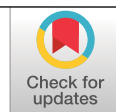


EVALUACIÓN DE CEBOS QUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y FORMICIDAS TERMONEBULIZABLES, PARA CONTROL DE *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

Luis Miguel Constantino Chuaira *, Carmenza Esther Góngora Botero **, Héctor Flavio Álvarez Agudelo ***, John Félix Trejos Pinzón ***, Daniel Antonio Franco Chaurra ***, Beatriz Eugenia Mira Rada ****, Pablo Benavides Machado *

Constantino, L. M., Góngora, C. E., Álvarez-Agudelo, H. F., Trejos Pinzón, J. F., Franco, D. A., Mira-Rada, & B. E., Benavides, P. (2025). Evaluación de cebos químicos, biológicos y formicidas termonebulizables, para control de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Cenicafé*, 76(2), e76204. <https://doi.org/10.38141/10778/76204>



Ante la prohibición del uso de clorpirifos y fipronil, se evaluaron cebos formicidas alternativos e insecticidas para el control de *Atta cephalotes*, empleando *Trichoderma* sp. como antagonista del hongo simbiote de la hormiga, así como los entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, junto con los insecticidas químicos abamectina, cipermetrina, indoxacarb y thiamethoxam+ciproconazole. Para evaluar el antagonismo de *Trichoderma*, se sembró junto a *Leucoagaricus gongylophorus* (hongo simbiote de *A. cephalotes*), logrando invadirlo, inhibirlo y necrosarlo en cinco días. En las pruebas de patogenicidad se expusieron obreras adultas a una concentración de *M. anisopliae* o *B. bassiana* a 1×10^7 conidias/mL dentro de viales de vidrio con agar y micelio de *L. gongylophorus* como alimento, con 25 repeticiones por tratamiento. *M. anisopliae* y *B. bassiana* causaron mortalidad total a los tres y cinco días, respectivamente. Para el control de nidos, se aplicaron cebos con *Trichoderma* y *M. anisopliae* (1×10^7 conidias/mL) e insecticidas en hojuelas de avena sobre nidos de 5,0 m², con cinco repeticiones por tratamiento. Se evaluó la actividad de forrajeo a los 0, 5, 10, 15 y 20 días, alcanzando un 100% de control con *Metarhizium* y *Trichoderma* al día 20. Indoxacarb eliminó los nidos al día diez y thiamethoxam+ciproconazole al día 15. En nidos grandes (>50 m²) se aplicó termonebulización con 50 cm³ de insecticida por litro de ACPM, durante un minuto por cada 10 m². Cipermetrina 200EC logró control total al día cinco, superando a los demás tratamientos. Estos resultados ofrecen alternativas biológicas y químicas viables para el manejo de *A. cephalotes* en el campo.

Palabras clave: *Coffea arabica*, control biológico, hormigas cortadoras, *Leucoagaricus gongylophorus*, *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma*, café, Cenicafé, Colombia.

EVALUATION OF CHEMICAL, BIOLOGICAL, AND THERMONEBULIZABLE FORMICIDES BAITS FOR CONTROL OF *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

Following the ban on chlorpyrifos and fipronil, alternative formicidal baits and insecticides were evaluated for *Atta cephalotes* control. These included the biological agents *Trichoderma* sp. (an antagonist of the ant's symbiotic fungus), *Metarhizium anisopliae*, and *Beauveria bassiana*, along with the chemical insecticides: abamectina, cipermetrina, indoxacarb and thiamethoxam+ciproconazole. To evaluate the antagonism of *Trichoderma*, it was co-cultured with *Leucoagaricus gongylophorus* (symbiotic fungus of *A. cephalotes*), successfully invading, inhibiting, and causing necrosis within five days. In pathogenicity tests, adult worker ants were exposed to *M. anisopliae* or *B. bassiana* at 1×10^7 conidia/ml in glass vials containing agar and *L. gongylophorus* mycelium as food, with 25 replicates per treatment. *M. anisopliae* and *B. bassiana* caused total mortality at three and five days, respectively. For nest control, baits with *Trichoderma* and *M. anisopliae* (1×10^7 conidia/ml) and insecticides were applied on oat flakes over 5 m² nests, with five replicates per treatment. Foraging activity was assessed on days 0, 5, 10, 15, and 20, achieving 100% control with *Metarhizium* and *Trichoderma* by day 20. Indoxacarb eliminated nests by day 10 and thiamethoxam + ciproconazole by day 15. In large nests (>50 m²), thermonebulization was applied using 50 cm³ of insecticide per liter of diesel (ACPM), for one minute per 10 m². Cypermethrin 200 EC achieved total control by day 5, outperforming the other treatments. These results offer viable biological and chemical alternatives for the field management of *A. cephalotes*.

Keywords: *Coffea arabica*, biological control, leaf-cutting ants, *Leucoagaricus gongylophorus*, *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma*, coffee, Cenicafé, Colombia.

* Investigador Senior e Investigador Científico III. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-8117-5803> y <https://orcid.org/0000-0003-2227-4232>, respectivamente.

** Investigador Científico III. Disciplina de Mejoramiento Genético, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0002-3633-1077>

*** Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-2349-2856> y <https://orcid.org/0000-0002-3358-3260>, respectivamente.

**** Asistente de Investigación. Disciplina de Biometría, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-5683-7190>

Las hormigas arrieras o cortadoras de hojas pertenecientes a los géneros *Atta* y *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae), son una de las principales plagas limitantes de la producción agrícola en la región andina del país, donde se han registrado afectando cultivos de pancoger, agrícolas, forestales y ornamentales, causando la defoliación total o parcial de las plantas, lo cual incide en la baja producción, reducción de crecimiento y hasta la muerte de las plantas, cuando la incidencia del ataque es continuo (Madrigal y Yepes, 1997; Fernández et al., 2015; Castaño-Quintana, 2019). Son insectos sociales, es decir, la población de cada colonia está conformada por individuos morfológicamente diferentes y su tamaño está relacionado con la función que cada uno de ellos cumple en el hormiguero. Las castas que componen un hormiguero son la reina alada (hembra fértil), el macho alado y las obreras estériles, conformadas por las hormigas cortadoras, las cargadoras, las jardineras, las escoltas y los soldados (Benavides, 1971; Madrigal y Yepes, 1997). La reina tiene como función la multiplicación de la colonia, puede vivir hasta 15 años, durante los cuales pone aproximadamente un millón de huevos por año (Madrigal, 2003). Las obreras y jardineras cultivan el hongo simbionte *Leucoagaricus gongylophorus* del cual las hormigas se alimentan (López y Orduz, 2002).

Con frecuencia se observan las obreras de hormiga arriera atacando almacigos de café y plantas jóvenes en cafetales, ocasionando una defoliación considerable y retraso en su desarrollo. Para controlar es necesario definir estrategias de manejo integrado de hormiga arriera para evitar que causen daños económicos y ambientales, en las zonas productivas agrícolas y forestales (Ramos y Patiño, 2002; Constantino, 2008).

Actualmente no existen alternativas eficaces para el manejo de la hormiga arriera en el país. Existe desconocimiento biológico y

ecológico del insecto por parte de la mayoría de caficultores, los cuales casi no hacen manejo de hormiga arriera (Constantino, 2008). La estrategia de reducir las poblaciones muchas veces falla, porque tiende a hacerse de forma individual. Por lo tanto, es necesario que el control sea comunitario, involucrando varios miembros de una vereda o vecinos de diferentes fincas, para que sea efectivo, conformando brigadas de control, ubicando los nidos por zonas de trabajo, una vez ubicados se deben limpiar y desyerbar, así como contabilizar el número de bocas de cada nido, ubicar la entrada principal de forrajeo de nidos activos, marcarlos con una estaca y medir los nidos (área en metros cuadrados) (Ramos y Patiño, 2002). La medición de los hormigueros es fundamental para determinar la medida de control más apropiada a realizar y calcular la cantidad de producto necesario a aplicar (Giraldo, 2007; Castaño-Quintana, 2019).

