

# EVALUACIÓN DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS EN ADULTOS DEL PARASITOIDE *PROROPS NASUTA* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE)

Tito Bacca<sup>1</sup>, Juan Carlos López N.<sup>2</sup>, Pablo Benavides M.<sup>3</sup>

## Resumen

El uso de alimentos complementarios en la nutrición de los parasitoides, juega un papel importante en la supervivencia y fertilidad de estos insectos. Por esta razón, fue evaluado el efecto de la alimentación del parasitoide de la broca del café *Prorops nasuta*, utilizando diferentes soluciones de azúcares y proteínas. Los parasitoides fueron alimentados separadamente cada día, con 5 azúcares en dos concentraciones, así: fructosa 1M y 50 %, glucosa 1M y 50 %, sacarosa 1M y 50 %, maltosa 1M y 50 % y miel de abejas 25 % y 50 %, además de un testigo con agua. Las mayores supervivencias, se obtuvieron, al alimentar el parasitoide con: miel de abejas al 25 %, fructosa 1M y maltosa 1M; logrando una supervivencia entre 34 y 60 días en el 75 % de la población de avispas. Con las azúcares, fructosa 1M y maltosa 1M, fue posible obtener 3,15 y 3,04 estados del parasitoide respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes al testigo con agua (1,67 estados). También, se evaluó el efecto de la alimentación de *P. nasuta*, utilizando 10 soluciones de proteínas; levadura torula 25 % y 12,2 %, caseína 25 % y 12,2 %, harina de soya 25 % y 12,2 %, germen de trigo 25 % y 12,25 % y polen de abejas 25 % y 12,25. El mayor tiempo de vida de *P. nasuta*, fue conseguido por la alimentación con harina de soya 12,2 % y germen de trigo 25 %, donde se alcanzaron entre 12 y 17 días de supervivencia, correspondientes al 75 y 50 % de la población, respectivamente. La fertilidad del *P. nasuta*, no fue influenciada con la alimentación de las soluciones con proteínas, debido a que el número de estados biológicos del parasitoide, fue igual al obtenido, al momento en que este, estuvo alimentado únicamente con agua o estuvo sin alimento. Las soluciones azucaradas pueden utilizarse para aumentar la supervivencia y fertilidad de la avispa en la cría masiva de *P. nasuta*, cuando exista carencia de estados biológicos de la broca del café o para potenciar la reproducción del parasitoide. La maltosa y fructosa, deben ser tenidas en cuenta, en la escogencia de arvenses que ofrecen nectarios con presencia de estos azúcares, en programas de conservación del parasitoide *P. nasuta*.

**Palabras clave:** control biológico, ecología nutricional, parasitoide de la broca del café.

## EVALUATION OF DIET SUPPLEMENTS IN ADULTS OF THE *PROROPS NASUTA* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) PARASITOID

### Abstract

The use of complementary diets in parasitoids nutrition plays an important role in these insects' survival and fertility. For this reason, the effect of the diet in the coffee berry borer parasitoid *Prorops nasuta*, was evaluated using different sugar and protein solutions. The parasitoids were fed separately in a daily basis with 5 sugars in two concentrations as follows: 1M and 50% fructose, 1M and 50% glucose, 1M and 50% maltose, and 25 % and 50 % honey, in

\* FR: 14-II-2012. FA: 24-VII-2012.

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Colombia. Email: titobacca@gmail.com.

<sup>2</sup> Investigador Científico I, Disciplina de Recursos Naturales y Conservación, Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas, Colombia. Email: JuanCarlos.Lopez@cafedecolombia.com.

<sup>3</sup> Investigador Científico II, Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas, Colombia. Email: pablo.benavides@cafedecolombia.com.co.

