

# Potencial de depredación de *Hypsipyla grandella* por hormigas en cafetales de Costa Rica

Edgar H. Varón<sup>1</sup>  
Nadiejda Barbera<sup>2</sup>  
Paul Hanson<sup>3</sup>  
Manuel Carballo<sup>4</sup>  
Luko Hilje<sup>5</sup>

**RESUMEN.** En algunos cafetales de Mesoamérica es frecuente encontrar árboles maderables valiosos, como caobas (*Swietenia* spp.) y cedros (*Cedrela* spp.), los cuales son severamente atacados por el barrenador *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). Una opción para su control biológico serían algunas especies de hormigas depredadoras comunes en los arbustos de café. Por tanto, en Turrialba, Costa Rica, se inventariaron las especies presentes en dichos arbustos y en árboles de cedro dulce (*Cedrela odorata*). Se capturaron seis especies, de las cuales cinco aparecieron tanto en el café como el cedro. Las especies dominantes fueron *S. geminata* y *P. radoszkowskii*, que juntas representaron el 88% de los individuos, y resultaron más abundantes en el café que en el cedro. Los valores (índice de Shannon-Wiener) para la diversidad de especies fueron muy cercanos entre ambos componentes, mientras que la similitud de especies entre ambos (índice de Jaccard) fue de 0,83. Además, mediante pruebas de escogencia en el laboratorio y el invernadero, se determinó el potencial de depredación de *Solenopsis geminata*, *Pheidole radoszkowskii* y *Crematogaster* spp. sobre varios estados de *H. grandella*. En el laboratorio, las tres especies causaron depredación en al menos un estado de *H. grandella*, a veces con niveles de hasta 100%. No obstante, esto no ocurrió en el invernadero, ya que sólo *S. geminata* lo hizo sobre huevos de *H. grandella*.

**Palabras clave:** Café, *Coffea arabica*, *Crematogaster* spp., Meliaceae, *Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata*.

**ABSTRACT. Potential ant predation of *Hypsipyla grandella* in Costa Rican coffee plantations.** In some Mesoamerican coffee plantations valuable timber trees, such as mahogany (*Swietenia* spp.) and cedar (*Cedrela* spp.) are often severely attacked by the shootborer *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). One possibility for the biological control of this pest could be certain predatory ant species that are common on coffee bushes. We therefore inventoried the ant species present on coffee and Spanish cedar (*Cedrela odorata*) in Turrialba, Costa Rica. Six species were captured, of which five were present on both coffee and cedar. The dominant species were *Solenopsis geminata* and *Pheidole radoszkowskii*, which together represented 88% of all individuals, and were more abundant on coffee than on cedar. The species diversity values (Shannon-Wiener index) were very close for both components, while the similarity of species between them (Jaccard index) was 0.83. In addition, choice tests in the laboratory and greenhouse showed the predatory potential of *S. geminata*, *P. radoszkowskii* and *Crematogaster* spp. on various stages of *H. grandella*. In the laboratory, all three ants preyed on at least one stage of *H. grandella*, at times attaining 100% predation. Nonetheless, this did not occur in the greenhouse, where only *S. geminata* preyed on eggs of *H. grandella*.

**Key words:** Coffee, *Coffea arabica*, *Crematogaster* spp., Meliaceae, *Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata*.

<sup>1</sup> Department of Plant, Soil and Entomological Sciences. University of Idaho, Moscow ID 83844-2339. **EUA.** evar8434@uidaho.edu

<sup>2</sup> Apdo. Postal 7461, Falcón- 4101. **Venezuela.** nbarbera@catie.ac.cr

<sup>3</sup> Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, **Costa Rica.** cgodoy@inbio.ac.cr

<sup>4</sup> Unidad de Fitoprotección, CATIE, Turrialba, **Costa Rica.** mcarball@catie.ac.cr

<sup>5</sup> Consultor independiente. Heredia, **Costa Rica.** lhilje@catie.ac.cr

## Introducción

En América Latina y el Caribe, el establecimiento de plantaciones comerciales de caobas (*Swietenia* spp.) y cedros (*Cedrela* spp.) (Meliaceae) ha fracasado históricamente, debido sobre todo al ataque del gusano barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Newton *et al.* 1993). Su principal daño consiste en la perforación del brote terminal, que se deforma o ramifica, perdiéndose el valor comercial del árbol afectado.