Por otra parte, se recomienda hacer prevención y manejo de nidos pequeños superficiales cuando se encuentran en su etapa inicial, es decir, entre el vuelo nupcial y la apertura del primer y segundo orificio (Madrigal y Yepes, 1997; Madrigal, 2003). El vuelo nupcial ocurre con la llegada de las primeras lluvias para la zona central cafetera en los meses de abril y septiembre, y es la época de apareo de las reinas con los machos. La cópula ocurre en las noches y una vez fecundada, la hembra busca un sitio nuevo para iniciar una nueva colonia. Una vez ubicado el sitio, la reina excava una galería de 20 cm de profundidad en el suelo donde construye una cámara para empezar a colocar huevos (Castaño-Quintana y Rodríguez, 2015). Este es el momento oportuno para cavar y desenterrar la reina para detener la formación del nido. Si no se controlan en el período crítico, al cabo de un año los nidos se profundizan hasta dos metros y en cinco años o más pueden abarcar un área de 100 m² y alcanzar hasta

seis metros de profundidad, dificultándose su control y manejo (Castaño-Quintana, 2019).

La incidencia del problema de hormiga arriera se ha incrementado en los últimos años en el país como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, lo cual favorece la colonización y expansión del insecto. La deforestación de los bosques nativos y la introducción de monocultivos forestales y frutales, los hace más susceptibles y vulnerables al ataque de la hormiga arriera, al no tener estas otras opciones de forrajeo (Castaño-Quintana, 2019).

Diferentes trabajos hacen referencia a que aproximadamente 47 cultivos agrícolas y hortícolas, 13 especies forrajeras (pastos) y alrededor de 50 especies forestales, tanto nativas como introducidas en diferentes países, son atacados por las hormigas cortadoras de hojas, causando disminuciones en la productividad hasta de un 35% (Montoya et al., 2012). Los nidos de *Atta cephalotes* producen claros en los bosques de entre 80-150 m² y poseen una tasa de consumo estimada entre 11 y 34 kg de material seco por mes, su impacto se relaciona con el corte y transporte de millones de fragmentos de hojas, que pueden alcanzar una cifra anual entre 70 y 500 kg de material vegetal seco por nido (Correa et al., 2016). Se han reportado daños en plantaciones forestales y en bosques nativos. Se estima que, en plantaciones forestales menores de diez años, con más de 30 hormigueros, la producción de madera (m³ ha⁻¹) puede reducirse más del 50% y que un hormiguero adulto puede utilizar entre ocho a diez toneladas anuales de hojas para su mantenimiento (Correa et al., 2016; Castaño et al., 2019). En los pastizales, las especies de *Atta* tienen el potencial de remover cantidades sustanciales de gramíneas, más de lo que cualquier otro insecto plaga puede hacer, reduciendo la capacidad de carga en dichos ecosistemas. La magnitud del daño

depende de la cantidad de hormigueros por hectárea y el uso al que se destina el suelo (Giraldo, 2007).

Los enemigos naturales ejercen un alto porcentaje del control natural de la hormiga arriera durante el vuelo nupcial (más del 80%), representado en depredación de reinas aladas por parte de aves y murciélagos, por lo tanto, su protección mejorará la calidad de su ayuda (Castaño-Quintana, 2019). Igualmente acontece con los armadillos, osos hormigueros y tamandúas que se alimentan de hormigas y ayudan a controlar los hormigueros, desafortunadamente en muchas regiones de la zona cafetera la cacería, el envenenamiento por la fumigación de cultivos y la destrucción de los bosques, han causado su desaparición (Giraldo et al., 2015; Castaño-Quintana, 2019).

Tradicionalmente el control de hormiga arriera en el país se ha realizado con formicidas de síntesis químicas en formulaciones en polvo como el clorpirifos, para insuflarlos en los nidos, por las bocas de forrajeo o entrada de las obreras (Constantino, 2008). Igualmente, existen formulaciones emulsionables como el clorpirifos aplicadas con termonebulizador para nidos grandes, siendo un método muy efectivo de control ya que logra que el producto penetre en forma de humo hasta todas las cámaras del nido (Estrada y Ramos, 2000).

El uso de cebos tóxicos granulados es efectivo y de fácil aplicación. Hasta hace poco, en Colombia se disponían de las siguientes formulaciones comerciales: Attamix SB (i.a. clorpirifos), Blitz (i.a. fipronil) y Attakill (i.a. sulfluramida), desafortunadamente dichos ingredientes activos (i.a) fueron prohibidos y estos cebos se encuentran descontinuados. Actualmente solo existe la formulación comercial Trompa (i.a. abamectina) que es eficaz para el control de arriera; sin embargo, el pellet de este cebo parece ser pesado y

dificulta su transporte por las obreras, se observa ser rechazado con facilidad por las hormigas (Constantino, 2025).

Existen productos biológicos sustitutos a los insecticidas de síntesis química como el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* que infecta a las obreras y la reina causando su muerte y la eliminación del nido al cabo de dos semanas (López y Orduz, 2002). Igualmente se han evaluado los hongos antagonistas *Trichoderma lignorum*, *T. hartzianum* y *T. viridae* que, aplicados en forma de cebos, contaminan el hongo simbionte *L. gongylophorus* que cultiva la hormiga arriera como fuente de alimento, causando la inanición de las hormigas y la eliminación de la colonia (Machado et al., 1998; López y Orduz, 2002; Castro y Martínez, 2008; Castaño-Quintana, 2019). Se requiere por lo tanto evaluar la eficacia de productos alternativos para el control de hormiga arriera y seleccionar los más eficaces, para ofrecerle alternativas de manejo a los caficultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración. Esta investigación se llevó a cabo en tres Estaciones Experimentales

de Cenicafé (Tabla 1). El proyecto tuvo una duración de un año y medio.

Procedimiento. El trabajo se desarrolló en dos fases. 1). Una fase en laboratorio donde se evaluaron y seleccionaron las cepas de hongos del género *Trichoderma* sp. antagonistas del hongo simbionte de la hormiga arriera *L. gongylophorus*, y se identificó y evaluó la patogenicidad de los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre obreras de *Atta cephalotes*; 2.) Una fase de campo sobre nidos activos de *A. cephalotes* donde se evaluaron los cebos impregnados con los hongos entomopatógenos y antagonistas que fueron eficaces en la fase de laboratorio y nuevos formicidas químicos sustitutos al fipronil y clorpirifos.

Fase de laboratorio

Pruebas de antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente al hongo simbionte *L. gongylophorus*

Se evaluaron tres cepas de hongos antagonistas de *Trichoderma* spp. nativos que fueron tomados del Cepario de Hongos de Cenicafé. La unidad experimental (UE) estuvo conformada por una caja de Petri conteniendo una cepa de

Tabla 1. Ubicación, área, temperatura y precipitación en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Estación Experimental	Depto.	Municipio	Coordenadas geográficas		Temperatura media (°C)	Precipitación anual (mm)
			Latitud/Longitud	Altitud (m)		
Naranjal	Caldas	Chinchiná	04°58'N 75°39'W	1.381	20,8	2.656
La Catalina	Risaralda	Pereira	04°45'N 75°44'W	1.321	21,6	2.062
Paraguaicito	Quindío	Bellavista	04°24'N 75°44'W	1.203	22,1	2.295

Trichoderma y el *L. gongylophorus*. Se tuvieron nueve UE por tratamiento.

