

**MANEJO DE LA HORMIGA CORTADORA DE HOJAS CON EXTRACTOS  
VEGETALES (*Ruta graveolens* y *Bougainvillea spectabilis*) Y  
PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA VEREDA LA RIVERA, MUNICIPIO DE  
TIMBIO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

**ANDRES FELIPE GONZALEZ HOYOS  
PABLO ANDRES MUÑOZ ORDOÑEZ**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN  
2011**

**MANEJO DE LA HORMIGA CORTADORA DE HOJAS CON EXTRACTOS  
VEGETALES (*Ruta graveolens* y *Bougainvillea spectabilis*) Y  
PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA VEREDA LA RIVERA, MUNICIPIO DE  
TIMBIO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

**ANDRES FELIPE GONZALEZ HOYOS  
PABLO ANDRES MUÑOZ ORDOÑEZ**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Biólogos**

**Directora:**

**GISELLE ZAMBRANO GONZALEZ M. Sc.**

**Universidad del Cauca**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN  
2011**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Bióloga, M. Sc. GISELLE ZAMBRANO GONZALEZ**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

Popayán, 22/Noviembre/2011

### ***Dedicatoria***

A mi Dios, que nunca se ha apartado de mí y ha estado hasta en los momentos más difíciles, me ha brindado apoyo, protección, confianza y amor. Porque todo cuanto fui, soy y seré es por tu gracia y por tu amor. A ti, PADRE CELESTIAL.

Para mi padre, Carlos Octavio, quien desde el cielo sigue cuidando mis pasos e inspirándome para alcanzar mis metas. Mi querida madre, Alba María, por enseñarme la satisfacción del esfuerzo. Gracias a los dos puedo decir que *“realice mis sueños, me enseñaron a valorar la vida y que no hay cima que no pueda alcanzar; siempre los llevo dentro de mi corazón, guían mi camino, son mi inspiración”*. A sí mismo a mis hermanos en especial a mi hermana, Julia, que fue mi segunda madre, enseñó a reírme de los errores y a extraer el aprendizaje de ellos. Junto a ustedes, mi compañera Yamileth que con sus consejos y apoyo he logrado seguir adelante; por último a mi más resplandeciente lucero que ilumina hasta la más oscura de mis noches, mi pequeña hija Mariana, la cual es la gran motivación de mi vida.

***Andrés Felipe González Hoyos***

A mi Dios, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo. A mis padres Jesús Efrén y Sara Cecilia, quien a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento; depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por eso que soy lo que soy ahora. Solo Dios sabe lo mucho que los quiero y doy gracias porque aún están a mi lado, todo su esfuerzo no fue en vano; a mi abuela Lucila por ser mi segunda madre, por ultimo a mi novia Shirley que con su cariño y buenos consejos me dio fortaleza en los momentos difíciles.

***Pablo Andrés Muñoz Ordoñez***

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra directora y consejera, Mg. Giselle Zambrano González por su invaluable apoyo y su valioso tiempo dedicado a este trabajo, pero mucho más por su confianza y amistad.

Al Mg. Silvio Carvajal, por sus aportes y la dedicación que hicieron mejorar este trabajo.

Al Doc. William García, por su colaboración prestada y consejos para la buena realización de este trabajo.

A nuestra amiga Ángela Lucia Pantoja Matta; por sus aportes y consejos que fortalecieron este trabajo.

A la comunidad de la Vereda La Rivera, por prestar gran interés en este trabajo; en particular al señor Armando Muñoz, quien nos brindo su tiempo y dedicación en el recorrido y préstamo de su finca “el Progreso”, así como al resto de propietarios de las fincas tratadas.