Entre las opciones para el manejo de esta plaga, se han realizado esfuerzos en su control biológico, especialmente mediante parasitoides y entomopatógenos (Newton *et al.* 1993). En los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) de Mesoamérica es común la presencia de árboles de sombra, algunos con interés como fuente de madera, entre los que a veces aparecen caobas y cedros (OTS-CATIE 1986). Dichos sistemas pueden albergar una rica entomofauna, incluyendo hormigas (Perfecto y Snelling 1995, Perfecto *et al.* 1997, Barbera *et al.* 2002). El hecho de que algunas de ellas, además de consumir otros alimentos, depreden insectos, abre la posibilidad de que pudieran actuar como agentes de control biológico de plagas claves presentes en dichos sistemas, pudiéndose convertir en un elemento importante de la biodiversidad funcional (Vandermeer y Perfecto 1998), por su papel benéfico, en términos económicos.

En el caso de *H. grandella*, no hay informes sobre hormigas que la depreden, por falta de estudios al respecto. No obstante, si las hubiera, quizás bastaría con diseñar prácticas para su conservación e incremento, ahorrándose los grandes costos implicados en la crianza masiva de insectos entomófagos, la cual es rutinaria en los programas de control biológico inundativo. Dichas prácticas podrían enfocarse hacia el mejoramiento de sus condiciones de hábitat para favorecer el aumento de sus poblaciones, al igual que su eficacia como agentes de control biológico, como se ha hecho exitosamente para otras especies de hormigas en otros sistemas (Huang y Yang 1987, Perfecto y Castiñeiras 1998, Way *et al.* 1998).

El objetivo de esta investigación fue inventariar las especies de hormigas presentes tanto en los arbustos de café como en árboles de cedro (*Cedrela odorata* L.) en plantaciones de café, y evaluar la capacidad de depredación sobre *H. grandella* de las especies más abundantes.

## Materiales y métodos

La investigación se efectuó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Esta localidad está en la vertiente del Caribe, a 9°52'N, 83°38'O y 590 msnm. Los valores anuales promedio aproximados de precipitación, temperatura y humedad relativa son 2479 mm, 21,7 °C y 87%. Constó de dos fases complementarias: un inventario de hormigas en plantaciones de café y experimentos de depredación, tanto en el laboratorio como en el invernadero.

### Inventario de hormigas

Se realizó en julio del 2000, en nueve parcelas comerciales de café localizadas en la estación experimental La Montaña, del CATIE. En todas, además de árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*, Fabaceae) había árboles de cedro. Estos fueron trasplantados ocho meses antes, y correspondían a procedencias de México y varios países centroamericanos, como parte del Proyecto de Diversidad Genética Forestal del CATIE.

En cada parcela se seleccionaron de manera arbitraria 20 arbolitos de cedro y 20 arbustos de café ubicados a al menos 2 m de aquellos. Las hormigas se muestrearon mediante trampas (cebo atrayente), adheridas al estrato medio de dichas plantas mediante una tachuela durante 30 min. Las trampas consistieron en un cuadrado blanco de cartón absorbente (28 cm<sup>2</sup>), que se sumergía desde la víspera en una solución de atún en aceite vegetal.

Las muestras se depositaron individualmente en bolsas plásticas. En el laboratorio, se colocaron en una refrigeradora para inmovilizar las hormigas, que después se transfirieron a frascos con alcohol al 70%. Los especímenes se clasificaron por morfoespecie y, posteriormente, fueron identificados por el Dr. John T. Longino (The Evergreen State College, Olympia, Washington).

Se mantuvieron separados los recuentos en cada tratamiento para contabilizar el número de individuos por morfoespecie, el cual fue necesario para calcular los índices de diversidad y similitud entre ambos componentes del sistema (café y cedro). La diversidad y la similitud de especies se determinaron mediante los índices de Shannon-Wiener y Jaccard, respectivamente (Krebs 1989). Asimismo, se efectuó un análisis de varianza, para lo cual se utilizó una prueba de *t* para muestras independientes (SAS Institute 1988). Se