addition to a control with water. The highest survival rates were obtained when the parasitoid was fed with: 25 % honey, 1M fructose, and 1M maltose, achieving a survival of 34 to 60 days in 75 % of the wasp population. With sugars 1M fructose and 1M maltose it was possible to obtain 3.15 and 3.04 stages of the parasitoid respectively, which was statistically different from the water control (1.67 stages). The effect of the diet on *P. nasuta* using 10 different protein solutions was also evaluated; 25 % and 12.2 % torula yeast, 25 % and 12.2 % casein, 25 % and 12.2 % soy flour, 25 % and 12.25 % wheat germ, and 25 % and 12.25 % bee pollen. The longest life span of *P. nasuta* was obtained when fed 12.2 % soy flour and 25 % wheat germ, and a survival of 12 to 17 days was observed in 75 % and 50 % of the population, respectively. *P. nasuta* fertility was not influenced by feeding with protein solutions, because the number of biological stages of the parasitoid was the same as that obtained when it was fed only with water or did not receive any food. The sweetened solutions can be used to increase the wasp survival and fertility in massive reproduction of *P. nasuta*, when there is a lack of biological stages of the coffee berry borer, or to foster the parasitoid reproduction. Maltose and fructose must be taken into account when choosing weeds that offer nectaries with the presence of these sugars for *P. nasuta* parasitoid conservation programs. .

**Key words:** biological control, nutritional ecology, coffee berry borer parasitoid.

## INTRODUCCIÓN

Muchos parasitoides utilizan el néctar de las plantas y la miel de rocío de algunos hemípteros, para satisfacer sus requerimientos energéticos como: locomoción, longevidad y fisiología reproductiva (WÄCKERS, 2005). El tiempo limitado de la vida libre de los adultos de los parasitoides, es beneficiado significativamente, por este tipo de recursos alimenticios, que aumentan la longevidad y el número de huevos maduros producidos por el parasitoide, además de aumentar el tiempo de búsqueda para el encuentro de su huésped y consecuentemente, incrementando el porcentaje de parasitismo. Los parasitoides se pueden alimentar de una amplia diversidad de azúcares de diferente origen, como son: la sacarosa, fructosa y glucosa (WÄCKERS, 2005), que son los principales componentes de los néctares y mieles de rocío (BAKER & BAKER, 1983). A pesar que estos recursos alimenticios son importantes para la dieta de los enemigos naturales, a su vez son escasos o limitados en los agroecosistemas, principalmente, en monocultivos donde la diversidad de especies es escasa (GURR *et al.*, 2004). Existen estrategias de control biológico de conservación como la siembra de plantas, que ofrecen las fuentes de azúcares y proteínas, como alimento suplementario de los enemigos naturales (GURR *et al.*, 2004). Otra forma de incrementar la disponibilidad de estos alimentos suplementarios, es la realización de una pulverización de estos productos, aumentando notablemente la eficiencia y población de enemigos naturales (MENASH & SINGLETON, 2003). El efecto positivo del néctar de las flores y de los diferentes azúcares sobre su supervivencia y reproducción, ha sido estudiado en varios parasitoides; entre ellos, en los parasitoides betúlidos de la broca del café *Hypothenemus hampei*. DAMON *et al.* (1999), comprobó que al alimentar *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, con soluciones de sacarosa 2,5M obtuvo una mayor supervivencia (58 y 28 días respectivamente), al ser comparado con diferentes soluciones de fructosa, sacarosa y glucosa en concentraciones de: 1M, 2,5M y 5M. Estos autores, también evaluaron el efecto del néctar de flores *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiaceae), arvense, que crece comúnmente en los cafetales, sobre los *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, obteniendo una supervivencia de 55 y 17 días, respectivamente. INFANTE *et al.* (2005) y MURPHY & RANGY (1991), demostraron que el parasitoide *P. nasuta*, tiene un efecto positivo en la supervivencia, cuando este se alimenta de los estados inmaduros de la broca del café y las soluciones de miel de abejas.

Para el manejo integrado de la broca del café *H. hampei* en Colombia, fueron introducidos varios parasitoides africanos entre ellos el *P. nasuta*, siendo el único que se estableció después de más de 15 años de su liberación, encontrándose en el 75 % de las fincas muestreadas, logrando el parasitismo hasta del 50 %, en un rango altitudinal amplio, entre los 1150 y 1840 msnm (MALDONADO & BENAVIDES, 2007).

La evaluación de alimentos alternos que posean fuentes de carbohidratos y proteínas en la biología del parasitoide *P. nasuta*, son la base en la implementación de programas de control biológico para la conservación de este enemigo natural. Con estas investigaciones, es posible seleccionar arvenses o arbustos, cuyas flores sirvan de reserva alimenticia y logren de esta manera, que el principal parasitoide de la broca en Colombia, aumente su presencia y eficiencia sobre el control de la broca del café.