Finalmente queremos agradecer a los amigos que de una u otra manera nos apoyaron para realizar este trabajo en particular a Alejandra Gómez, Cesar Bravo, Gilmar Delgado, Jasón Perafan, Karen Robles, Liseth Bolaños, Marcela Torres, Yaqueline Echeverri, y al ingeniero Juan Pablo Prado.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
<b>3 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 HORMIGAS COMO INDICADORAS DE DIVERSIDAD.....	17
3.2 HORMIGAS COMO PLAGAS.....	17
3.3 HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS .....	18
<b>3.3.1 Ciclo De Vida.....</b>	<b>20</b>
3.4 ACTIVIDADES QUE REALIZA LA COLONIA.....	22
3.5 MANEJO AGRÍCOLA DE LAS HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS O ARRIERAS .....	23
3.6 CONTROL BIOLÓGICO Y QUÍMICO.....	24
<b>3.6.1 Control químico .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6.2 Control biológico .....</b>	<b>25</b>
3.7 ANTECEDENTES.....	27
<b>4 METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	28
4.2 FASE DE CAMPO .....	29
<b>4.2.1 Colecta de Hormigas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1 Inventario de Hormigueros .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.2 Aplicación del Tratamiento .....</b>	<b>33</b>
4.3 FASE DE LABORATORIO .....	34
<b>4.3.1 Identificación Taxonómica .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.2 Obtención de Extracto Vegetal .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.3 Talleres educativos.....</b>	<b>36</b>
4.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	37
<b>4.4.1 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....</b>	<b>37</b>
<b>5 RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>38</b>
5.1 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	38
5.2 INVENTARIO DE HORMIGUEROS.....	40
5.3 EFECTIVIDAD DE LOS EXTRACTOS DE RUDA Y VERANERA.....	42
5.4 TALLERES.....	50
5.5 CALENDARIO DE VUELO NUPCIAL .....	51
5.6 ESTRATEGIA COMUNITARIA PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LA HORMIGA.....	51
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>7 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>8 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS ENTRE ESPECÍMENES Y NIDOS DE LOS GÉNEROS DE HORMIGAS FORRAJERAS *ACROMYRMEX* (IZQUIERDA) Y *ATTA SP* (DERECHA). ADAPTADO DE ARGUELLO Y GLANSTONE (2001). ..... 29
- FIGURA 2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VEREDA LA RIVERA, MUNICIPIO DE TIMBIO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA. FUENTE:([HTTP://TIMBIO-CAUCA.GOV.CO/NUESTROMUNICIPIO.SHTML?APC=M-M1--&x=1405921](http://timbio-cauca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-m1--&x=1405921)). ..... 29
- FIGURA 3. COLECTA DE HORMIGAS, (A) COLECTA MANUAL A LA SALIDA DE LOS HORMIGUEROS, (B) ALCOHOL AL 70%, (C) TARROS PLÁSTICOS PARA RECOLECTAR LA MUESTRA, (D) MUESTRA ETIQUETADA..... 30
- FIGURA 4. NIDOS (A) NIDO PEQUEÑO, (B) NIDO MEDIANO, (C) NIDO GRANDE ..... 32
- FIGURA 5. (A) HORMIGUERO INVENTARIADO, (B) HORMIGUERO TRATADO, (C) HORMIGUERO CONTROLADO. .... 33
- FIGURA 6. FABRICACIÓN DEL EXTRACTO DE RUDA Y VERANERA. (A) TAMIZADO DEL EXTRACTO; (B) PESAJE DEL EXTRACTO; (C Y D) MATERIALES UTILIZADOS; (E) MEZCLA DE SOLUTO (EXTRACTO VEGETAL) Y SOLVENTE (AGUA DESTILADA); (F) EXTRACTO LISTO PARA LA APLICACIÓN EN LOS HORMIGUEROS..... 35
- FIGURA 7. APLICACIÓN DE LOS EXTRACTOS. (A, C, D, F)BOCAS DE LOS NIDOS; (B, E) APLICACIÓN CON BOMBA DE FUMIGAR. .... 36
- FIGURA 8. TALLERES EDUCATIVOS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LA HORMIGA ARRIERA EN LA VEREDA LA RIVERA, MUNICIPIO DE TIMBIO (CAUCA). ..... 37
- FIGURA 9. IDENTIFICACIÓN DE SOLDADO DE *ATTA CEPHALOTES*, (A) VISTA LATERAL, (B) VISTA FRONTAL..... 38
- FIGURA 10. IDENTIFICACIÓN DE OBRERA JOVEN DE *ATTA CEPHALOTES* (A) VISTA LATERAL, (B) VISTA FRONTAL..... 39
- FIGURA 11. IDENTIFICACIÓN DE REINA DE *ATTA CEPHALOTES*, (A) VISTA LATERAL, (B) VISTA FRONTAL. .... 39
- FIGURA 12. VARIACIÓN DEL NUMERO DE HORMIGAS QUE SALEN DEL NIDO TRAS LA APLICACIÓN DE LOS TRES TRATAMIENTOS EN LOS CUATRO SITIOS DE MUESTREO. 1. POLIDEPORTIVO; 2. EL GUAYABAL; 3. EL PROGRESO Y 4. EL VERGEL. ARRIBA: VARIACIÓN EN LOS NIDOS PEQUEÑOS; ABAJO: VARIACIÓN EN LOS NIDOS MEDIANOS. .... 48
- FIGURA 13. VARIACIÓN DE LA MORTALIDAD DE HORMIGAS TRAS LA APLICACIÓN DE LOS TRES TRATAMIENTOS EN LOS CUATRO SITIOS DE MUESTREO. 1.POLIDEPORTIVO; 2. EL GUAYABAL; 3. EL PROGRESO Y 4. EL VERGEL. .... 49

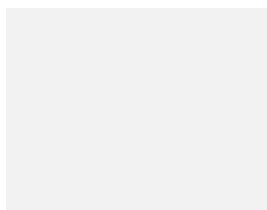
## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DURACIÓN DE CADA ESTADÍO DE LA HORMIGA CORTADORA DE HOJAS DURANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS COLONIAS (VERGARA 2005).....	21
TABLA 2. TIEMPO DE VIDA DE LOS DIFERENTES ESTADIOS DE LA HORMIGA ARIERA O CORTADORA DE HOJAS (UNIVERSIDAD DEL CHOCO, 2002).....	21
TABLA 3. INVENTARIO DE NIDOS REGISTRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO.....	41
TABLA 4. CANTIDAD DE EXTRACTO (ML) CON EL CUAL FUERON TRATADOS LOS NIDOS PEQUEÑOS Y MEDIANOS. LA CANTIDAD CORRESPONDE AL ÁREA (M <sup>2</sup> ) DE CADA NIDO.....	42
TABLA 5. PROMEDIO Y DESVIACIÓN DEL NÚMERO DE HORMIGAS VIVAS QUE SALEN DE LOS NIDOS PEQUEÑOS. ....	45
TABLA 6. PROMEDIO DE HORMIGAS VIVAS QUE SALEN DE LOS NIDOS MEDIANOS.....	46
TABLA 7. PROMEDIO DE HORMIGAS MUERTAS ENCONTRADAS EN EL BASURERO DE LOS NIDOS MEDIANOS. ....	47



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. NUMERO DE HORMIGAS QUE SALIERON DE LOS NIDOS (HORMIGUEROS) PEQUEÑOS EN LOS CUATRO (4) SITIOS DE MUESTREO. ....	62
ANEXO 2. NÚMERO DE HORMIGAS QUE SALIERON DE LOS NIDOS (HORMIGUEROS) MEDIANOS EN LOS CUATRO SITIOS DE MUESTREO. ....	63
ANEXO 3. NUMERO DE HORMIGAS MUERTAS ENCONTRADAS EN LOS BASUREROS DE LOS NIDOS (HORMIGUEROS) MEDIANOS EN LOS CUATRO SITIOS DE MUESTREO .....	64



## RESUMEN

Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta cephalotes*), son consideradas una plaga de importancia económica en la agricultura tropical y sub tropical, particularmente en los ecosistemas silviculturales; considerándose los insectos con mayor éxito evolutivo.

En este trabajo, se realizó un control biológico y manejo comunitario de la hormiga arriera en la vereda La Rivera, Municipio de Timbio (Cauca), donde por ser una región netamente agrícola los efectos causados por este insecto han sido de gran preocupación para los agricultores; para ello, se muestrearon cuatro fincas; realizando un inventario de los nidos existentes, identificando 23 hormigueros grandes, 29 medianos y 24 hormigueros pequeños. Mediante la identificación taxonómica realizada en el laboratorio se confirmó que las hormigas correspondían a la especie *Atta cephalotes*.

El control biológico se realizó utilizando extractos vegetales de ruda (*Ruta graveolens*) y veranera (*Bougainvillea spectabilis*); contando también con la participación comunitaria a través de dos talleres que se llevaron a cabo al inicio del estudio, actividades donde se capacitó a la comunidad sobre aspectos relacionados con la ecología de las hormigas, la fabricación y aplicación de los extractos.