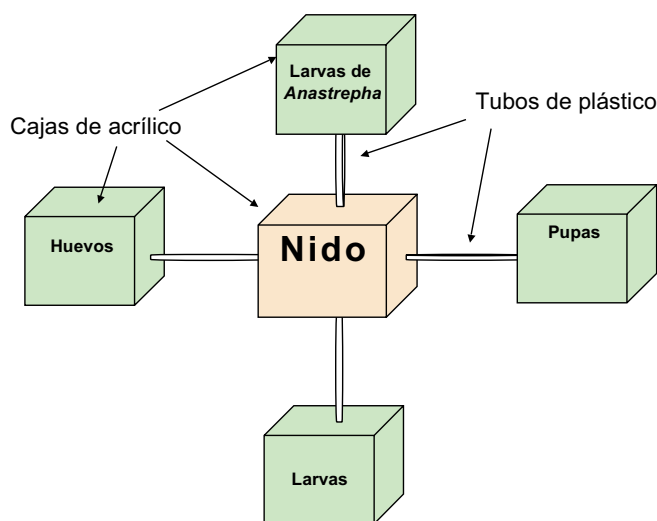
compararon los tratamientos de arbusto de café frente a árbol de cedro, considerando como repeticiones cada una de las nueve parejas de plantas (café-cedro); la variable de respuesta fue el número de hormigas de cada especie.

### Experimentos de depredación

Se evaluó la depredación de las formas inmaduras de *H. grandella* por parte de las dos especies de hormigas más abundantes en el inventario previo (*Solenopsis geminata* y *Pheidole radoszkowski*), así como de *Crematogaster crinosa*, la cual es abundante en árboles de *C. odorata* plantados en el CATIE y podría consumir a *H. grandella*.

### Laboratorio

Se utilizó un aparato de escogencia, donde la especie de hormiga evaluada podía elegir entre diferentes tipos de presas. Este consistió en una caja grande de acrílico (40x40x40 cm; cámara central), conectada mediante tubos de plástico transparente (de 70 cm de longitud y 8 mm de diámetro) con cuatro cajas de acrílico más pequeñas (20x20x20 cm; cámaras periféricas) (Fig. 1).



**Figura 1.** Aparato de escogencia para medir la depredación sobre *Hymenoptera grandella* en el laboratorio.

La cámara central se impregnó en la parte superior con una banda de 2 cm de ancho de pegamento Tanglefoot (The Tanglefoot Co., Michigan) para evitar el escape de las hormigas. Allí se colocó un nido lo más completo posible de la especie de hormiga evaluada (con reinas, hembras vírgenes, machos y obreras) y se colocó aproximadamente un cuarto de onza de azúcar granulada y 10 mL de agua en el nido, diariamente.

El aparato con tales dimensiones se utilizó solamente para *S. geminata*, debido al mayor tamaño de sus nidos. Para las otras especies el tamaño de la cámara central fue de 20x20x20 cm, y como cámaras periféricas se utilizaron recipientes cilíndricos plásticos, también de tamaño menor (5 cm de diámetro y 8,5 cm de altura).

En las cámaras periféricas se colocaron, individualmente, cada uno de los tipos de presas (tratamientos). Estas correspondieron a 10 huevos, larvas (instar III) o pupas de *H. grandella*. En la cuarta caja se colocó el tratamiento testigo, que correspondió a 20 larvas de mosca de la fruta, *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae), seleccionada por su abundancia en Turrialba y porque su congénere *A. ludens* es depredada por *S. geminata*.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (SAS Institute 1988). Cada experimento se repitió cuatro veces y en cada repetición se aleatorizó la distribución de los tratamientos. La variable de respuesta fue el consumo de presas hasta las 48 h de exposición de las mismas.

### Invernadero

Se utilizaron árboles de cedro de 1,5 m de altura para que el brote principal fuera accesible. En su base se colocaron nidos de *S. geminata*, *P. radoszkowskii* o *C. crinosa*. Tanto los árboles como los nidos se aislaron, colocándolos sobre un plástico impregnado en su borde externo con Tanglefoot.

Por cada nido se utilizaron dos árboles. En el brote principal de uno de ellos se colocaron cinco huevos y cinco larvas (instar I) de *H. grandella* con un pincel, tomados de una colonia mantenida en el Laboratorio de Entomología del CATIE (Vargas *et al.* 2001). En la otra planta (testigo), los huevos y larvas colocadas en el brote se protegieron mediante un anillo de Tanglefoot alrededor de la base del brote (Fig. 2).