La cepa del hongo simbiote *L. gongylophorus* fue aislado de un nido activo de *A. cephalotes* presente en un terrario de la Disciplina de Entomología de Cenicafé, tomando un trozo de micelio del hongo y sembrándolo en placas Petri de 9,0 cm, conteniendo Papa Dextrosa Agar (PDA) y posteriormente incubados a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante diez días. Se realizaron pruebas de antagonismo in vitro siguiendo la técnica de cultivo dual de Dennis y Webster (1971), en cajas Petri de 9,0 cm, conteniendo PDA. En el extremo de la caja Petri, se ubicó un disco de agar de 5,0 mm de diámetro con micelio de las cepas de *Trichoderma* en estudio y en el extremo opuesto otro disco de agar de *L. gongylophorus*, los cultivos se incubaron a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante diez días, midiendo cada 24 h las variables de respuesta, que correspondía al crecimiento radial en milímetros, del micelio de la colonia de los hongos en estudio. Se calcularon los valores medios de Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR) (Ezziyyani et al., 2004).

De las zonas de confluencia de las colonias, se tomaron muestras de micelio y se hicieron montajes para observar al microscopio óptico y verificar la interacción hifal característico de los procesos micoparasíticos de cada organismo.

Pruebas de patogenicidad con *M. anisopliae* y *B. bassiana*

Para las pruebas de patogenicidad se utilizaron formulaciones comerciales de *M. anisopliae* y *B. bassiana* (Bio-Ma y Micosis, Bioprotección, Manizales, Colombia); previamente se evaluó la calidad de las cepas, asegurando una germinación de las conidias a las 24 h de 90% y que la concentración de conidias correspondía a lo indicado en la etiqueta de la formulación. Los hongos formulados se

disolvieron en un volumen de 300 mL de agua a una concentración de 1×10^7 conidias/mL. Como unidad experimental se utilizaron viales de vidrio con una obrera adulta de *A. cephalotes* confinada conteniendo 5,0 mm de agar con micelio de *L. gongylophorus* como alimento. Los insectos fueron sumergidos en las soluciones con cada uno de los hongos, usando 25 hormigas-repeticiones por tratamiento y el testigo, hormigas sumergidas en agua. Para determinar el porcentaje de mortalidad, los viales fueron revisados diariamente durante diez días, registrando el número de hormigas muertas en cada día. Se realizó la prueba de *Mantel-Cox* (Log-Rank test), para contrastar las curvas de supervivencia, con un nivel de significancia de 5% y un valor de $p < 0,0001$.

Fase de campo

Evaluación de cebos

Esta fase se desarrolló en el campo con nidos activos de *A. cephalotes*, objetivo de esta investigación. Con las cepas de hongos entomopatógenos evaluados en la etapa anterior y el hongo comercial Tribiol (*Trichoderma* spp. Bioprotección, Manizales, Colombia), se conformaron los tratamientos que se ilustran en la Tabla 2.

Inventario general y georreferenciación de nidos activos

Una vez ubicados los nidos activos de hormiga arriera, se utilizó un GPS satelital para anotar las coordenadas geográficas de la ubicación del nido en los predios y lotes de cada estación experimental. El censo de los nidos se llevó a cabo registrando: número consecutivo seriado de cada nido, área del nido en metros cuadrados, número de bocas de forrajeo, ubicación (lote) y georreferenciación del nido en grados, minutos y segundos. Posteriormente, se mapearon los hormigueros imprimiendo el croquis de los predios con los puntos de ubicación de los nidos marcados con un número seriado consecutivo.

Tabla 2. Descripción y conformación de tratamientos evaluados.

Tipo de Formicida	Formicida en cebos	Tratamiento
Biológico	<i>Trichoderma hartzianum</i>	Tratamiento 1
	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Tratamiento 2
Químico	Insecticida indoxacarb (6,0 cc/60 mL)	Tratamiento 3
	Thiamethoxam + cyproconazole (3,0 g/60 mL)	Tratamiento 4
	Cebo comercial Trompa (i.a. abamectina)	Testigo relativo
Ninguno	Sin aplicación de formicida	Testigo absoluto

Limpieza de hormigueros

Con el fin de identificar el área aparente del hormiguero, se desyerbó con un machete, para poder facilitar la observación y conteo de las bocas de forrajeo (boca del nido).

Medición y clasificación de hormigueros

Una vez limpiado el nido, se procedió a medir la longitud de las bocas más extremas a lo largo y multiplicando por la longitud de las bocas más extremas a lo ancho, con lo cual se obtuvo el área en metros cuadrados del hormiguero. Se clasificaron como hormigueros pequeños aquellos con un área menor de 5 m², con una a tres bocas; medianos aquellos de 5 a 50 m² con tres a diez bocas y grandes los de más de 50 m². Esta información permitió calcular la cantidad de producto necesario para aplicar el control del hormiguero.

Marcación del hormiguero

Para identificar y censar los nidos en el campo y poder hacer el seguimiento, cada nido fue marcado con una estaca de

guadua y un número consecutivo seriado pintado con tinta negra indeleble. Además, se amarraron cintas plásticas de distinto color para determinar rápidamente si el hormiguero había sido inventariado, tratado o controlado. Los siguientes colores de cintas fueron utilizados: rojo, para hormigueros inventariados; amarillo, para hormigueros tratados; blanco, para nidos controlados.

Preparación de los cebos

Para la evaluación de los cebos en el campo se evaluaron cepas comerciales de *T. hartzianum* y *M. anisopliae* (Tabla 2) para el control de nidos activos de *A. cephalotes*. Los cebos con los hongos se prepararon el mismo día de la aplicación.

Como vehículo de aplicación se utilizaron hojuelas de avena enteras, humedecidas con una solución azucarada, conteniendo esporas de los hongos entomopatógenos y/o el antagonista. La preparación manual de un cebo con agentes microbiológicos contuvo:

- 500 g de hojuelas enteras de avena
- 200 mL de agua destilada (pH 7,0)
- 2 cucharadas de azúcar (60 g) como atrayente
- *M. anisoplia* y/o *T. harzianum* a una concentración de 1×10^7 conidias/mL, o los insecticidas en las dosis propuestas (Tabla 2).

Para la preparación del cebo, se colocaron las hojuelas de avena en una bandeja metálica y se fue agregando la mezcla con los insecticidas o los hongos, con un atomizador de mano y revolviendo con la mano, utilizando guantes de nitrilo, hasta humedecerlas lo suficiente, pero evitando que se pegaran y apelmazaran. Posteriormente, se pusieron a secar por una hora a la sombra (Figura 1).

La dosis utilizada para un nido pequeño, de una a tres bocas, fue de 30 g de cebo, en montículos ubicados a 30 cm de la boca de forrajeo de las hormigas y a un lado del camino, utilizando guantes. Para nidos medianos la dosis aplicada fue de 60 g de

cebo; la aplicación de los cebos se hizo con suelo seco y en horas donde no había sol, temprano en la mañana o al final de la tarde. El cebo no se tocó con las manos para evitar que las hormigas detectaran olores extraños y lo rechazaran.

La evaluación del efecto del formicida biológico y/o químico sobre colonias activas de hormigas, se hizo a partir de un diseño de bloques completos al azar donde el factor de bloqueo fue la fecha de montaje del experimento, la unidad experimental fue un nido activo pequeño de hormiga arriera (con un área $< 5 \text{ m}^2$) con una a tres bocas y nidos medianos con tres a diez bocas (con un área de $5\text{-}50 \text{ m}^2$). No se trabajó con nidos grandes ($> 50 \text{ m}^2$). Se evaluaron dos tratamientos biológicos, dos tratamientos químicos, un testigo relativo y un testigo absoluto que correspondió a un nido sin ningún tipo de control.