Además, es posible que en los programas de cría masiva de este parasitoide, las fuentes de alimentación alterna, aumenten el éxito reproductivo, incrementando el éxito en la cría y las liberaciones de este insecto. Por tanto, el objetivo de la presente investigación, fue evaluar el efecto del suministro de soluciones de azúcares y proteínas en la longevidad y fertilidad del parasitoide *P. nasuta*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, localizado en Chinchiná, Caldas (Colombia), en los laboratorios de la disciplina de entomología. La temperatura promedio en el laboratorio durante el experimento, fue de 25 °C y 80 %, de humedad relativa promedio. La dieta artificial para la cría de la broca del café, fue realizada según lo descrito en PORTILLA & STREET (2006), con una modificación en el incremento del formaldehído 2,65 ml por litro de dieta. Las brocas de café, fueron obtenidas del pie de cría de broca en dieta artificial, mantenidas en CENICAFÉ. Para la realización de esta actividad, se desarrollaron cuatro experimentos que se describen a continuación. En el primer experimento, se evaluó la alimentación del parasitoide *P. nasuta*, utilizando diferentes fuentes de azúcares. Los tratamientos consistieron en el ofrecimiento diario de diferentes soluciones de azúcares en preparadas, a concentración molar y concentración en porcentaje peso-volumen, preparadas con agua destilada estéril; 1. Fructosa 1M, 2. Fructosa 50 %, 3. Glucosa 1M, 4. Glucosa 50 %, 5. Sacarosa 1M, 6. Sacarosa 50 %, 7. Maltosa 1M, 8. Maltosa 50 %, 9. Miel de abejas 25 %, 10. Miel de abejas 50%, 11. Testigo con agua, 12. Testigo sin alimento.

En un segundo experimento, se evaluaron diferentes fuentes de proteínas en dos concentraciones, como alimentos suplementario de *P. nasuta*. Los tratamientos consistieron en soluciones de proteína, a dos concentraciones en relación peso-volumen, preparadas con agua destilada estéril; 1. Levadura *Torula* 25 %, 2. Levadura *Torula* 12,25 %, 3. Caseína 25 %, 4. Caseína 12,25 %, 5. Harina de Soya 25 %, 6. Harina de Soya 12,25 %, 7. Germen de trigo 25 %, 8. Germen de trigo 12,5 %, 9. Polen de abejas 25 %, 10. Polen de abejas 12,25 %, 11. Testigo con agua y 12. Testigo sin alimento.

Para los dos experimentos, se evaluó una población de 100 avispas por tratamiento, utilizando como unidad de muestreo un vial de 20 cc, donde se depositaron cinco

hembras de *P. nasuta*, recién emergidas. Los viales fueron tapados con una muselina, donde diariamente se depositó 10\_1 de cada azúcar o proteína, utilizando, una micro pipeta durante el tiempo que permanecieron vivas. Para cada tratamiento, fueron utilizadas 20 repeticiones. Las variables analizadas incluían el número de parasitoides vivos contabilizados diariamente, hasta la muerte de todos los insectos. Con la información obtenida para cada tratamiento, se construyeron curvas mediante el análisis de supervivencia de Kaplan-Meier (LANDAU & EVERITT, 2004), separadamente, para cada experimento y para determinar si existían diferencias estadísticas entre las curvas generadas, fue utilizada la prueba de Log-Rank ( $p < 0,05$ ) (LANDAU & EVERITT, 2004).