Cada experimento con cada especie de hormiga se hizo en tres nidos diferentes de la misma especie, y en cada nido se hicieron tres repeticiones, cambiando la pareja de plantas una vez terminada la repetición. En cada repetición dentro de un mismo par de plantas se mantuvo el mismo sitio para los tratamientos.

La variable de respuesta fue el consumo de huevos o larvas en un intervalo de 2 h de exposición de éstos. Para el análisis de los datos se empleó una prueba de *t* simple (SAS Institute 1988) contrastando los tratamientos expuestos y aislados del mismo estado: huevos expuestos frente a aislados, y larvas expuestas frente a aisladas, independientemente.

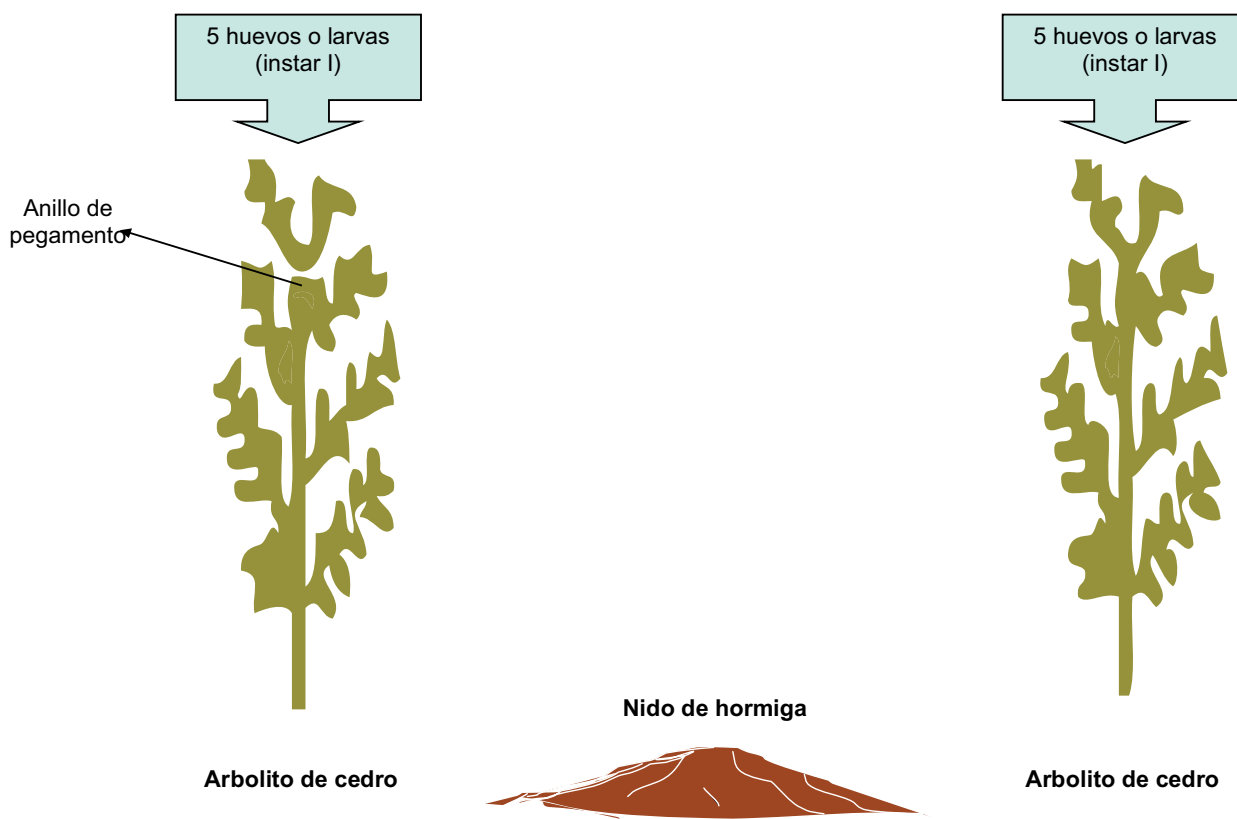


Figura 2. Dispositivo experimental para evaluar la depredación de *Hypsipyla grandella* por hormigas en el invernadero.

## Resultados

### Inventario de hormigas

Se capturaron 26969 hormigas, pertenecientes a seis especies (Cuadro 1). Del total de individuos, el 59% apareció en los arbustos de café y el 41% en los arbolitos de cedro. Todas las especies aparecieron en ambos componentes, excepto *Monomorium floricola*, que lo hizo solamente en el cedro, aunque esto sucedió en apenas una parcela.

