huevos hasta que las hembras adultas del parasitoide son capaces de producir progenie, esto nos indica que el parasitoide es capaz de producir 7,1 generaciones al año. La tasa reproductiva neta  $R_0$ , del parasitoide fue de 7,52. Este parámetro explica el crecimiento poblacional, que es la descendencia de hembras que nacen durante una cohorte definida de hembra. La tasa intrínseca de crecimiento fue de 0,0394, que significa que el número promedio de hembras que son producidas por una hembra durante un día, sin tener en cuenta la tasa de supervivencia de los estados inmaduros. La tasa finita de multiplicación  $\lambda$ , fue igual a 1,04, valor que hace referencia al número de hembras producidas por cada hembra durante un día, tiempo de duplicación  $\lambda^2$ , fue de 17,58 días que es el tiempo que requiere una población para duplicarse (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros poblacionales y reproductivos del parasitoide *Prorops nasuta* a 25°C comparados con los obtenidos pro INFANTE (2000)

Parámetros poblacionales	valores a 25°C	valores a 22°C (INFANTE 2000)	valores a 27°C (INFANTE 2000)
Tasa reproductiva neta ( $R_0$ )	7,5298	6,54	12,93
Tasa intrínseca de (rm) crecimiento	0,0394	0,023	0,054
Tiempo generacional (T)	51,2095	80,1	47,8
Tasa finita de multiplicación ( $\lambda$ )	1,0402	1,02	1,06
Tiempo de duplicación generacional ( $\lambda^2$ )	17,5820	29,6	12,9

## DISCUSIÓN

En las crías de broca utilizando dietas artificiales, es común encontrarse contaminaciones, principalmente ocasionadas por los hongos del ambiente. Estas contaminaciones, generalmente fluctúan entre 5 y 10% (Comunicación personal, Patricia Marín, Cenicafé). En las mayores temperaturas se obtuvo menores contaminaciones, lo que muy posiblemente se dio porque la humedad relativa baja contribuye significativamente en la disminución del crecimiento y desarrollo de los hongos contaminantes. En este experimento, se prevenían esas contaminaciones y por eso se colocó como mínimo un número de unidades experimentales de 30 que es alto. Finalmente, con el efecto de las contaminaciones se obtuvo un número mínimo de 14 unidades experimentales (Tabla 1), que es un buen número en cuando se trabaja con insectos, debido a su alta variabilidad. Según los resultados obtenidos, la variabilidad de los datos no fue tan grande, lo que refleja que esta contaminación, no afectó considerablemente el experimento.

El principal objetivo de utilizar las dietas artificiales para la cría de la broca es lograr producir alto número de estados biológicos de broca, que servirán para la alimentación y parasitación de *P. nasuta*, que consecuentemente serán reflejado en la producción de un alto número de parasitoides. Por lo tanto, según los resultados obtenidos, al no existir diferencia la producción de estados de avispa bajo las temperaturas evaluados, la mejor opción sería escoger la de 25°C, porque se obtiene menor contaminación por hongos (Tabla 1); además, 25°C es la temperatura ambiente (Chinchiná, Caladas) que no implica gastos por energía como es el caso de 28°C.

Con respecto a la edades de la dieta brocada, se obtuvieron los mejores resultados con dietas de 35 días de haberlas infestado con *H. hampei*. En esta edad, la dieta tiene gran proporción prepupas y pupas, que son los estados biológicos que prefiere *P. nasuta* para parasitar y reproducirse, hecho que concuerda con los datos obtenidos por PORTILLA *et al.*, (2013), quienes encontraron que este parasitoide prefiere parasitar las prepupas y pupas en un 45 y 50%, respectivamente comparado con las larvas que tienen un 5% de parasitismo. En cambio a 21 y 28 días existe gran cantidad huevos, larvas de primer y segundo instar. Cuando este parasitoide encuentra estos estados, prefiere depredarlos y posteriormente ovipositar en su hospedero. *P. nasuta* es un parasitoide sinovigénico que tiene altos requerimientos nutricionales, para poder desarrollar su huevos y poder depositarlos totalmente maduros (INFANTE, MUMFORD & BAKER, 2005). La mortalidad de la avispa no tuvo efecto significativo por causa de la temperatura. INFANTE(2000) encontró que entre 27 y 35°C días se incrementa la mortalidad de adultos de *P. nasuta* comparado con 18y 22°C. La edad de la dietas aparentemente no tienen efecto sobre la mortalidad de la avispa, y se esperaría que en las menores edades (dieta con broca) se obtenga mayor mortalidad, debido a que el parasitoide tiene poco alimento, constituido en huevos y larvas de primer instar, que pueden afectar considerablemente la supervivencia.

Las variables estados biológicos de broca vivos y muertos no son afectados por los factores evaluados, posiblemente el comportamiento depredador y parasítico de la avispa enmascaró el efecto ectotermo en la biología de *H. hampei*, donde a mayor temperatura se obtendría mayor población de la plaga.