La información registrada en campo se analizó mediante el paquete estadístico SPSS 11.5, encontrando diferencias significativas entre los extractos de ruda y veranera, determinándose que el extracto de ruda fue el más efectivo tanto en los nidos pequeños como medianos de las cuatro fincas tratadas en la Vereda La Rivera, del Municipio de Timbio (Cauca).

## INTRODUCCIÓN

La hormiga cortadora de hojas (*Atta sp.*) originaria de la región Neotropical, ha soportado adversidades ambientales desde hace millones de años, hasta el punto de considerarse los insectos con mayor éxito evolutivo. Se considera que su efecto ecológico en los ecosistemas es equivalente al de los grandes herbívoros (Holldobler & Wilson 1990). En un bosque tropical consumen entre el 12 y el 17% de las hojas producidas (Herrera 2009) causando grandes pérdidas para la economía en la agricultura, ya que poseen el poder de destruir sembradíos completos. Los cultivos que presentan mayor impacto son las hortalizas, plantas jóvenes de árboles frutales, forestales y ornamentales de América Tropical y Subtropical (Ricci *et al.* 2005). Aunque se han calculado grandes pérdidas económicas no se tiene una cifra exacta sobre las pérdidas reales.

Los pobladores de la Vereda La Rivera, Municipio de Timbio, Departamento del Cauca, han convivido en sus fincas con las hormigas cortadoras de hoja o arrieras, las cuales han devastado los cultivos generando un conflicto entre la productividad agrícola y estos insectos. Frente a este problema, los moradores han optado por la utilización de métodos químicos que propician el deterioro del suelo y con ello pérdidas económicas. Entidades gubernamentales como la CRC han tratado de colaborar en el control de esta plaga a través del uso de máquinas termonebulizadoras, método que también deteriora los suelos y por ende los cultivos, además de tener poca eficacia en el control. Por esta razón, surge la idea de utilizar un tratamiento biológico obtenido a partir de extractos de ruda y veranera, de fácil manejo, económico y que no cause efectos secundarios sobre el medio ambiente. Frente a esta situación, mediante este trabajo se realizó un manejo comunitario de la hormiga arriera (*Atta spp*) de acuerdo a los resultados obtenidos a partir de un inventario y la identificación taxonómica de los organismos presentes en los hormigueros de cuatro (4) fincas. Para ello, se utilizó extractos vegetales (veranera y ruda), con el propósito de contribuir a que el agricultor solucione el problema a un bajo costo y con el mínimo impacto ambiental.

Dado que las hormigas cortadoras de hojas se consideran una plaga y que en el departamento del Cauca han sido pocos los trabajos sobre manejo y control biológico con participación de la comunidad, se pretende en las zonas agrícolas de la vereda La Rivera, efectuar un control y manejo de manera natural, eficaz y económico evitando el efecto adverso que produce la hormiga arriera en esta región. De este modo, con este proyecto se buscó minimizar los efectos secundarios hacia el medio ambiente causado por métodos químicos y mecánicos

que han contribuido con el deterioro de los suelos y las aguas de esta vereda, a través de la utilización de extractos naturales en el manejo de este insecto.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia comunitaria para el control y manejo de la hormiga arriera en la vereda la Rivera, Municipio de Timbio, Departamento del Cauca, con el aporte de los conocimientos biológicos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las especies de hormiga arriera encontrada en la vereda la Rivera.
- Realizar un inventario de los hormigueros de hormiga arriera, en la vereda La Rivera.
- Comparar la eficacia de los extractos obtenidos de ruda (*Ruta graveolens*) y veranera (*Bougainvillea spectabilis*) en el control de la hormiga arriera en la vereda.
- Realizar talleres comunitarios de forma lúdica en donde se enseñarán las técnicas de aplicación y los beneficios de la utilización de los extractos.

### 3 MARCO TEÓRICO

En la actualidad existen más de 21.000 especies de hormigas, agrupadas en 574 géneros, de las cuales, en el Neotrópico, viven más de 2.162 especies. De estas, solo dos géneros son cortadoras de hojas: *Atta* y *Acromyrmex*, que son consideradas de alta sociabilidad entre los insectos (Agosti y Alonso 2000). Las hormigas son organismos caracterizados por el cuidado cooperativo de las crías, sobreposición de generaciones de obreras dentro de la colonia y el desarrollo de un avanzado sistema de castas (Wilson 1971). Las castas son grupos de miembros especializados de la colonia que ejecutan diferentes funciones y difieren en forma, se dividen en reina y obreras, subdividiéndose de acuerdo a su tamaño en: cortadoras, escoltas, cargadoras, jardineras y soldados; además hembras vírgenes y machos (Universidad tecnológica del Choco, 2002).

La reina posee el mayor tamaño y su función es colocar los huevos (1.500.000 huevos/año) que van a dar origen a nuevas obreras de todos los tipos de castas existentes, para el desarrollo de las actividades necesarias dentro del nido, ellas pueden llegar a vivir hasta veinte años (Vergara 2005, Varón *et al.* 2004, Fernández 2003).

La casta obrera es la que realiza la mayoría de tareas en el nido, como recolección de alimento, asistencia a la cría, mantenimiento y defensa del nido; son estériles y es la casta con mayor número de individuos (Universidad tecnológica del Choco, 2002). Las exploradoras son las encargadas de hallar la vegetación necesaria para la producción del hongo, así mismo poseen una sustancia química que les sirve de guía y huella a las cortadoras. Estas últimas tienen como función cortar las hojas del material vegetal y transportarlos hasta el nido; las cargadoras son las que también ayudan a transportar material vegetal como también cumplen la función de extraer tierra sobrante al hacer los túneles. Las escoterías son pequeñas hormigas que trepan a las hojas y las limpian durante el trayecto; jardineras es otro grupo de castas facultadas para masticar las hojas, cultivar el hongo, cuidar la reina, larvas, trasladar huevos y pupas dentro y fuera del nido; por último los soldados son hembras con mandíbulas modificadas de gran tamaño y su función es la defensa del nido, esta casta solo existe en el género *Atta*.

Las princesas o hembras fértiles aladas, así como los machos, solo los produce la reina en ciertas épocas del año y su función primordial es la de perpetuar la

especie al formar nuevos hormigueros (Universidad Tecnológica Del Choco, 2002).