**Cuadro 1.** Número total de individuos de cada una de las especies de hormigas capturadas en los componentes vegetales de las nueve parcelas de café muestreadas. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 2002

Especie	Café	Cedro	Total	
			No.	%
<i>Solenopsis geminata</i>	9095	6312	15407	57
<i>Pheidole radoszkowskii</i>	4789	3497	8286	31
<i>Wasmannia auropunctata</i>	1873	730	2603	10
<i>Rogeria tonduzi</i>	3	440	443	2
<i>Pheidole cocciphaga</i>	180	5	185	1
<i>Monomorium floricola</i>	0	45	45	0,2
<b>Total</b>	<b>15940</b>	<b>11029</b>	<b>26969</b>	<b>100</b>

Las especies dominantes fueron *S. geminata* y *P. radoszkowskii*, que juntas represen-

taron el 88% de los individuos, y resultaron más abundantes en el café que en el cedro, al igual que *Wasmannia auropunctata*. No obstante, las diferencias de abundancia para las dos primeras especies no fueron significativas ( $p > 0,05$ ), como sí lo fueron para *W. auropunctata* ( $p < 0,05$ ). De las especies restantes, *Rogeria tonduzi* y *Pheidole cocciphaga* aparecieron sesgadas hacia uno de los dos componentes, ya que la primera predominó en el cedro y la segunda en el café.

El índice de diversidad en el café fue de 0,42, y de 0,44 en el cedro, mientras que el índice de similitud entre ambos componentes fue de 0,83.

### Experimentos de depredación

En el laboratorio, *S. geminata* depredó fuertemente todos los estados de *H. grandella*, con valores de 80-100% (Cuadro 2), en particular las larvas (100%) y huevos (92,5%), en lo cual no difirió del testigo ( $p > 0,05$ ). Tuvo menor preferencia por las pupas, cuyo valor no difirió del obtenido para los huevos ( $p > 0,05$ ). Por su parte, *P. radoszkowskii* causó alta depredación sobre los huevos (70%) y larvas (92,5%), lo cual no difirió del testigo ( $p > 0,05$ ), pero sí de la pupa, en la que fue de apenas 2,5% ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Porcentaje promedio ( $X \pm s_x$ ) de depredación de *Solenopsis geminata*, *Pheidole radoszkowskii* y *Crematogaster crinosa* sobre tres estados de *Hypsipyla grandella* y el testigo (larvas de *A. striata*) en experimentos de laboratorio. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 2002

Especie	Huevo	Larva	Pupa	<i>A. striata</i>
<i>S. geminata</i>	92,5 ± 17,5 ab	100 ± 0 a	80,0 ± 30,4 b	100 ± 0 a
<i>P. radoszkowskii</i>	70,0 ± 35,6 a	92,5 ± 15 a	2,5 ± 5,0 b	77,5 ± 17,1 a
<i>C. crinosa</i>	92,5 ± 15,0 a	80,0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 c

Los promedios seguidos por la misma letra no fueron estadísticamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos (estados y testigo). Datos transformados por medio de: arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de éxitos.

**Cuadro 3.** Porcentaje promedio ( $X \pm s_x$ ) de depredación de *Solenopsis geminata*, *Pheidole radoszkowskii* y *Crematogaster crinosa* sobre tres estados de *Hypsipyla grandella*, utilizando hormigas colocadas en los brotes de cedro, en el invernadero. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 2002

Especie	Huevos expuestos	Huevos aislados	Larvas expuestas	Larvas aisladas
<i>S. geminata</i>	35,6 ± 44,5 a	0,0 ± 0 b	17,8 ± 23,33 a	2,2 ± 6,7 a
<i>P. radoszkowskii</i>	2,2 ± 6,7 a	0,0 ± 0 a	0,0 ± 0 a	0,0 ± 0 a
<i>C. crinosa</i>	2,2 ± 6,7 a	0,0 ± 0 a	6,7 ± 14,1 a	0,0 ± 0 a

Los promedios seguidos por la misma letra no fueron estadísticamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre cada estado (huevos vs. huevos, larvas vs. larvas) para cada especie. Datos transformados por medio de: arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de éxitos.