Evaluación de la aplicación de formicidas líquidos con termonebulizador

Esta actividad se tuvo como alternativa en caso de que ninguno de los tratamientos fuera



Figura 1. Preparación de cebos formicidas de forma manual utilizando hojuelas de avena enteras como vehículo conductor para el control de nidos de *A. cephalotes*. Derecha, una obrera de *A. cephalotes* transportando al nido una hojuela de avena impregnada con esporas de *Trichoderma harzianum*.

eficaz en el control de nidos de hormiga arriera, en particular para nidos grandes con un área mayor de 50 m².

Se evaluaron los insecticidas Ciperex 200 EC (i.a. cipermetrina de uso agrícola), Avaunt 150 EC (i.a. indoxacarb), Engeo SC (i.a. lambdacihalotrina + thiamethoxam) y Verdadero 600 WG (i.a. cyproconazole + thiamethoxam), con efecto de contacto, ingestión e inhalación, y un testigo absoluto que corresponde a un nido sin ningún tipo de control.

Como vehículo de aplicación de los insecticidas en mezcla con ACPM se utilizó un termonebulizador MHS – 36 marca Saeta-Etagro específico para control de hormigas (Figura 2), con las siguientes especificaciones:

- Capacidad del tanque: 14 L
- Capacidad del tanque comb: 2 L
- Alcance: 14 m² min⁻¹
- Peso: 11 kg
- Tipo de motor: 2 tiempos

- Relación de mezcla gasolina: aceite: 25:1
- Modelo del motor: 1E40FP-3Z
- Velocidad del ventilador (rev/min): 6.500-7.000

Usando una concentración de 50 cm³ del insecticida por litro de ACPM, a razón de un minuto de termonebulización por cada 10 m² de hormiguero. Para esto se introdujo la lanza del equipo en la boca principal de forrajeo. Para un óptimo cubrimiento del producto en todo el nido, se esperó hasta que el humo tóxico empezara a salir por los orificios de ventilación del nido, en ese momento se taparon los orificios de salida haciendo presión con una pisada fuerte sobre las bocas del nido para que el producto no se perdiera por volatilización. Se tuvieron diez repeticiones por tratamiento.

Análisis estadístico

En ambas evaluaciones, tanto para los formicidas biológicos como para los químicos, la variable de respuesta fue el porcentaje de mortalidad (tasa de inactividad del hormiguero), contabilizando el número de obreras por minuto



Figura 2. Empleo de un equipo termonebulizador para el control de nidos grandes de *A. cephalotes* en lotes de café infestados.

que pasan por un punto fijo del camino de forrajeo al día 0, 5, 10, 15 y 20 después de aplicados los tratamientos. La inactividad total del hormiguero al día 20 después de aplicado los tratamientos, fue el criterio tomado para determinar un 100% de control en comparación al testigo absoluto.

El análisis de la información consistió en: estimar el promedio y error estándar por tratamiento (producto formicida y testigo), para la variable de respuesta; análisis de varianza de una vía, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar al 5%. Para los análisis que mostraron efecto de tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Dunnett al 5% para compararlos frente al testigo absoluto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de laboratorio

Pruebas de antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente al hongo simbiote *L. gongylophorus*

Se muestran las pruebas de antagonismo entre el hongo *Trichoderma* cepa T054 y el hongo simbiote de la hormiga arriera *L. gongylophorus*, aislado en medio de cultivo PDA (Figuras 3 y 4).

La cepa T054 proveniente del Cepario de Hongos de Cenicafé presentó el mejor efecto de antagonismo frente al hongo simbiote de la hormiga arriera *L. gongylophorus*. Igualmente fue la cepa que presentó mayor porcentaje de germinación (>95%). De acuerdo a la escala de clasificación de antagonismo de Bell et al. (1982) siguiendo el crecimiento radial del micelio de la colonia de los hongos en estudio, el valor medio de porcentaje de inhibición del crecimiento radial de *Trichoderma* cepa T054 fue del 100% al día 7. En la Figura 4 se aprecia como el hongo *Trichoderma* invade la

caja de Petri y esporula sobre *Leucoagaricus* inhibiendo su crecimiento y desarrollo.

Esta misma cepa de *Trichoderma* causó mortalidades del 100% en las obreras de *A. cephalotes* cuando el hongo fue asperjado directamente sobre trozos de estromas de *L. gongylophorus* conteniendo obreras activas en condiciones de laboratorio. *Trichoderma* cepa T054 causó necrosis en los estromas de *L. gongylophorus* y esporuló a los siete días después de asperjada la solución causando la muerte del hongo simbiote, lo cual ocasionó también la muerte de las obreras de hormiga arriera por inanición al no tener opción de alimento, en comparación al testigo donde no se aplicó *Trichoderma* sp.

Trichoderma es un hongo antagonista que se ha usado como fungicida biológico en varios cultivos para controlar enfermedades en las plantas, ya que tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de otros hongos. Es seguro para las personas, el medio ambiente y las plantas, y no deja residuos en el suelo (Poveda, 2021). En este sentido, se ha comprobado el micoparasitismo que ejerce *Trichoderma* in vitro sobre el hongo *L. gongylophorus*, simbiote de *Acromyrmex pubescens* (Castillo et al., 2016) y de *A. cephalotes* (Ortiz y Orduz, 2001). Estos autores indican que a partir de los resultados in vitro, se aplicaron esporas de *T. viride* a salvado de trigo, también utilizado por *A. cephalotes* como sustrato de crecimiento de su hongo simbiote, reportándose la mortalidad del 100% de las hormigas en 40 días por inanición (López y Orduz, 2003). Con base en este mecanismo de acción, se ha sugerido que existen especies vegetales que favorecen la colonización de sus tejidos por *Trichoderma*, de manera que, al ser llevadas al nido por las hormigas cortadoras de hojas (*Atta*), *Trichoderma* micoparasita a los hongos simbioses, actuando como

una estrategia de control natural (López y Orduz, 2002).

Pruebas de patogenicidad con *M. anisopliae* y *B. bassiana*

En la Figura 5 se presenta el resultado de la probabilidad de supervivencia de obreras de *A. cephalotes* expuestas a dos formulaciones comerciales de *M. anisopliae* y *B. bassiana*. A partir de la prueba de *Mantel-Cox* (Log-

Rank test), se contrastaron las curvas de supervivencia, con un nivel de significancia de 5% y un valor de $p < 0,0001$, se concluye que existe diferencia estadística significativa en la supervivencia (mortalidad) de las obreras expuestas a los diferentes cebos y el testigo. Las pruebas de patogenicidad con *M. anisopliae* mostraron mortalidades del 100% de las hormigas a los tres días de aplicados los tratamientos, mientras que con