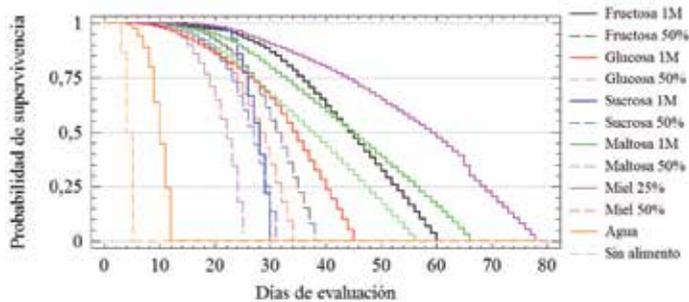
Una vez conocida la mayor supervivencia de las avispas, tanto de los azúcares, como en las proteínas, se escogió, solo una concentración para evaluar el efecto de estos alimentos sobre la fertilidad de *P. nasuta*, en experimentos separados. Por tanto, los tratamientos del tercer experimento, consistieron en la evaluación de cinco azúcares, más un testigo con agua, para un total de seis tratamientos. El cuarto experimento, consistió, en la evaluación de cinco soluciones de proteínas, más el testigo con agua, para un total de 6 tratamientos. Los parasitoides del tercer y cuarto experimento, se alimentaron durante 5 días, con 10\_1 de cada azúcar y durante 3 días para las proteínas (esto según experimentos preliminares, donde se obtuvo una alta mortalidad a los 5 días, en el caso de la proteína). La unidad experimental, consistió en un vial de 20 cc, con una hembra recién emergida del parasitoide, alimentado con azúcar o proteína y cuatro granos de café pergamino de 23 días de haber sido infestados con broca (en promedio 13,6 estados biológicos de broca, por cada grano de pergamino), permitiendo de esta forma, que la avispa tengan estados biológicos de la broca para ser parasitados. Se utilizó un diseño completamente al azar para cada experimento, en cada tratamiento, se utilizaron 30 repeticiones. A los 30 días después de haber depositado una avispa en cada vial, fueron evaluados los estados biológicos vivos de *P. nasuta*. Los datos obtenidos, fueron sometidos a un análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ) y posteriormente, se realizó una prueba de Dunnett, que comprobó el efecto de cada alimento suplementario comparado con el testigo con agua.

## RESULTADOS

Al evaluar las fuentes de azúcares, se compararon dos concentraciones en las diferentes fuentes, encontrando que las concentraciones más bajas 1M, son las que producen la mayor sobrevivencia del parasitoide, excepto, con la solución de miel de abejas al 25 % (Fig. 1).

Mediante la alimentación con los diferentes azúcares, fue posible mantener el 75 % de la población del parasitoide vivo durante 20 días. Con el testigo con agua, el 100 % de la población sobrevivió hasta los 11 días y sin alimento los parasitoides vivieron solamente 5 días (Fig. 1). Se destacan las soluciones de miel de abejas al 25 %, fructosa 1M y maltosa 1M, que mantuvieron vivos por más de 34 días el 75 % de la población de avispas (Fig. 1). La mayor supervivencia de *P. nasuta*, fue alcanzada con la solución de miel de abejas 25 %, que mantuvo vivos el 75 % de los parasitoides durante 45 días y el 50 % de la población durante 60 días (Fig. 1).

Según el análisis estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) ( $p \leq 0,001$ ), que comparó las distribuciones de la supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con diferentes soluciones azucaradas, se obtuvo que, la mayoría de las sobrevivencias son estadísticamente diferentes, excepto, la supervivencia obtenida con la solución maltosa 1M y maltosa 50, que son estadísticamente iguales y a su vez, estas soluciones son iguales a miel de abejas 25 %. La solución de miel de abejas 50 %, es igual a sacarosa 1M (Tabla 1).



**Figura 1.** Curvas de supervivencia de *Prorops nasuta*, alimentadas con soluciones azucaradas.

Una vez conocida la mejor concentración de los alimentos suplementarios, correspondiente a la concentración, con la cual se consiguió la mayor supervivencia de parasitoide, se evaluó el efecto de las soluciones azucaradas en la capacidad reproductiva de *P. nasuta*.

**Tabla 1.** Estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) y probabilidad de la comparación-distribución, de la supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con diferentes soluciones azucaradas.