Finalmente, *C. crinosa* también depredó fuertemente los huevos (92,5%) y larvas (80%), con diferencias entre sí ( $p < 0,05$ ), y de ambas con las pupas y el testigo, en los que no hubo depredación.

En el invernadero, los valores de depredación en general fueron bajos. *S. geminata* causó tasas de depredación de 36% en huevos y 18% en larvas (Cuadro 3), pero solamente en el primer caso hubo diferencias con el testigo ( $p < 0,05$ ). Tanto *P. radoszkowskii* como *C. crinosa* causaron niveles de depredación muy bajos, inferiores al 3% en huevos y al 7% en larvas, los cuales no difirieron del testigo ( $p > 0,05$ ).

## Discusión

La dominancia de *S. geminata* y *P. radoszkowskii* en la comunidad de hormigas corrobora los resultados de Barbera *et al.* (2002), quienes capturaron 19 especies de hormigas en cafetales del CATIE, en Turrialba, de las cuales la hormiga brava (*S. geminata*) correspondió al 89% y *P. radoszkowskii* al 7%. Asimismo, en cafetales de Heredia, ubicada en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, Perfecto y Snelling (1995) determinaron que *S. geminata* fue la especie dominante, seguida por *P. radoszkowskii*.

Este patrón de dominancia se reflejó en los arbolitos de cedro, lo cual se explica porque fueron trasplantados dentro de los cafetales ya establecidos, donde dichas especies abundan. Esto también explica que el índice de similitud entre ambos componentes fuera tan alto (0,83). Además, el índice de diversidad fue muy parecido entre el café (0,42) y el cedro (0,44), pues la composición de especies fue muy similar entre

ambos. Dicho índice fue levemente mayor en el cedro porque la equidad de especies fue mayor en éste, es decir, la diferencia entre la especie más abundante y la menos abundante, de 6307 individuos, en contraste con el café (9092 individuos).

En cuanto a la capacidad de depredación de las especies de evaluadas, las tres depredaron al menos un estado de *H. grandella*. La mayor depredación fue causada por *S. geminata*, lo cual podría explicarse porque en los experimentos se utilizó un nido más grande, con una población mucho mayor que la de las otras especies, porque sus nidos normalmente son mucho más grandes.

La depredación por parte de las tres especies fue mucho más fuerte en los experimentos de laboratorio, donde el sistema experimental era más simple. En éstos, los niveles promedio de depredación comúnmente alcanzaron valores de 70-100%, mientras que en los experimentos de invernadero, salvo dos excepciones en que se alcanzaron valores bajos (18%) o moderados (36%), nunca se superó el 7%. Estos contrastes podrían explicarse porque en el segundo caso las condiciones de enclaustramiento fueron menores, permitiendo a las hormigas moverse y alimentarse con mayor libertad. Además, mientras que en los experimentos de laboratorio se permitió a las hormigas depredar por 48 h, en las de invernadero dispusieron de apenas 2 h.

Estos resultados podrían sugerir que ellas actuaron como depredadoras de manera forzada y artificial, porque las presas ofrecidas eran el único recurso disponible. Pero, en realidad, esto no es totalmente cier-

to, pues en los experimentos de invernadero tenían la posibilidad de patrullar los arbolitos, sin consumir los estados de *H. grandella*.

Se ha documentado que en condiciones naturales varias de las especies de hormigas evaluadas pueden actuar como depredadoras. Es decir, a pesar de sus hábitos tróficos generalistas (Hölldobler y Wilson 1990, Longino y Hanson 1995), pueden depredar especies de insectos herbívoros y podrían ser útiles en programas de manejo integrado de plagas (MIP) de importancia forestal, como *H. grandella*. Por ejemplo, aunque *S. geminata* se considera como cosechadora de semillas (Longino y Hanson 1995), puede consumir varios tipos de alimento, incluyendo insectos que son plagas agrícolas, como las formas inmaduras de algunos lepidópteros, coleópteros, dípteros y homópteros. Asimismo, *Pheidole* spp. y *Crematogaster* spp. pueden depredar formas inmaduras de coleópteros y hemípteros. De hecho, en experimentos paralelos a los de este estudio, *S. geminata*, *P. radoszkowskii* y *Crematogaster* spp. depredaron huevos, larvas y adultos de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) (Varón *et al.* 2003).