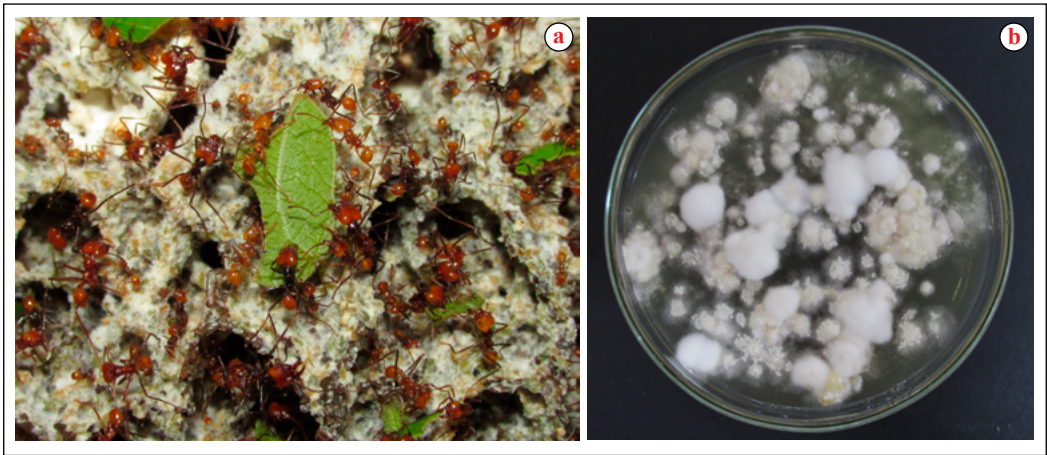


Figura 3. A. Nido de *A. cephalotes*; **B.** Aislamiento en medio de cultivo PDA del hongo simbiote de la hormiga arriera *L. gongylophorus*.

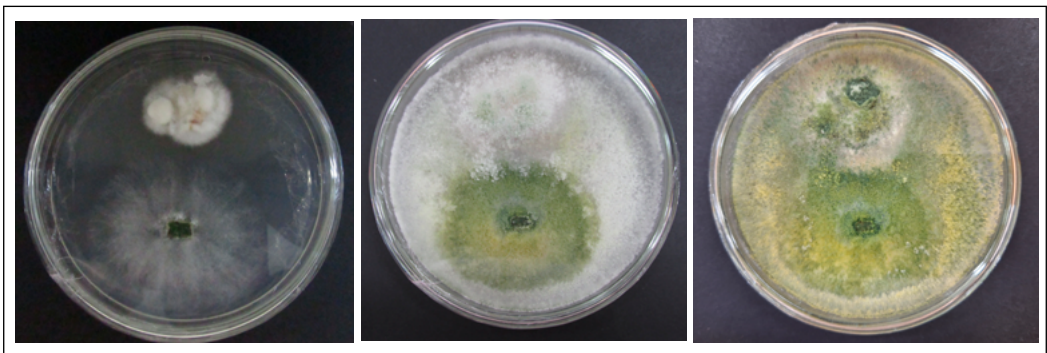


Figura 4. Pruebas de antagonismo entre *Trichoderma* (parte inferior) y el hongo simbiote de la hormiga arriera *L. gongylophorus* (parte superior). *Trichoderma* invade y esporula sobre *Leucoagaricus* en siete días inhibiendo su desarrollo.

B. bassiana se alcanzó el 100% de mortalidad a los cinco días de aplicados los tratamientos, en comparación al testigo absoluto. La Figura 6 muestra los signos de infección tanto de *M. anisopliae* como de *B. bassiana* en obreras de *A. cephalotes* luego de 23 días de evaluación.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Castro y Martínez (2008) y Castaño y Rodríguez (2015), quienes evaluaron la eficacia de *M. anisopliae* y *B. bassiana* para controlar nidos activos de *A. cephalotes* utilizando diversas técnicas de aplicación. El uso de productos biológicos como alternativa al control químico convencional, se constituye en una alternativa ambientalmente viable para

el control de nidos de hormiga arriera, además de que son productos inocuos al hombre y al medio ambiente.

Fase de campo

En las Figuras 7, 8 y 9 se presentan los resultados de la evaluación de cebos formicidas biológicos a base de *T. harzianum* y *M. anisopliae*. Se observa la distribución del flujo de obreras por minuto registrado para cada uno de los formicidas, incluyendo el testigo relativo Trompa (i.a abamectina) y el testigo absoluto, sobre nidos activos de *A. cephalotes* de tres tamaños (pequeños, medianos y grandes) en la Estación Experimental La Catalina.

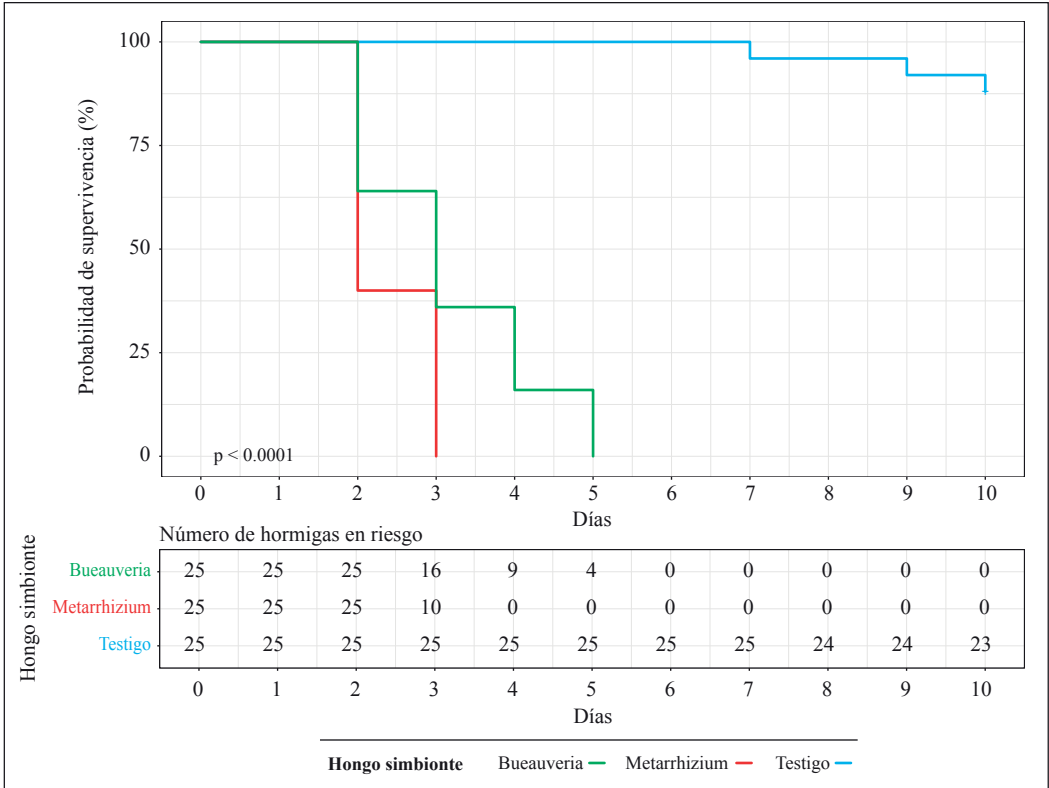


Figura 5. Curvas de supervivencia de obreras de *A. cephalotes* expuestas a *B. bassiana*, *M. anisopliae* y un testigo absoluto.



Figura 6. Signos de infección de los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* (a) y *B. bassiana* (b) sobre obreras de *A. cephalotes*.

Un análisis de varianza de una vía mostró un efecto significativo del cebo sobre el flujo de hormigas obreras por minuto. En consecuencia, para cada tamaño de nido y en cada uno de los tiempos de evaluación, se compararon los cebos formicidas biológicos con los testigos. La prueba de comparación de medias de Dunnett, con un nivel de significancia del 5%, indicó que el flujo de hormigas obreras difirió estadísticamente entre los tratamientos y los testigos a partir del día cinco. En la comparación de eficacia entre Trompa (testigo relativo) y los cebos formicidas biológicos, se encontró que, en nidos pequeños (Figura 7), no hubo diferencias estadísticas significativas en el flujo de obreras por minuto entre los nidos tratados con *M. anisopliae* o *Trichoderma* sp. y aquellos tratados con Trompa. La mortalidad total de las obreras se alcanzó después del día 15 de aplicados los cebos con abamectina y del día 20 con *Trichoderma* y *Metarhizium* (Figura 7).