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Fructosa 1M											
2. Fructosa 50 %	76,160 0,000										
3. Glucosa 1M	8,438 0,004	31,395 0,000									
4. Glucosa 50 %	99,576 0,000	2,126 0,145	47,148 0,000								
5. Sacarosa 1M	302,194 0,000	60,867 0,000	185,503 0,000	36,689 0,000							
6. Sacarosa 50 %	166,331 0,000	17,281 0,000	92,704 0,000	6,943 0,008	10,637 0,001						
7. Maltosa 1M	27,925 0,000	177,245 0,000	60,461 0,000	198,103 0,000	450,442 0,000	277,164 0,000					
8. Maltosa 50 %	20,837 0,000	150,149 0,000	49,187 0,000	169,111 0,000	385,219 0,000	236,956 0,000	0,132 0,716				
9. Miel de abejas 25 %	19,040 0,000	212,284 0,000	63,525 0,000	247,938 0,000	564,691 0,000	351,265 0,000	1,191 0,275	0,474 0,491			
10. Miel de abejas 50 %	248,872 0,000	56,481 0,000	160,606 0,000	36,190 0,000	1,554 0,000	14,278 0,000	344,118 0,000	287,241 0,000	443,638 0,000		
11. Agua	271,861 0,000	117,702 0,000	181,400 0,000	94,991 0,000	64,489 0,000	71,734 0,000	317,481 0,000	247,829 0,000	415,120 0,000	36,803 0,000	
12. Sin alimento	286,846 0,000	159,626 0,000	200,727 0,000	136,577 0,000	113,593 0,000	119,331 0,000	321,593 0,000	263,688 0,000	402,695 0,000	85,028 0,000	15,749 0,000

Con respecto al efecto de la alimentación de los azúcares en la fertilidad de *P. nasuta*, únicamente, las soluciones de maltosa 1M y fructosa 1M, tuvieron un efecto significativo sobre la fertilidad de la avispa, logrando obtener en promedio 3,15 y 3,04 estados del parasitoide respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes al testigo con agua 1,67 estados (Tabla 2).

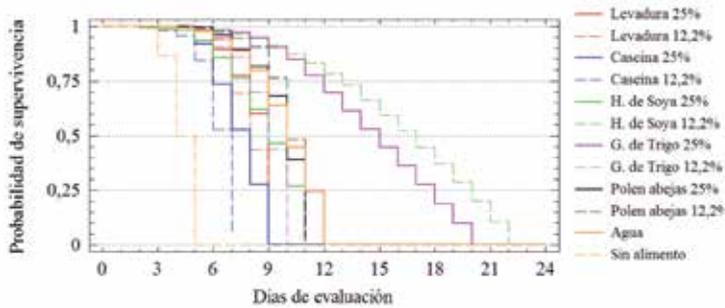
**Tabla 2.** Promedio del número de estados biológicos de *P. nasuta*, alimentados con diferentes soluciones azucaradas.

Tratamientos comparados con el testigo con agua	Promedios de estados biológicos de <i>P. nasuta</i> ± error estándar	Limites de confianza de la comparación con el testigo al 95 % (valor crítico de Dunnett =2,54).
Maltosa 1M	3,15 ± 0,57**	0,0194 2,9891
Fructosa 1M	3,04 ± 0,42**	0,0392 2,7059
Miel de abejas 25 %	2,75 ± 0,37	-0,3020 2,4687
Glucosa 1M	2,36 ± 0,42	-0,8932 2,2741
Sacarosa 1M	1,80 ± 0,31	-1,2196 1,5033
Agua (testigo)	1,67 ± 0,36	

\*\*Poseen diferencias significativas con el testigo, según la prueba de Dunnett.

Al evaluar el efecto de las proteínas en la supervivencia de *P. nasuta*, se obtuvo, que la mayor supervivencia del parasitoide, se logró mediante el suministro de la mayor concentración de caseína y germen de trigo. Para el caso de la levadura y el polen, en las dos concentraciones, no hubo diferencias en la supervivencia. Solo en el caso de la harina de soya 12,2 %, que fue la menor concentración, se obtuvo una mayor supervivencia (Fig. 2 y Tabla 3).

Cuando los parasitoides fueron alimentados con agua y la mayoría de las proteínas, se consiguió una supervivencia entre 7 y 10 días, que correspondió al 50 % de la población, exceptuando, las soluciones de harina de soya 12,2 % y germen de trigo 25 %, donde se alcanzó el mayor tiempo de vida de *P. nasuta*, que fluctuó entre 12 y 17 días correspondientes al 75 y 50 % de supervivencia respectivamente (Fig. 2 y Tabla 3). Cuando los parasitoides fueron alimentados con agua, se obtuvo una mayor sobrevivencia que con todas las proteínas, exceptuando, la supervivencia que se alcanzó con la harina de soya 12,2 % y el germen de trigo 25 % (Fig. 2 y Tabla 3). La menor supervivencia, ocurrió entre 3 y 5 días, la cual se obtuvo, cuando los parasitoides no fueron alimentados, está fue igual al tratamiento de caseína al 12,2 % y fue diferente al resto de tratamientos (Fig. 2 y Tabla 3).