Way y Khoo (1992) consideran que aunque muchas especies de hormigas son depredadoras generalistas, pueden ser importantes agentes de control biológico, como se ha demostrado para *Oecophylla smaragdina*, *Oecophylla longinoda*, *Dolichoderus thoracicus*, *Formica rufa*, *Azteca* sp., *Wasmania auropunctata*, *Anoplolepis* sp. y *Solenopsis* sp. Asimismo, Perfecto y Castiñeiras (1998) destacan este efecto en *Pheidole megacephala*, *Ectatomma tuberculatum* y *Azteca chartifex*.

No obstante, desde una perspectiva aplicada, además del hecho de ser depredadoras es importante conocer su preferencia por ciertos estados de una plaga, así como la estrategia específica de búsqueda de alimento por parte de cada especie.

Por ejemplo, la pupa de *H. grandella* no fue gustada por ninguna de las especies, exceptuando a *S. geminata*. Ello podría deberse al tamaño de la pupa en relación con el tamaño de las mandíbulas de cada especie, pues las hormigas más grandes tienden a atacar presas más grandes (Way y Khoo 1992). Esto pudo reflejarse en que *S. geminata*, por su mayor tamaño, depredara pupas de *H. grandella*, que son grandes, mientras que las otras especies, de menor tamaño, no lo hicieron. Sin embargo, quizás la poca preferencia por las pupas también podría obedecer a su textura, ya que son muy esclerotizadas, en contraste con los

tejidos blandos de los huevos y larvas. Otro factor posible es la gran cantidad de tejido graso de las pupas, que podría hacerlas menos atractivas para las hormigas.

Asimismo, *S. geminata* prefirió el estado de huevo en el experimento de invernadero, mientras que las otras dos especies no mostraron preferencia alguna. Esto sugiere que habría un potencial importante para el manejo de *H. grandella*, la cual tiene un umbral muy bajo, de apenas una larva por planta de caoba o cedro (Hilje y Cornelius 2001). Asimismo, el ataque a los huevos aportaría una ventaja para el manejo preventivo de este problema, evitando el nacimiento de la larva, ya que una vez que esta penetra en el brote causa el daño. Además, es posible que las hormigas no penetren en el brote atacado, debido al minúsculo tamaño inicial del orificio de penetración y a que la larva va acumulando excremento en forma de un polvo fino en dicho orificio, que la protege de la entrada de sus enemigos naturales. De hecho, la totalidad de la depredación registrada en las pruebas de invernadero aconteció cuando la larva aún no había penetrado en el brote.

No obstante, la mayor depredación de *S. geminata* sobre la mayoría de los estados de *H. grandella* en el laboratorio pudo ser un reflejo de su mayor actividad de búsqueda y su capacidad de reclutamiento, en comparación con las demás especies. Ella mostró gran rapidez de respuesta al encontrar los diferentes estados y, una vez encontrados éstos, el ataque fue casi inmediato. Esto quizás obedece a su mayor capacidad de reclutamiento, el cual es un mecanismo de comunicación que permite atraer a miembros de la misma colonia a sitios donde su trabajo es necesario (Wilson 1971). Aunque *S. geminata* normalmente acude en masa a capturar y defender los recursos encontrados, *P. radoszkowskii* tiene mayor capacidad para encontrar recursos, sobre todo cuando las fuentes de alimento aparecen dispersas y en volúmenes pequeños (Perfecto y Vandermeer 1996).

En cuanto a *C. crinosa*, que causó alta depredación en los huevos y larvas en el laboratorio, mas no en el invernadero, no consumió las larvas de *A. striata*, lo cual sugiere que es una especie menos generalista que las dos anteriores.

En síntesis, existe un potencial de las tres especies de hormigas estudiadas como depredadoras de *H. grandella*, pero en condiciones naturales su capacidad está limitada por varios factores, entre los que sobresale su hábito generalista. No obstante, para compen-

sar esto, se podría recurrir al uso de cebos artificiales cerca del brote terminal de los árboles de cedro o caoba, los cuales estimularían e incrementarían su actividad de reclutamiento y, con ello, la posibilidad de consumir los huevos o los primeros instares larvales de la plaga antes de que causen daño al brote. Esta técnica se ha utilizado con éxito para combatir otras plagas, empleando cebos azucarados o proteicos (Cañas y O'Neil 1998, Sekamatte *et al.* 2001).