En nidos medianos (Figura 8), se observa efecto de los cebos con *Trichoderma*, *Metarhizium* y amamectina desde el día cinco hasta el día 20, en comparación al testigo, pero no se observaron diferencias estadísticas en el

flujo de obreras entre los nidos tratados con Trompa y aquellos tratados con *Trichoderma* sp. Sin embargo, los flujos registrados en estos tratamientos fueron menores que los obtenidos en los nidos tratados con *M. anisopliae*.

Por otro lado, en nidos grandes (Figura 9), los resultados indican que, a medida que avanzan los días de evaluación, se presentan diferencias significativas en el flujo de obreras. En particular, los nidos tratados con Trompa y *Trichoderma* sp. no mostraron diferencias estadísticas sino a partir del día cinco de evaluación. No obstante, en los días subsecuentes, sí se observaron diferencias entre estos tratamientos. En el caso de *M. anisopliae* este parece tener efecto entre el día cinco al 15.

En condiciones de campo los cebos preparados con *Trichoderma* y *Metarhizium* fueron eficaces en controlar los nidos de *A. cephalotes* después del día 20 de aplicados, en comparación al testigo. Estos cebos preparados con una solución de esporas de *T. harzianum* y *M. anisopliae* a una concentración de 1×10^7 conidias/mL fueron efectivos para atraer las hormigas y para que las obreras cargaran y

transportaran los cebos al nido. Se evitó el uso de jugo de naranja como atrayente de las hormigas ya que este presenta un pH de 3,0 que es considerado bastante ácido para la germinación de las esporas. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se prepararon los cebos el mismo día de la aplicación para evitar fermentos indeseados y descomposición de las hojuelas de avena.

Debido a la dinámica de los hormigueros medianos y grandes, es necesario incrementar los periodos de evaluación hasta 30 días y realizar una segunda aplicación, en aquellos nidos ubicados en sitios enrastrados o de difícil acceso, que no permiten una óptima aplicación. Para los cebos preparados con hongos entomopatógenos o antagonistas, es

necesario incrementar en una semana adicional el periodo de evaluación hasta el día 30, ya que el crecimiento de los hongos es lento y toma entre tres y cuatro semanas en actuar para eliminar los nidos totalmente. De ser necesario aumentar la dosis de aplicación de los cebos dependiendo del área del nido y de las condiciones ambientales, evitando que estos sean aplicados en épocas de lluvia, para que su eficacia no se afecte.

En la Figura 10 se presentan los resultados de evaluación de cebos formicidas químicos a base indoxacarb, de thiametoxam + cyproconazole y un testigo absoluto sobre nidos activos pequeños de *A. cephalotes* en la Estación Experimental La Catalina (EE La Catalina) a través del tiempo.

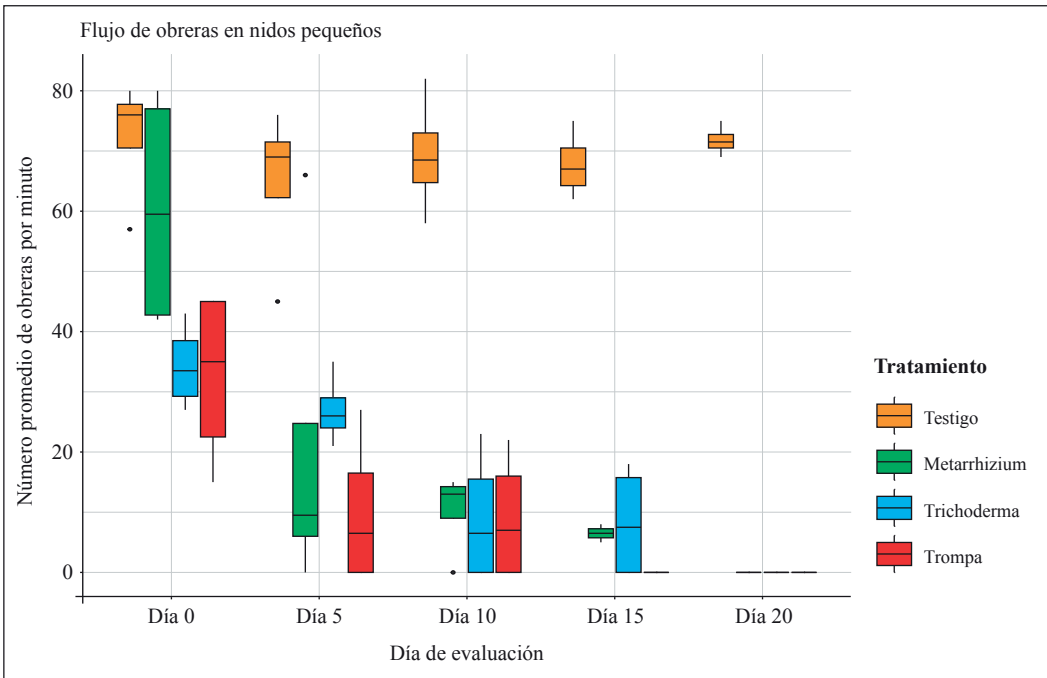


Figura 7. Distribución del flujo de entrada al hormiguero, de hormiga arriera *A. cephalotes*, por minuto, en nidos pequeños tratados con cebos preparados a base de hongos entomopatógenos (*M. anisopliae*), hongos antagonistas (*T. harzianum*), el cebo comercial Trompa (i.a. abamectina) y un testigo absoluto a través de cinco periodos de evaluación.

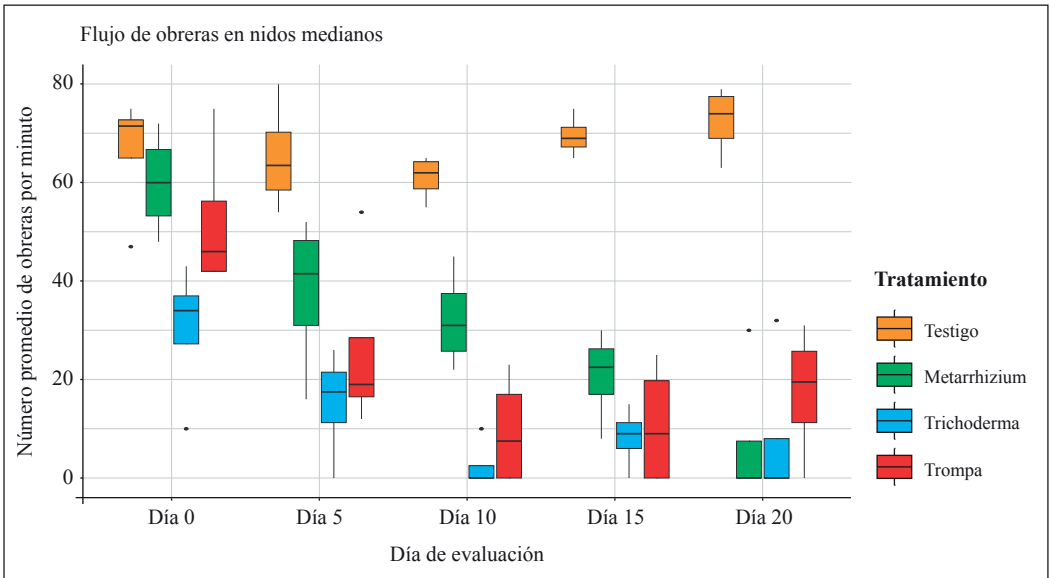


Figura 8. Distribución del flujo de entrada al hormiguero, de hormiga arriera *A. cephalotes*, por minuto, en nidos medianos tratados con cebos preparados a base de hongos entomopatógenos (*M. anisopliae*), hongos antagonistas (*T. harzianum*), el cebo comercial Trompa (i.a. abamectina) y un testigo absoluto a través de 5 periodos de evaluación.