### **3.1 Hormigas como indicadoras de diversidad**

Las hormigas son consideradas como indicadoras por su alta diversidad, abundancia en casi todo tipo de ambientes, alta funcionalidad dentro de los ecosistemas, respuesta rápida a cambios ambientales, facilidad de muestreo y resolución taxonómica relativamente buena (Alonso y Agosti, 2000; Andersen 1997; Peck *et al.* 1998). Lastimosamente al elegir un sujeto de estudio adecuado hace falta un buen conocimiento biológico y ecológico de las especies, lo cual, para las hormigas, es especialmente deficiente en el neotrópico (Alonso y Agosti 2000).

Un indicador negativo es por lo general una especie oportunista, relacionada con la perturbación humana (Feinsinger, 2001). Cuando éste aparece es señal de que algo no anda bien con la biota nativa o con la integridad ecológica del paisaje. Se propone a los grupos generalistas de formicidae como un indicador negativo a la hormiga cortadora de hojas o arriera entre las hormigas (Andersen 1990). Precisamente a este grupo pertenece la hormiga de fuego *Wasmannia auropunctata*, cuya utilidad, como indicadora de diversidad de hormigas (Armbrecht y Chacón 2003), hallando una correlación negativa significativa, entre la frecuencia de captura de *W. auropunctata* y la riqueza total de hormigas, en fragmentos de bosque seco tropical en Colombia.

### **3.2 Hormigas como plagas**

La hormiga arriera es capaz de destruir plantaciones completas de cultivos de importancia económica, debido a que cortan el tejido de las plantas y lo transportan a sus nidos subterráneos donde lo utilizan para el cultivo de un hongo basidiomiceto, que es su alimento principal. Por otra parte, los grandes hormigueros causan erosión en los suelos deteriorando la productividad en las fincas (Herrera 2009). Varias especies de *Atta* están incluidas entre las principales plagas de América del Sur (Delabie 2000; Fowler *et al.* 1990)

En áreas agrícolas, forestales y urbanas esta hormiga influye en diferentes aspectos de la ecología de las plantas, pudiendo alterar desde la cantidad de luz

disponible (Barone y Coley 2002) hasta el reciclaje de nutrientes (Farji-Brener 1992; Barone y Coley 2002). En Colombia, Madrigal (2003) registra que las arrieras atacan tanto especies cultivadas como forestales, malezas y plantas ornamentales; principalmente la especie *Atta cephalotes* es de las más voraces ya que limita el cultivo atacando las plántulas sobre todo a las que se encuentran entre 3 a 9 meses de edad obstaculizando la regeneración de las áreas verdes, alcanzando el nivel de plaga ocasionando pérdidas económicas no cuantificadas (Gómez 2001). Lastimosamente en términos de daños provocados por ellas, los estimativos numéricos son escasos. En el Brasil, los datos son en su mayoría empíricos, de tal forma la cuantificación se ha vuelto inadecuada; por ejemplo en cultivos de eucaliptos el 30% de los gastos en el manejo de la plantación son atribuidos al control de las hormigas cortadoras de hojas (Alipio 1989); eso corresponde al 7.41% del precio de la madera en pie. El deshoje total de los árboles causa una reducción de cerca de 11mm en el diámetro y 0.7 m en la altura de *Eucalyptus grandis*. Eso puede significar una pérdida de 13% del volumen de la madera (Oliveira 1996).

De manera similar, en Venezuela, *Atta* spp. y *Acromyrmex* spp. Son limitantes al establecimiento y desarrollo de plantaciones comerciales de *Pinus caribaea*. Se ha establecido que en poblaciones mayores a los 30 nidos de *Atta* por hectárea, en plantaciones de menos de 10 años de edad, el volumen de producción de madera puede reducirse en más del 50 % (Fernández y Jaffé 1995). Por otra parte existen antecedentes de que un hormiguero adulto de *Atta* sp. puede provocar la pérdida de 3.6 toneladas de caña de azúcar por año; eso significa aproximadamente la pérdida de 450 Kg. de azúcar o 300 litros de alcohol (Dow Agrosiences 1998).

En áreas urbanas, además de invadir las zonas verdes causando gran defoliación de la vegetación situados en los alrededores del nido (Chacón 2003) ocasionan desestabilización y hundimiento de cimientos de construcciones a tal punto que en Bahía, Brasil, se reparaban 300 a 500 edificios por año atribuidos al colapso de nidos de esta hormiga (Bondar 1939).

### **3.3 Hormigas cortadoras de hojas**

Las hormigas cortadoras de hojas y conocidas en Colombia como arrieras, están representadas por dos géneros: (1) *Atta*, que tiene registradas catorce especies de las cuales cuatro han sido registradas en Colombia (*A. sexdens*, *A. laevigata*, *A. colombica* y *A. cephalotes*) y (2) *Acromyrmex*, que está representado por



veintitrés especies con cuatro de ellas en el país (*Ac. octospinosus*, *Ac. aspersus*, *Ac. landolti* y *Ac. rugosus*), (Universidad Tecnológica del Choco 2002).

El género *Acromyrmex* se caracteriza por tener de 4 a 5 pares de espinas dorsales, muchas espinas en los lóbulos laterales de la cabeza, abdomen con sedas engrosadas en la superficie irregular, con tubérculos y siempre opaca, poca diferencia de tamaño entre castas; las obreras miden entre 0.8mm-1.0cm. Los montículos tienen forma cónica, poca tierra excavada en el aglomerado, escasa actividad visible, pocas cámaras internas, profundidad de las cámaras hasta 1m. Por otra parte, el género *Atta* posee 3 pares de espinas dorsales, no más de 1 espina en los lóbulos laterales de la cabeza, abdomen con sedas y superficie lisa, puede ser opaca o brillante, notable diferencia entre castas, las obreras miden hasta 1.5cm, entradas del nido de forma cónica y pronunciada, gran cantidad de tierra excavada en el conglomerado central, actividad intensa, muchas cámaras internas, profundidad de la cámara de hasta 3 metros (Argüello y Glanstone 2001) (Figura 1).



**Figura 1.** Diferencias morfológicas entre especímenes y nidos de los géneros de hormigas forrajeras *Acromyrmex* (izquierda) y *Atta* sp (derecha). Adaptado de Argüello y Glanstone (2001).