Asimismo, para ahorrar esfuerzos logísticos y costos de producción, no sería necesario aplicar este enfoque durante todo el turno de cosecha de los cedros y las caobas, sino únicamente durante el período crítico de protección, que es de 5-8 años, según la zona geográfica (Cibrián *et al.* 1995), durante el cual se puede obtener una troza de valor comercial. Obviamente, debería complementarse con otras tácticas de manejo integrado de plagas actualmente en desarrollo (Hilje y Cornelius 2001), incluyendo el mejoramiento genético, las prácticas silviculturales, el control biológico y el control etológico.

### Agradecimientos

A Sheila Garner-Allen, Biff Charlton y Jennifer Corser, miembros del programa de maestros voluntarios del Departamento de Agricultura de EUA (USDA), así como a Claudio Arroyo, Guido Sanabria y Arturo Ramírez (CATIE), por la recolección de datos en el campo y la separación de los especímenes por morfoespecie. A John T. Longino (The Evergreen State College, Olympia, Washington), por la identificación de las especies de hormigas. A Carlos Navarro (Proyecto de Diversidad Genética Forestal, CATIE), por facilitar las parcelas de café. A Gilberto Páez y Gustavo López (CATIE), por su apoyo en aspectos estadísticos.

### Literatura citada

Barbera, N; Hilje L; Hanson, P; Longino, JT; Carballo, M; De Melo, E. 2002. Diversidad de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36):75-80.

Cañas, L; O'Neil, R. 1998. Applications of sugar solutions to maize and the impact of natural enemies on Fall Armyworm. *International Journal of Pest Management* 44(2):59-64.

Cibrián, D; Méndez, JT; Campos, R; Yates III, HO; Flores, JE. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo- Comisión Forestal de América del Norte (COFAN). Publ. No. 6. 453 p.

Hilje, L; Cornelius, J. 2001. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal?. *Manejo Integrado de Plagas. Hoja Técnica* No. 38. p. i-iv.

Hölldobler, B; Wilson, EO. 1990. *The ants*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 571 p.

Huang, HT; Yang, P. 1987. The ancient cultured citrus ant: A tropical ant is used to control insect pests in Southern China. *Bioscience* 37(9):665-671.

Krebs, CJ. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, New York. 654 p.

Longino, JT; Hanson, PE. 1995. The ants (Formicidae). *In* Hanson, PE, y Gauld, ID eds. *The Hymenoptera of Costa Rica*. New York. Oxford University Press and The Natural History Museum. p. 589-620.

Newton, A; Baker, P; Rammarine, S; Mesén, JF; Leakey, RRB. 1993. The mahogany shoot borer. *Prospects for control. Forest Ecology and Management* 57:301-328.

OTS-CATIE. 1986. *Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. OTS-CATIE. San José, Costa Rica. 818 p.

Perfecto, I; Castiñeiras, A. 1998. Deployment of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems. *In* Barbosa, P. (ed.). *Conservation biological control*. Academic Press, Washington, D.C. p. 269-289.

\_\_\_\_\_; Snelling, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: Ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5(4):1084-1097.

\_\_\_\_\_; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartín, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935-945.

SAS. 1988. *SAS language guide for personal computers*. 6.03 ed. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. 558 p.

Sekamatte, B; Latigo, M; Russell-Smith, A. 2001. The potential of protein- and sugar-based baits to enhance predatory ant activity and reduce termite damage to maize in Uganda. *Crop Protection* 20:653-662.

Vandermeer, J; Perfecto, I. 1998. Biodiversity and pest control in agroforestry systems. *Agroforestry Forum* 9(2):2-7.

Vargas, C; Shannon, PJ; Taveras, R; Soto, F; Hilje, L. 2001. Un nuevo método para la cría masiva de *Hypsipyla grandella*. *Hoja Técnica* No. 39. *Manejo Integrado de Plagas*, 62: i-iv.

Varón, EH; Hanson, P; Borbón, O; Carballo, M; Hilje, L. 2003. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), en cafetales de Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 73:42-50.

Way, MJ; Khoo, KC. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37:479-503.

\_\_\_\_\_; Islam, Z; Heong, KL; Joshi, RC. 1998. Ants in tropical, irrigated rice: Distribution and abundance, especially of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of Entomological Research* 88:467-476.

Wilson, EO. 1971. *The insect societies*. Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 548 p.