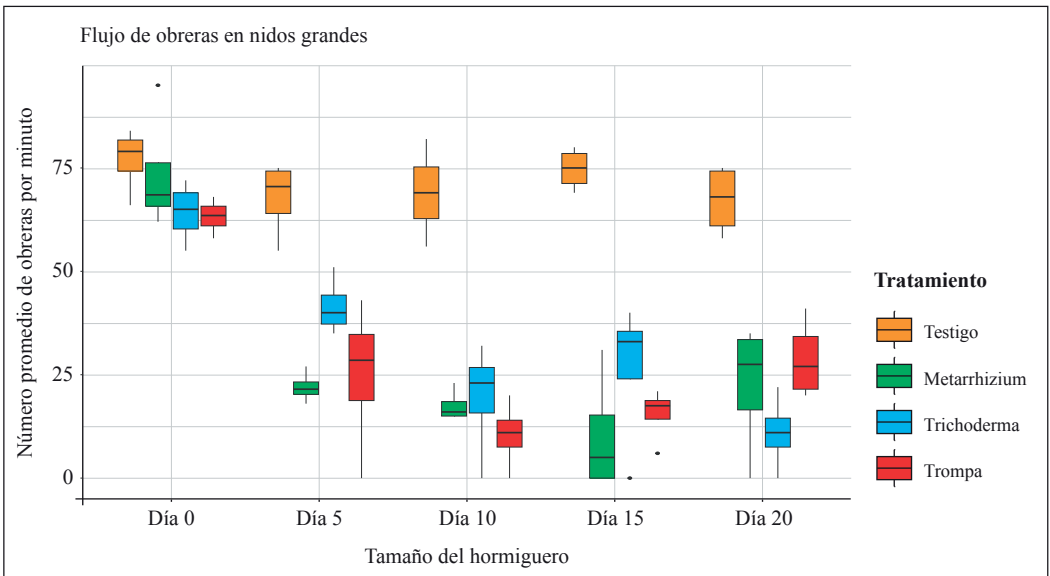


Figura 9. Distribución del flujo de entrada al hormiguero, de hormiga arriera *A. cephalotes*, por minuto, en nidos grandes tratados con cebos preparados a base de hongos entomopatógenos (*M. anisopliae*), hongos antagonistas (*T. harzianum*), el cebo comercial Trompa (i.a. abamectina) y un testigo absoluto a través de cinco periodos de evaluación.

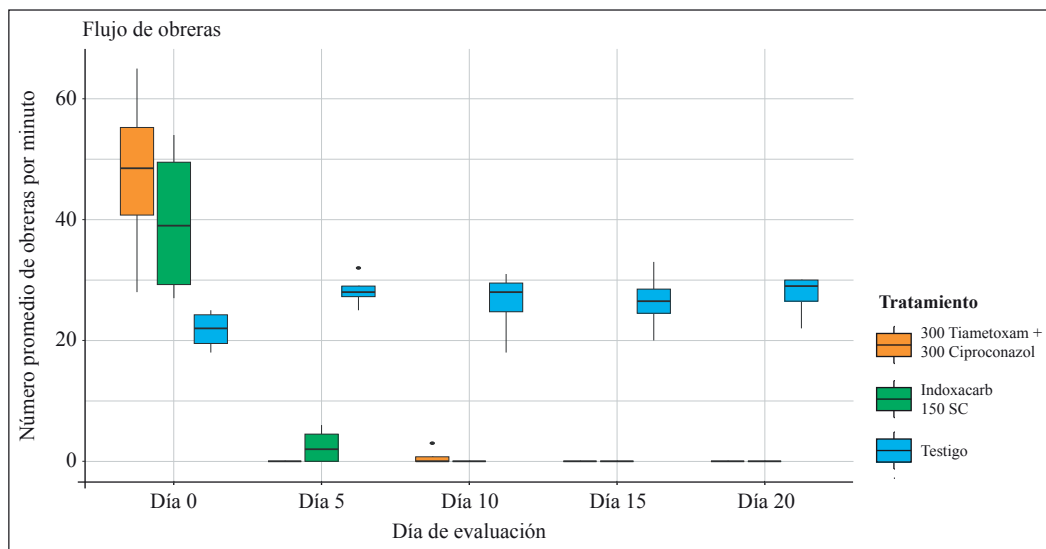


Figura 10. Distribución del flujo de entrada al hormiguero, de hormiga arriera *A. cephalotes*, por minuto, en nidos pequeños tratados con cebos a base de thiametoxam + cyproconazole e indoxacarb 150 SC a través de cinco períodos de evaluación.

A raíz de la prohibición de clorpirifos y fipronil, actualmente no hay cebos químicos disponibles en el mercado para el control de nidos activos de hormiga arriera en el país. Solamente se consiguen cebos a base de abamectina. Muchas de las prohibiciones de insecticidas químicos en el mundo provienen del Pacto Verde Europeo, una iniciativa de la Unión Europea (UE) presentado en 2019, para hacer de la UE la primera región climáticamente neutra para 2050. El Pacto Verde Europeo busca reducir el uso de insecticidas químicos para proteger la biodiversidad y la salud, estableciendo como objetivo reducir el uso de pesticidas químicos en un 50% para 2030. Las medidas incluyen la prohibición de insecticidas en zonas sensibles como parques públicos y áreas para polinizadores, y la promoción de alternativas más sostenibles.

Con estos resultados estamos presentando formicidas sustitutos al fipronil y clorpirifos utilizando los insecticidas indoxacarb y

thiametoxam + cyproconazole y dos cebos biológicos preparados a base de esporas de *T. harzianum* y/o *M. anisopliae*. Los cebos químicos y biológicos son útiles para el control de nidos de *A. cephalotes*, en particular en aquellos casos donde las bocas de entrada al nido se encuentran en sitios de difícil acceso o en sitios enastrojados (Constantino, 2008). Es importante aplicarlos con guantes evitando tocarlos con las manos para que las hormigas no los rechacen, y en días secos y sin lluvia para que la eficacia de los cebos no se afecte (Madriral y Yepes, 1997; Ramos y Patiño, 2002; Castaño-Quintana, 2019).

Evaluación de la aplicación de formicidas líquidos con termonebulizador

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la evaluación de cuatro formicidas químicos en emulsión concentrada utilizados para el control de nidos grandes de *A. cephalotes* y la dosis empleada en la termonebulización de cada producto.

Tabla 3. Mortalidad (%) de la hormiga arriera *A. cephalotes* con la aplicación de insecticidas líquidos aplicados con termonebulizador en nidos grandes.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Concentración (cm ³ o g L ⁻¹ de ACPM)	Mortalidad a los 5 días (%)	EE
Ciperex 200 EC	Cipermetrina	50 cm ³	100	1,87
Avaunt 150 EC	Indoxacarb	30 cm ³	100	1,54
Engeo SC	Lambdacihalotrina + thiametoxam	50 cm ³	85	2,62
Verdadero 600 WG	Cyproconazole + thiametoxam	10 g	92	2,23

Con relación a los formicidas aplicados con termonebulizador para nidos grandes con un área mayor de 50 m² (Figura 10), los insecticidas compatibles con el ACPM como la cipermetrina de uso agrícola y el indoxacarb fueron los más eficaces en controlar los nidos de hormiga arriera en un 100%, después de cinco días de aplicados. El engeo presentó menor eficacia, posiblemente porque es un producto no compatible con el ACPM; formó una fase acuosa no miscible y no se obtuvo una mezcla homogénea del ingrediente activo. El insecticida verdadero tampoco fue compatible con el ACPM y dejó residuos que taponaron el equipo; no se recomienda su uso con termonebulizadores.