### 3.3.1 Ciclo De Vida

El tiempo que dura cada etapa del ciclo de vida por la que pasa la hormiga cortadora de hojas, muestra una serie de cambios que se encuentran determinados por el tipo de hongo con el que va a alimentar la larva y posteriormente los adultos; además las condiciones ambientales en especial la temperatura, son importantes para el desarrollo de cada estadio.

El ciclo de vida de la hormiga cortadora de hojas o arriera se divide en tres fases: fundación, crecimiento y reproducción.

La fundación de la colonia se inicia cuando la reina encuentra el lugar adecuado para la nidificación, después de que ha realizado el vuelo nupcial, la reina posee la capacidad de desplazamiento de hasta 10 kilómetros para conformar una nueva colonia. Cuando la reina llega al suelo desprende de su cuerpo las alas con movimientos fuertes contra el suelo o utiliza sus mandíbulas, luego se dispone a excavar un orificio en la tierra para así formar una nueva cámara entre 25 y 30cm, se puede observar una elevación de tierra sin orificio. Ya dentro de la cámara la reina deposita el hongo simbiótico que trae en su cavidad infrabucal desde el nido matriz o madre, para dar inicio al cultivo del hongo y la ovoposición de huevos, donde algunos de ellos son utilizados como alimento de la colonia en formación mientras las obreras recorren el lugar para escanear la fuente de alimentación que tendrá el nido (Varón *et al.* 2008, Vergara 2005, Fernández 2003)

La colonia inicia la fase de crecimiento cuando la primera generación de obreras entra en maduración (Vergara 2005, Fernández 2003). La colonia solo emerge al exterior cuando las obreras comienzan a construir el nido y generan una serie de actividades de acuerdo a la casta que pertenecen; las actividades se centran a recolectar alimento y a la crianza de nuevas obreras (Wilson 1971, Tschinkel 1993) (Tabla 1).

**Tabla 1. Duración de cada estadio de la hormiga cortadora de hojas durante la formación de nuevas colonias (Vergara 2005).**

Estadio	Tiempo
Penetración de la reina en el suelo y formación de la primera cámara	10 horas
Primer huevo al primer adulto	62 a 66 días
Apertura de la primera boca del nido	90 días
Aparición de los soldados	22 meses
Primer vuelo nupcial	38 meses

La reina pone huevos no fertilizados que se convertirán en machos alados y los huevos fertilizados tendrán como destino ser hembras aladas. Los alados generalmente vuelan de otros nidos cercanos, por lo general al inicio de lluvias, cuando las condiciones ambientales sean favorables para el vuelo nupcial; preferiblemente en horas de la madrugada y sin lluvia. Vuelan lejos del nido matriz buscando pareja de otros nidos. En cada vuelo nupcial las hembras nuevas alcanzan vuelo después de los machos; de cada nido salen aproximadamente 18.000 alados (3000 hembras y 15000 machos), cada hembra es fecundada por ocho machos que garantiza la reproducción de 10 a 20 años. Los machos mueren un poco después de haber copulado y las reinas buscan un lugar para la nidificación completando el ciclo de vida de esa colonia (Vergara 2005, Fernández 2003, Vaccaro y Mousques 1997, Longino y Hanson 1995) (Tabla 2).

**Tabla 2. Tiempo de vida de los diferentes estadios de la hormiga arriera o cortadora de hojas (Universidad del Choco, 2002).**

Estadio	Tiempo
Adultos: reina	10 - 20 años
Machos	1 - 4 meses
Huevos y larvas	15 - 20 días
Pupas	15 - 21 días

Por otra parte las hormigas cortadoras de hojas deciden donde y cuando se construirá el nuevo nido en relación con las variables climáticas, esto se ha logrado desarrollar por comportamientos particulares en insectos sociales (Weidenmüller 2002). Los nidos poseen características particulares como en su forma y composición (Bollazi y Roces 2007). Por ejemplo los nidos pueden actuar

como una barrera aislante reteniendo el calor interno de este (Coenen-Stass *et al.* 1980); o promoviendo la ventilación para el intercambio gaseoso con el medio ambiente (Korb 2003).

### **3.4 Actividades que realiza la colonia**

Una colonia tiene tres actividades primordiales que son: corte y transporte de material vegetal, cultivo del hongo y disposición final de deshechos.

El corte y transporte de material vegetal se realiza de forma selectiva en cuanto al tipo y calidad de las hojas, es así que en el género *Atta* tiene un especial proceso de búsqueda del material vegetal, debido a la participación en masa de sus obreras, ya que tienen un flujo continuo de transporte (Burd 2000), por lo tanto, la cosecha y el uso del tejido de la hoja implica una combinación de la acción de factores individuales y de grupo; pero cuando el material vegetal disminuye tienen la capacidad de utilizar hojas menos preferidas (Longino y Hanson 1995). El contenido de agua en el material vegetal es indispensable para disminuir el contenido tóxico del material forrajado y las colonias probablemente presentarán variaciones en el requerimiento de agua (Longino y Hanson 1995). El forrajeo va a variar en cuanto a la colonia. Dentro del nido el material vegetal colectado pasa por una serie de procesos de preparación, antes de incorporarse al lugar donde se encuentra el hongo. Primero cortan en porciones pequeñas el material vegetal y se le remueve la superficie cerosa y se macera. Posteriormente, la casta de hormigas jardineras agrega materia fecal que contiene enzimas como proteasas, que se han adquirido por el consumo del hongo y que no han podido ser degradadas en el sistema digestivo de las hormigas. El sustrato preparado lo coloca en una recámara, donde el hongo inocula el micelio, que después de 24 horas se cubre totalmente penetrando a través de los cortes del parénquima esponjoso y de empalizada. Finalmente el alimento de la hormiga son las protuberancias del hongo de forma esférica que tienen una longitud de 20 a 30 micrómetros, conocidas como gongilidios desarrollados en los extremos de las hifas (Vergara 2005, Mohali 1998).

Los géneros *Atta* y *Acromyrmex* representan el más complejo y eficiente cultivo de hongos conocidos hasta la fecha (Currie 1999; Hinkle 1994; Mueller 1998). Lastimosamente la taxonomía de este grupo de hongos no está clara, y posee varios nombres como *Rozites gongylophora*, *Leucoco prinus gongylophorus*,

*Leucoagaricus gongylophora* y *Agaricus gongylophora* pero para efectos más prácticos se recomienda utilizar el nombre de *Attamices* sp.