**Figura 2.** Curvas de supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con soluciones con proteínas.

**Tabla 3.** Estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) y probabilidad de la comparación de la distribución de la supervivencia de *P. nasuta* alimentadas con diferentes soluciones con proteínas.

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Levadura Torula 25 %											
2. Levadura Torula 12,25 %	1,439										
3. Caseína 25 %	8,041	2,722									
4. Caseína 12,25 %	1,931	2,49	6,966								
5. Harina de Soya 25 %	20,449	8,601	1,065	18,236							
6. Harina de Soya 12,25 %	130,475	84,483	43,227	104,004	35,561						
7. Germen de trigo 25 %	103,564	64,631	30,631	83,661	24,890	0,033					
8. Germen de trigo 12,5 %	3,347	0,156	1,896	5,656	6,886	85,592	65,311				
9. Polen de abejas 25 %	7,989	1,578	0,379	11,277	4,354	80,880	62,334	0,543			
10. Polen de abejas 12,25	5,337	0,574	1,179	9,773	7,112	95,031	74,393	0,008	0,368		
11. Agua	21,090	8,481	0,864	19,799	0,000	37,319	27,303	7,24	4,911	7,95	
12. Sin alimentO	3,035	3,035	3,835	0,025	12,900	69,246	57,585	6,164	10,404	10,153	15,749
	0,081	0,081	0,050	0,874	0,000	0,000	0,000	0,013	0,001	0,001	0,000

Al evaluarse el potencial reproductivo de la avispa, utilizando las soluciones de proteína, se observó que, estas no tuvieron un efecto significativo en la fertilidad del parasitoide, debido a que de acuerdo al análisis de varianza ( $p \leq 0,001$ ), el número de estados biológicos obtenidos sin alimentar las avispas y el tratamiento de alimentación con agua, fueron iguales al resto de tratamientos, donde se utilizaron las soluciones nutritivas con proteínas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Promedios del número de estados biológicos de *P. nasuta* alimentados con diferentes soluciones con proteínas.

Tratamientos comparados con el testigo con agua	Promedios de estados biológicos de <i>P. nasuta</i> ± error estándar
Levadura torula 25 %	1,78 ± 0,28
Agua (testigo)	1,53 ± 0,22
Harina de soya 12,5 %	1,47 ± 0,28
Caseína 25 %	1,18 ± 0,23
Polen de abejas 12,5 %	1,34 ± 0,25
Germen de trigo 25 %	1,22 ± 0,21
Sin alimento	1,02 ± 0,29

## DISCUSIÓN

Según los resultados anteriores, existe un gran potencial de las soluciones azucaradas como alimento alternativo del parasitoide *P. nasuta*, debido a que aumentan considerablemente la supervivencia y la fertilidad de la avispa. Las soluciones con proteínas, no ofrecen una alternativa en la alimentación del parasitoide, debido a que no muestran un efecto positivo en la biología del insecto.

Las menores concentraciones de las soluciones azucaradas, proporcionaron mayor supervivencia del parasitoide, debido a que con una concentración 1M, se obtuvo mejores resultados, que con la concentración 50 % que corresponde 2,66M.

Estos resultados, son contrarios a los obtenidos por DAMON *et al.* (1999), quien obtuvo las mayores supervivencia del parasitoide *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, en soluciones de 2,5M comparado con las concentraciones de 1M de fructosa, sacarosa y glucosa. AZZOUZ *et al.* (2004), encontró una respuesta lineal positiva en la supervivencia del parasitoide *Aphidius ervi*, con las concentraciones de 0, 10, 30, 50, y 70 % relación peso-volumen de la mezcla de glucosa-fructosa proporción 1:1. Es posible que por las condiciones del presente experimento, las mayores concentraciones de azúcares, produzcan algún efecto deletéreo en la biología del parasitoide *P. nasuta*, como fue encontrado en el experimento realizado por DAMON *et al.* (1999), al obtener menor supervivencia con la concentración 5M con respecto a 2,5M. En la mayor concentración evaluada 50 %, la viscosidad de las soluciones aumenta y posiblemente incrementa el número de veces de ingesta azúcar y se disminuye el consumo, como fue observado en las mayores concentraciones de azúcar suministradas al parasitoide *Aphidius ervi* (AZZOUS *et al.*, 2004).