Con estos resultados de evaluación se le está ofreciendo a los caficultores colombianos alternativas de uso para el control de nidos de hormiga arriera con dos formicidas biológicos y tres químicos como sustituto al clorpirifos y fipronil. Estos formicidas pueden prepararse fácilmente de forma manual en forma de cebo, como se indica en la metodología,

con resultados de control eficaces sobre nidos de hormiga arriera.

Con este estudio:

Se demostró que el hongo antagonista *T. hartzianum*, el hongo entomopatógeno *M. anisopliae*, el insecticida indoxacarb y la mezcla de cyproconazole y thiamethoxam controlan los nidos de *A. cephalotes*, de cualquier tamaño, cuando son aplicados como cebos.

Los insecticidas cipermetrina e indoxacarb resultaron eficaces cuando el control fue realizado en nidos grandes usando termonebulizadores.

El hongo *T. harzianum* tiene efecto antagónico sobre el hongo simbiote de la hormiga arriera *L. gongylophorus*, el cual logra parasitar y esporular, inhibiendo su desarrollo y causando la muerte a las hormigas por inanición al no tener opción de alimento, después de 20 días de aplicados los cebos impregnados con esporas de *Trichoderma*. Igualmente, el hongo entomopatógeno *M. anisopliae* parasita

y mata a las hormigas, eliminando la colonia completamente después de 20-30 días de aplicados los cebos impregnados con esporas del hongo entomopatógeno.

El uso de productos biológicos como alternativa al control químico convencional, se constituye en una alternativa ambientalmente viable para el control de nidos de hormiga arriera, además de que son productos inocuos al hombre y al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los auxiliares Carlos Alberto Quintero de la Disciplina de Entomología quien participó en el montaje de los ensayos en campo y en la evaluación de los tratamientos, a Gloria Patricia Naranjo por el apoyo en las evaluaciones de germinación, aislamiento y evaluación de hongos antagonistas y entomopatógenos, al personal de las estaciones experimentales de Naranjal, La Catalina y Paraguaicito por el

apoyo con la evaluación de cebos químicos y biológicos en campo y en el manejo del termonebulizador para la aplicación de los formicidas. Esta investigación fue financiada con recursos del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Crossref Funder ID 100019597), proyecto ENT109001.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, análisis de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, visualización, redacción–borrador original: **L.M.C**; redacción, revisión metodológica y montaje de la fase de laboratorio: **C.E.G**; conceptualización, supervisión, revisión de textos: **P.B.M**; supervisión y coordinación en campo EE La Catalina: **H.F.A**; supervisión y coordinación en campo EE Naranjal: **J.F.T**; supervisión y coordinación en campo EE Paraguaicito: **D.F**; análisis estadísticos y redacción metodológica: **B.M.R**.

LITERATURA CITADA

- Bell, D. K., Well, H. D., & Markham, C. R. (1982). In Vitro Antagonism of *Trichoderma* species Against Six Fungal Plant Pathogens. *Phytopathology*, 72(4), 379–382. <https://doi.org/10.1094/Phyto-72-379>
- Benavides, M. (1971). Combate de la hormiga arriera *Atta cephalotes*. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1, 1.
- Castaño-Quintana, K. (2019). Revisión de la biología y métodos de control de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). En K. Castaño, J. Chará, C. Giraldo, & Z. Calle (Eds.), *Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles* (pp. 108–149). CIPAV.
- Castaño, K. (2015). *Viabilidad y efectividad de microorganismos patógenos para colonias de hormigas cortadoras, aplicados a través de termonebulizadora* (Informe Cipreses, p. 13). Universidad del Valle.
- Castro, J. F., & Martínez, G. (2008). Evaluación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como control biológico de la hormiga arriera *Atta cephalotes* con diferentes técnicas de aplicación en el Centro de Investigaciones Macaigual. *Momentos de Ciencia*, 5,(1-2), 41–45.
- Constantino, L.M. (2008). La hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera:Formicidae). En A. E. Bustillo Parley (Ed.), *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana* (pp. 323–329). Cenicafé.
- Constantino, L. M. (2025). Manejo integrado de la hormiga arriera en la zona cafetera. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, 76(1), e760929. <https://doi.org/10.38141/10795/760929>
- Corrêa, M. M., Silva, P. S. D., Wirth, R., Tabarelli, M., & Leal, I. R. (2016). Foraging activity of leaf-cutting ants changes light availability and plant assemblage in A

- atlantic forest. *Ecological Entomology*, 41(4), 442–450. <https://doi.org/10.1111/een.12312>
- Dennis, C., & Webster, J. (1971). Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. *Transactions of the British Mycological Society*, 57(1), 25–39. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80077-3)
- Estrada, J., & Ramos, A. A. (2000). *Biología y Manejo de las Hormigas Cortadoras o Arrieras*. Comité de Cafeteros del Valle del Cauca.
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Requena, M. E., Rubio, L., Candela, M. E. (2004). Biocontrol por *Streptomyces rochei* Ziyani, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología*, 26(1), 69–78. <https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/26/PDF/08-BIOCONTROL.pdf>
- Fernández, F., Castro-Huertas, V., & Serna, F. (2015). *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Giraldo, C. (2007). Manejo integrado de la hormiga arriera *Atta cephalotes* en fincas ganaderas. *Revista Carta Fedegan*, 99, 58–65.
- Giraldo, C., Castaño, K., Reyes, K., Giraldo, N. V., Calle, Z., & Montoya-Lerma, J. (2015). Enemigos naturales de la hormiga arriera en sistemas de reconversión productiva. En *Memorias del II Taller nacional sobre hormiga arriera y caracol gigante africano: Avances y retos*. Cali, Colombia.
- López, E. & Orduz, S. (2002). *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* controlan colonias de *Atta cephalotes* en campo mejor que un insecticida químico. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 4(1), 71–78. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/30093>
- Lopez, E., & Orduz, S. (2003). *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Biological Control*, 27(2), 194–200. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00005-7)
- Machado, V., Diehl-Fleig, E., Silva, M., & Lucchese, M. (1988). Reações observadas em colônias de algumas espécies de *Acromyrmex* (Hymenoptera-Formicidae) quando inoculadas com fungos entomopatogênicos. *Ciência e Cultura*, 40(11), 1106–1108.
- Madrigal, A. (2003). *Insectos forestales en Colombia: Biología, hábitos, ecología y manejo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Madrigal, A., & Yepes, F. C. (1997). Las hormigas cortadoras. Cuadernos Divulgativos de Entomología N° 3. Universidad Nacional de Medellín.
- Montoya-Lerma, J., Chacón De Ulloa, P., & Manzano, M. D. (2006). Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2), 151–158. <https://doi.org/10.25100/socolen.v32i2.9383>
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrrecht, I., Farji-Brener, A., & Calle, Z. (2012). Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 225–247. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.663946>
- Poveda, J. (2021). *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634>
- Ramos, A. A., & Patiño, O. (2002). *Manejo Integrado Comunitario de la Hormiga Arriera*. Instituto Colombiano Agropecuario. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/16485>