INFANTE (2000), al evaluar 18, 22, 27, 30 y 35°C, encontró un efecto cuadrático cuando se evaluaron diferentes parámetros poblacionales y reproductivos, encontrando a 27°C la mejor respuesta. Este mismo efecto, se observó en esta investigación. Con 25°C se obtuvo la mayor longitud del cuerpo del insecto. Con respecto al dimorfismo sexual, se pudo constatar lo reportado por ABRAHAM, MOORE & GODWIN (1990), en el sentido que las hembra de *P. nasuta* tienen mayor tamaño que los machos.

La duración del ciclo de vida de 26 días está de acuerdo con lo reportado por INFANTE (2000). Al ajustar estos datos a una ecuación lineal, se obtiene una duración del ciclo de la avispa es de 25,3 días a 25°C. Sin embargo, no concuerdan con lo reportado por ABRAHAM, MOORE Y GODWIN (1990), quienes mencionan que a esta temperatura, el ciclo de vida de *P. nasuta* se obtiene a 22,4 días y PORTILLA *et al.* (2013) quienes encontraron que el ciclo de vida de *P. nasuta* es de 29,72 días a 25°C. La supervivencia a los 50 días fue del 70% a 25°C, la cual se aproxima a la obtenida por INFANTE (2000), de 70% a los 65 días de edad de las hembras la avispa a 27°C. En este mismo sentido PORTILLA *et al.*, (2008) encontraron una supervivencia alta de 87 días.

Los parámetros poblacionales calculados en este experimento se ajustan a los mencionados por INFANTE (2000), (Tabla 2). Por lo tanto, esta información es útil para utilizarla cuando se proyecta las poblaciones las poblaciones *P. nasuta*, en crías masivas a nivel de laboratorio para el control biológico de la broca. Los resultados de este estudio demostraron que para la cría masiva de *P. nasuta* a partir de brocas provenientes de dietas artificiales, se debe utilizar 25°C con dietas a los 35 días de haberlas infestado; además, si se disminuye la humedad relativa, es posible disminuir considerablemente las contaminaciones por hongos.

## Agradecimientos

A Diana Soraya Rodríguez y Juan Carlos López Núñez por la colaboración en la toma de datos en laboratorio. A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Nariño y al Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ, por facilitar toda la logística y financiación en el desarrollo de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, Y. J., MOORE, D. & GODWIN, G.- 1990. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoid of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *B Entomol Res.*, 79: 121-128.
- BUSTILLO P., A. E.- 2008. Aspectos sobre la biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia: 388-418. (in) BUSTILLO P., A. E. (ed) *Los Insectos y su manejo en la Caficultura Colombiana*. Cenicafé. Chinchiná. Caldas. 466 p.
- BENAVIDES, M.P. 2008.-Los parasitoides en programas de control biológico: 114-125. (in)BUSTILLO P., A. E. (ed) *Los Insectos y su manejo en la Caficultura Colombiana*. Cenicafé. Chinchiná. Caldas. 466 p.
- INFANTE, F., MUMFORD, J., BAKER, P. 2005.- Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl.*, 50: 259-270.
- KREBS, C.J. 1985.- *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Segunda edición. HARLA S.A. México. 234p.
- MALDONADO, L. C. E. & BENAVIDES, M. P., 2007.- Evaluación del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, controladores de *Hypothenemus hampei*, en Colombia. *Cenicafé.*, 58: 333-339.
- PORTILLA R., M. 1999a.- Mass rearing technique for *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) on *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) developed using Cenibroca artificial diet. *Rev. Col. Entomol.*, 25:57-66.
- PORTILLA R., M. 1999b.-Desarrollo y evaluación de una dieta artificial para la cría de *Hypothenemus hampei*. *Cenicafé.*, 50:24-38.
- PORTILLA R., M. 2002.-*Informe anual de labores octubre de 2001 - septiembre 2002*. Disciplina de Entomología. Cenicafé. Documento interno. Cenicafé, Chinchiná, Colombia.
- PORTILLA M.; STREETT D. 2006.-Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. *Cenicafé.*, 57: 37-50.
- PORTILLA, M., MORALES-RAMOS, J, A., ROJAS, M. G.& BLANCO, A. C. 2013.- Life tables as tools of evaluation and quality control for arthropod mass production: 241-275. (in) PORTILLA, M., MORALES-RAMOS, J, A., ROJAS, M. G. & BLANCO, A. C.& SHAPIRO-ILAN, D. I. (eds.). *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press. San Diego. 742 p.
- RABINOVICH, J.E. 1982.-*Introducción a la ecología de poblaciones animales*. Segunda impresión. México. CECSA. 313p.
- VEGA, F.E., INFANTE, F., CASTILLO, A & JARAMILLO, J.- 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terr Arthropod Rev.*, 2: 129-147.
- VILLACORTA. A., BARRERA. J. 1996.-Mass rearing, using a meridic diet of *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), parasitoid of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), Articulotécnico. ECOSUR. Tapachula. México. 7 p.