Cuando el sustrato vegetal ha cumplido su función portando los nutrientes necesarios para el cultivo del hongo, y el hongo ha terminado su ciclo de vida, son llevados por las obreras cargadoras hacia el depósito de desechos el cual el hongo simbiótico se ha considerado muerto cambia de color gris a marrón (López y Orduz 2002); igual son conducidas aquellas hormigas enfermas o muertas. La materia orgánica que se obtiene por los desechos de la hormiga arriera o cortadora, tiene un aporte grande en cuanto a bioelementos. Al analizar el contenido nutricional de los desechos frescos, los cuales se pueden utilizar como abono orgánico; se ha encontrado que suministran fosforó, nitrógeno y potasio en mayor proporción a otros abonos tradicionales. La riqueza nutricional del suelo, desecho por las, hormigas es reconocido por las comunidades rurales de diferentes partes del suroccidente colombiano, que lo utilizan para diferentes cultivos de plantas, como por ejemplo plantas medicinales y ornamentales, entre otras. En algunas zonas urbanas del país, se ha utilizado el desecho de la hormiga para comercializarlo como abono (Chávez 2006).

### **3.5 Manejo Agrícola de las Hormigas Cortadoras de Hojas o Arrieras**

La distribución y abundancia de la hormiga arriera se asocia a la modificación de los hábitats terrestres, y se encuentran frecuentemente en territorios perturbados que han sido desprovistos de la vegetación natural para establecer cultivos agrícolas y donde los enemigos naturales, principalmente competidores y depredadores, han sido eliminados (Ugalde 2002, Patterson 1993).

El manejo de la población de la hormiga arriera requiere el uso de diversas técnicas y productos, que son costosos, complicados y rara vez eficaces, a largo plazo, debido a varios factores, entre ellos: su adaptabilidad y distribución en campos agrícolas y urbanos con diversas características edáficas y climáticas (Arguello y Gladstone 2001).

La difícil y compleja estructura interna de los nidos, como la rigurosa limpieza interna realizada por las hormigas, ha generado una protección higiénica del nido, ayudando a prevenir la contaminación microbiana de este. El cuidado de la reina se lleva a cabo en las cámaras del nido donde es protegida por las obreras, lo que permite la supervivencia de la colonia. Otro aspecto importante a tener en cuenta,

es que las hormigas son muy diversas en cuanto a su alimentación; puede cambiar fácilmente su preferencia por el material vegetal, en ausencia de una planta en especial; lo que sí es bien sabido es que el hongo simbionte es la única fuente de alimento de las larvas de hormigas cortadoras, éstas deben cultivarlo con hojas que posean características que permitan su adecuado crecimiento, por lo que escogen follaje rico en agua, nitrógeno y fósforo pero bajo en fibra (Berish 1986; Barone y Coley 2002) y manganeso ya que este elemento interfiere con la actividad metabólica del hongo simbionte (Rodríguez 2008).

El interés que se ha tenido por minimizar el daño que ocasionan las hormigas cortadoras de hojas o arrieras a cultivos y otras plantas de interés económico data desde el año 1947, periodo en el cual se definieron prácticas y estrategias que permitieran un buen manejo como la utilización de controles biológicos, químicos, mecánicos y hasta culturales; donde no todos los tratamientos han sido eficaces. Los de mejor resultado y con mínimos efectos secundarios al ambiente han sido los métodos biológicos, ya que los métodos químicos no han tenido el efecto esperado y han deteriorado el medio ambiente.

### **3.6 Control Biológico y Químico**

Para el manejo comunitario y el control de la hormiga arriera se debe tener en cuenta el manejo integrado de la plaga, este debe estar orientado en la prevención de la formación de nuevos hormigueros, y el control de hormigueros medianos y pequeños.

Actualmente existen tres tipos de control (Biológico, químico y mecánico); pero los más conocidos son los dos primeros.

#### **3.6.1 Control químico**

El método más generalizado para el combate de esta plaga ha sido exclusivamente con productos químicos, que tienen como desventaja alta toxicidad, la destrucción de la fauna, entre los que se encuentran los enemigos naturales, además de seleccionar genotipos resistentes a estos compuestos (Cherret 1986).

Los productos químicos que mejor resultado han mostrado para control de hormiga son los siguientes: diflubenzuron (Dimilin® 4L, Dimilin® 2F, Formilin) y clorpirifos (Lorsban 48% EC). Para una mayor eficacia el producto debe aplicarse con insufladora, para ello 24 a 48 horas antes de su aplicación debe removerse la tierra suelta ubicada en la superficie de los nidos, para identificar los canales activos y garantizar que el suelo esté seco hasta unos 30cm de profundidad. La dosis recomendada es 10g de ingrediente activo por m<sup>2</sup> de hormiguero (Hernández 2006).

En evaluaciones hechas en *Eucalyptus urophylla* en Villanueva (Casanare), se encontró que con el Diflubenzuron, como producto activo, utilizado como cebo controlaba en un 100% los “hormigueros”, al cabo de 45 días. Su acción producía que la reina abandone la recámara principal (la más profunda) y muera cerca a la superficie o donde el hongo no estuviera contaminado por el insecticida (Gasca 1992).

En Colombia, los cebos más utilizados son Attamix SB con Lorsband como insecticida y Blitz con el ingrediente activo denominado fenil-pirzol. Los cebos deben protegerse de la humedad, y deben aplicarse en senderos y cerca de las bocas principales del hormiguero a 15 cm de distancia; así mismo, es necesario abstenerse de aplicar repetidamente el mismo cebo en el mismo hormiguero, en un lapso menor a cuatro meses. La cantidad de cebo depende del número de bocas del hormiguero, así: una boca 10g, dos o tres bocas 20g, cuatro o seis bocas 30g, siete a nueve bocas 60g y más de diez bocas 100g (López y Orduz 2002).

### **3.6.2 Control biológico**

Tratamientos biológicos como la fabricación de cebos a partir de salvado de trigo, jugo de naranja y hongos *Beauveria bassiana* y *Metharrizium anisopliae* han resultado eficaces hasta casi un 100% en condiciones de campo y laboratorio, comparado con el metil pirimifos el cual es un tratamiento químico pero con una eficacia del 60% después de haber sido aplicado en una semana. Lo que se logró con estos dos métodos fue el cambio de comportamiento en la actividad de forrajeo de las hormigas (López y Orduz 2002).