Con respecto al efecto del tipo de azúcar asociado a la mayor supervivencia, se ha comprobado que la fructosa junto con la sacarosa, son los azúcares que ocasionan mayor supervivencia en el parasitoide *Cotesia glomerata*, quien fue alimentado con soluciones acuosas de 14 azúcares (WÄCKERS, 2001). En este sentido, la fructosa, parece desempeñar un papel fundamental en la nutrición de *P. nasuta* y esto es reflejado en su supervivencia y fertilidad. Consecuentemente, esto se observa en la miel de abejas que está constituida principalmente por fructosa y glucosa (BAKER & BAKER, 2003; DONER, 1977) y su efecto se refleja al alimentarse *P. nasuta* (Figura 1, Tabla 1).

El efecto positivo de diferentes azúcares, principalmente, fructosa y glucosa, se observa en el éxito reproductivo de los insectos, como ha sido comprobado en varias especies de parasitoides (ONAGBOLA *et al.*, 2007; WILLIAMS & ROANE, 2007).

La máximas supervivencias encontradas con *P. nasuta*, fueron con miel de abejas 25 % de 79 días, maltosa 1M de 65 días y fructosa 1M de 60 días (Figura 1.). Estos valores fueron muy superiores a las supervivencias de *P. nasuta*, encontradas por DAMON *et al.* (1999), que fue apenas de 28 días para solución de sacarosa 2,5M y 20 días para fructosa 2,5M, con estas soluciones a los 6 y 4 días, apenas se encontraba el 50 % de supervivencia del *P. nasuta*, respectivamente, muy contrastantes a los resultados encontrados en este experimento (Figura 1). La supervivencia de los parasitoides alimentados con soluciones azucaradas, depende de condiciones medio ambientales, debido a que las altas temperaturas, afectan la supervivencia de los insectos (WILLIAMS & ROANE, 2007), esta puede ser la causa al encontrar una menor supervivencia en el experimento de DAMON *et al.* (1999), quienes trabajaron con un rango de temperatura entre 25 y 30 °C, comparado con los 25 °C, que fue la temperatura del presente experimento.

Las hembras adultas de *P. nasuta* son sinovigénicas, es decir, necesitan de alimentarse de los estados inmaduros de *H. hampei*, para poder madurar sus huevos y poder aumentar su supervivencia (BATCHELOR *et al.*, 2005; INFANTE *et al.*, 2005), según lo anterior, las soluciones con proteína evaluadas, podrían tener un efecto al aumentar la fertilidad y supervivencia. Sin embargo, esto no ocurrió, posiblemente, porque estas soluciones son poco apetecidas por el parasitoide, tal como ocurre con *Anaphes iole*, que prefiere glucosa y fructosa, con respecto a otras azúcares evaluadas (WILLIAMS & ROANE, 2007). Una respuesta parecida, fue encontrada en el parasitoide *Trichogramma minutum*, quien no vio afectada su longevidad y fertilidad, cuando fue alimentado con soluciones de levadura, pero sí, cuando fue alimentado con fructosa o sacarosa (LEATEMIA *et al.*, 1995). Es posible encontrar un efecto positivo en *P. nasuta*, al alimentarse con las soluciones acuosas a base de proteína, si se utiliza una composición parecida a las larvas de *H. hampei*. Al respecto INFANTE *et al.* (2005), encontraron que cuando se ofrece larvas de *H. hampei* a *P. nasuta*, este tiene una mayor supervivencia comparada con la alimentación de los otros estados biológicos de la broca del café. Este comportamiento fue comprobado por NETTLES (1987), quien encontró mayor fecundidad del taquinido *Eucelatoria bryani*, quien fue alimentado con hemolinfa de su hospedero *Heliothis zea*, con respecto a soluciones de agua y sacarosa. La apetencia de la soluciones con proteínas, puede ser aumentada si se agrega una solución de azúcar.