Otro claro ejemplo de la efectividad de los controles biológicos frente a los químicos es la utilización de plantaciones de arboloco (*Montanoa quadrangularis*

(Asteraceae)) asociadas y abonadas con follaje verde de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Asteraceae)). Estas observaciones plantean un efecto disuasivo de esta planta sobre el forrajeo de las hormigas (Rodríguez 2008).

Algunas plantas causan perjuicio al hormiguero porque al parecer inhiben el crecimiento del hongo simbionte, como es el caso del Higuerrillo (*Ricinus comunnis*), Ajonjolí (*Sesamuro indicum*), Centrosema (*Centrocema brasilianus*) y la batata dulce (*Ipomoea batata*). En Antioquia y la Costa Atlántica se han sembrado canavalia (*Canavalia ensiformis*) y aunque no se tiene claridad sobre el efecto los agricultores aseguran que funciona (Madrigal 2003).

A partir de estos antecedentes, las plantas aromáticas y medicinales son la gran esperanza para el control de esta plaga, se conoce que las plantas poseen ciertas defensas contra el ataque de los herbívoros. Estas pueden ser físicas (presencia de tricomas, dureza de las hojas); fisiológicas (calidad nutritiva variable para cada hoja, expansión foliar rápida, verdecer tardío) o químicas, las cuales pueden ser constituidas o inducidas (mediante presión de herbivoría) pero que en todo caso pueden resultar tóxicas para los insectos o hacer a las plantas menos digeribles para el herbívoro a través de la producción de metabolitos secundarios (Barone y Coley 2002) tipo terpenoides (Villegas 2003), derivados fenólicos, taninos, cumarinas, alcaloides y flavonoides. Muchas especies de Asteraceae, entre ellas el botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) (Rodríguez 2008), producen flavonoides (La Duke 1982) y lactonas sesquiterpénicas (De Simoni 2004) (metabolitos secundarios incoloros, amargos y relativamente estables) sustancias con efecto alelopático sobre otras plantas (Taiwo y Makinde 2005); otra planta importante es la ruda (*Ruta graveolens* L.) de la familia de las rutáceas, arbustiva aromática perenne de hasta 150 cm de altura. Tallos erectos, ramificados. Hojas carnosas verde-amarillentas, muy divididas, provistas de glándulas que le proporcionan su particular olor, no muy agradable. Flores con 2 cm, con pétalos ligeramente dentados. Frutos en capsula. De hábitos ornamentales, puede aparecer en algunos campos de cultivos o campos abandonados. Como principios activos posee: aceite esencial rico en ácidos (anisico, caprilico y salicílico), terpenos (limoneno, pineno y cileol); 2- undecanona, metilnonilcetona, metilnonilcarbinol; alcaloides (arborinina, graveolina, graveolinina, skiaminina, dictamnina, citisina, cogusagisina; taninos; Cumarinas especialmente furocumarinas como el bergapteno; rutina; principios amargos y vitamina C (Carvajal 2004).

La Veranera (*Bougainvillea spectabilis*), es un arbusto, con frecuencia trepador, generalmente con espinas, hojas alternas, enteras ovadas, elípticas lanceoladas,



flores pequeñas dentro de brácteas vistosas, de color morado, blanco, anaranjado o rosado de hábitos ornamentales y de usos medicinales (Carvajal 2004).

### **3.7 Antecedentes**

Los productos químicos destinados a controlar plagas y enfermedades en los vegetales no han tenido el efecto esperado por los agricultores siendo poco eficaces en la producción agrícola. En los últimos años, en la búsqueda de un equilibrio entre el ambiente, la producción y el hombre, se ha desarrollado un nuevo concepto de protección de cultivos mediante controles biológicos con plantas para la disminución de plagas como la hormiga arriera, buscando una acción específica sobre el objetivo, como el Impacto bajo o nulo en el cultivo (Molina 2001). Debido a esto la mejor alternativa se ha centrado en las plantas, las cuales en conjunto, producen más de 100.000 sustancias de bajo peso molecular conocidas también como metabolitos secundarios, los cuales normalmente no son esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran algunos terpenos, lignanos, alcaloides, azúcares, esteroides, ácidos grasos, etc. Semejante diversidad química es consecuencia del proceso evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano, o la predación de insectos y animales (Dixon 2001). A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos, aparecen los insecticidas botánicos que ofrecen seguridad para el ambiente y son una eficiente opción agronómica (Céspedes *et al.* 2000; Medina 2001).