Las soluciones de maltosa 1M y fructosa 1M, pueden ser utilizadas en las crías masivas de parasitoides, en periodos de escasez de estados biológicos, mientras se consigue los estados de su hospedero, para que se alimente y los parasite. También, es posible que estas soluciones ayuden y complementen la nutrición de los parasitoides, logrando aumentar la producción de número de avispas. Otra aplicación práctica de esta investigación, es que mediante esta información, es posible aumentar el éxito del establecimiento del parasitoide *P. nasuta*, en el campo. La identificación de las azúcares y otros compuestos que sirven como alimentos para los parasitoides, son importantes para el entendimiento de las interacciones insecto-planta, que tendrán implicaciones directas en programas de control biológico por conservación. Es necesario seguir explorando el tipo de azúcares presentes en las

arvenses que se encuentra en los ecosistemas cafeteros, para escoger plantas, que sirvan como fuente alterna de alimento, además de entender la ecología nutricional de *P. nasuta* y aumentar así, la eficiencia en el control biológico de la broca de café.

## BIBLIOGRAFÍA

- AZZOUZ, H., GIORDANENGO, P., WÄCKERS, F. L. & KAISER, L., 2004.- Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control*, 31: 445-452.
- BAKER, H. G. & BAKER, I., 1983.- A brief historical review of the chemistry of floral nectar: 126-152 (in) BENTLEY, B. & ELIAS, T (eds.) *The Biology of Nectaries*. Columbia University Press. New York.
- BATCHELOR, T. M., HARDY, I. C. W., BARRERA, J. F. & PÉREZ-LACHAUD, G., 2005.- Insect gladiators II: Competitive interactions within and between bethylid parasitoid species of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Biol. Control*, 33: 194-202.
- DAMON, A., SEGURA-PACHECO, H., VALLE-MORA, J. & SANTIESTEBAN, A., 1999.- Effect of *Euphorbia hirta* nectar and its component sugars, upon the survival of bethylid parasitoids of the coffee berry borer. *Southwestern Entomol.*, 24: 49-59.
- DONER, L. W., 1977.- The sugars of honey. *J. Sci. Food Agric.*, 28 (5): 443-456.
- GURR, G. M., WRATTEN, S. D. & ALTIERI, M. A., 2004.- *Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods*. CSIRO Publishing. Melbourne. 244 p.
- INFANTE, F., MUMFORD, J. & BAKER, P., 2005.- Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl*, 50 (2): 259-270.
- LANDAU, S. & EVERITT, B., 2004.- *A Handbook of statistical analyses using SPSS*. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton. 354 p.
- LEATEMIA, J. A., LAING, J. E. & CORRIGAN, J. E., 1995.- Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Can. Entomol.*, 127 (2): 245-254.
- MENSAH, R. K., & SINGLETON, A., 2003.- Optimum timing and placement of a supplementary food spray Envirofeast® for the establishment of predatory insects of *Helicoverpa* spp. in cotton systems in Australia. *Int. J. Pest Manag.*, 49: 163-168.
- MURPHY, S. T. & RANGI, D. K., 1991.- The use of the African wasp *Prorops nasuta* for the control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* in Mexico and Ecuador: The introduction programme. *Insect Sci. Appl.*, 12: 27-34.
- ONAGBOLA, E. O., FADAMIRO, H. Y. & MBATA, G. N. 2007.- Longevity, fecundity, and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision, and mating. *Biol. Control*, 40: 222-229.
- PORTILLA, M. & STREETT, D., 2006.- Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. *Cenicafé*, 57: 37-50.
- 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.
- NETTLES, W. C., 1987.- *Eucelatoria bryani* (Diptera: Tachinidae): Effect on fecundity of feeding on hosts. *Environ. Entomol.*, 16: 437-440.
- WÄCKERS, F. L., 2001.- A comparison of nectar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. *J. Insect Physiol.*, 47: 1077-1084.
- WÄCKERS, F. L., 2005.- Suitability of (extra-) floral nectar, pollen, and honeydew as insect food sources: 17-74. (in) WÄCKERS, F. L., VAN-RIJN, P. C. J. & BRUIN, J. (eds.) *Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications*. Cambridge University Press. Cambridge. 368 p.
- WILLIAMS, L. & ROANE, T. M., 2007.- Nutritional ecology of a parasitic wasp: Food source affects gustatory, response, metabolic utilization, and survivorship. *J. Insect Physiol.*, 53: 1262-1275.