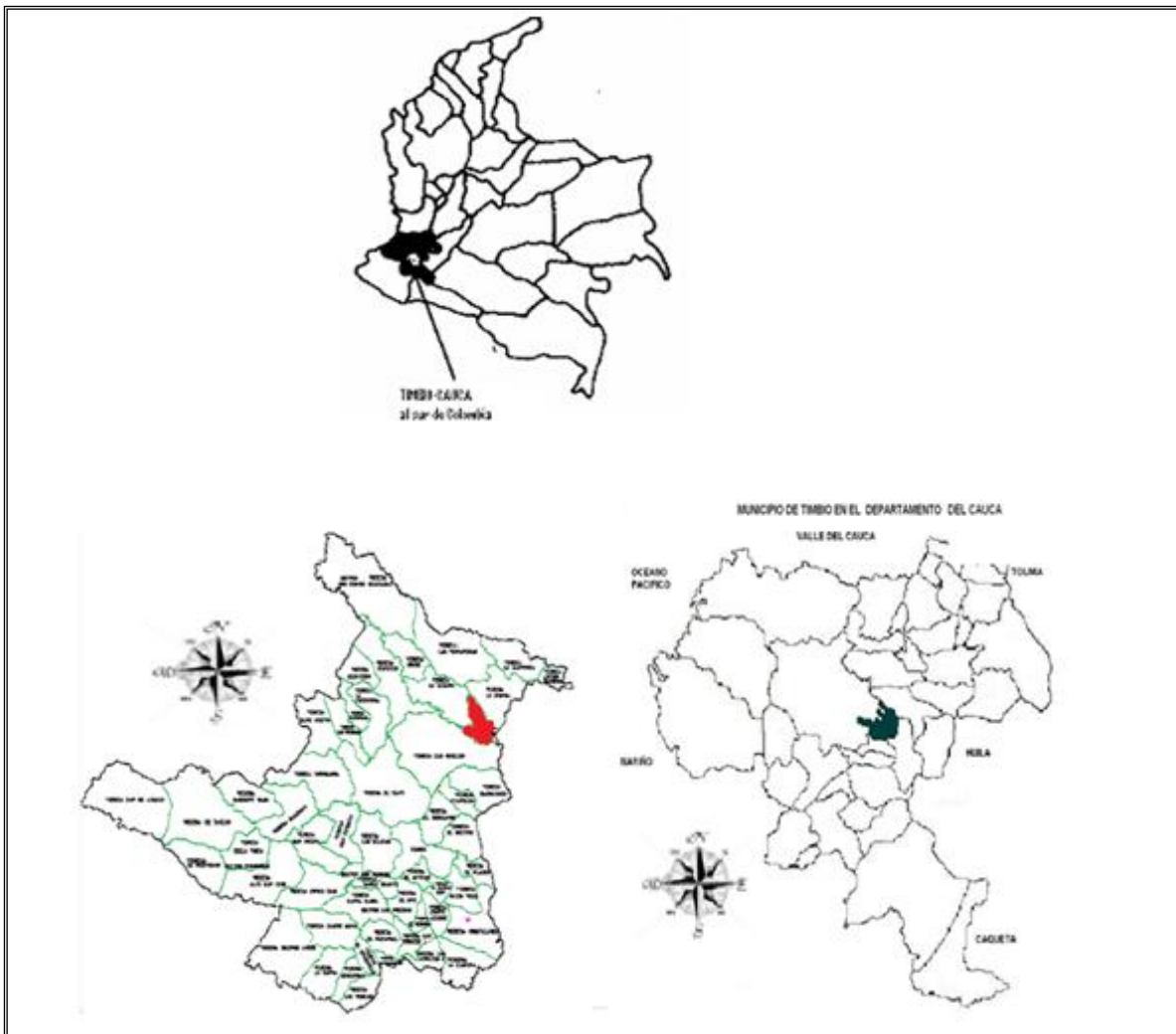
La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida, es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Esto lo pueden hacer de varias maneras: Reguladores de crecimiento, inhibidores de la alimentación y repelentes (Silva *et al.* 2002). En la literatura aparecen descritos alrededor de 866 diferentes plantas que funcionan como insecticidas, las plantas más conocidas y más usadas al nivel mundial son el melón, ají, tomate, repollo, remolacha, auyama, lechuga, sandía, pepino, etc. (Brechelt 2004).

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Área de Estudio

El Municipio de Timbío está ubicado entre la zona intertropical y cuenta con un clima tropical caracterizado por dos épocas de lluvia y dos relativamente secas durante todo el año. El comportamiento Pluviométrico del Municipio se caracteriza por ser bimodal, presentando una época de lluvia entre los meses de Octubre - Mayo y una época relativamente seca entre los meses de Febrero-Septiembre. Esta situación hace que la región tenga como renglón principal en su economía, el sector agropecuario, con cultivos medianamente tecnificados como café, plátano, yuca, maíz, frijol y algunos frutales; por tal razón, esto favorece la proliferación de la hormiga arriera debido a que su modo de vida se adapta a estas condiciones.

La zona en donde se establece el estudio incluye el polideportivo de la Vereda La Rivera, ( $2^{\circ}23'51.3''N$  y  $76^{\circ}39'17.5''O$ ) y las fincas “El Vergel” ( $2^{\circ}23'56.7''N$  y  $76^{\circ}39'32''O$ ), “El Guayabal” ( $2^{\circ}23'52.7''N$  y  $76^{\circ}39'19.1''O$ ), y “El Progreso” ( $2^{\circ}24'3.8''N$  y  $76^{\circ}39'23.6''O$ ), (Figura 2). Esta vereda pertenece al distrito número uno del municipio de Timbio, departamento del Cauca. Se ubica a  $2^{\circ}23'51.3''$  de latitud Norte y  $76^{\circ}39'17.5''$  de longitud Oeste; con una altitud de 1834 m.s.n.m. y una temperatura que comprende una mínima de  $18^{\circ}C$  y una máxima de  $24^{\circ}C$ .



**Figura 2.** Localización geográfica de la vereda La Rivera, Municipio de Timbio, Departamento del Cauca. Fuente:(<http://timbio-cauca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-m1--&x=1405921>).

## 4.2 Fase de Campo

### 4.2.1 Colecta de Hormigas

Se realizó una colecta manual de las hormigas de manera aleatoria en la salida de los hormigueros, colocándolas en un recipiente plástico con alcohol al 70% para ser etiquetadas posteriormente (Figura 3).



**Figura 3.** Colecta de hormigas, **(a)** Colecta manual a la salida de los hormigueros, **(b)** Alcohol al 70%, **(c)** Tarros plásticos para recolectar la muestra, **(d)** Muestra etiquetada.

#### 4.2.1 Inventario de Hormigueros

Se realizó un inventario de todas las colonias de la hormiga cortadora de hojas, existentes en las fincas de estudio. La ubicación, el tamaño y la descripción del nido, fueron dispuestos en un formato para posterior entrega de información y socialización a los propietarios.

El tamaño del hormiguero es importante para determinar el tipo de control a aplicar, su medición se hizo de la siguiente manera: una vez limpiado el hormiguero, se señalaron las bocas más extremas, obteniendo como resultado final, el área del hormiguero (Gobernación del valle del Cauca, 2005). Se demarcaron todas las bocas existentes y los caminos por donde las obreras llevan

el material vegetal. Los hormigueros se clasificaron de la siguiente manera (Figura 4):

Nido pequeño: Menor a 1 m<sup>2</sup>

Nido mediano: De 1 a 10 m<sup>2</sup>

Nido grande: Mayor a 10 m<sup>2</sup>

Se seleccionaron seis hormigueros por cada finca (dos hormigueros medianos, dos pequeños y dos que se utilizarán tanto pequeños como medianos, como blancos), para la aplicación de los tratamientos.

Adicionalmente se realizó un calendario para el seguimiento del vuelo nupcial que es la parte del ciclo de la hormiga arriera donde se forman las nuevas colonias.

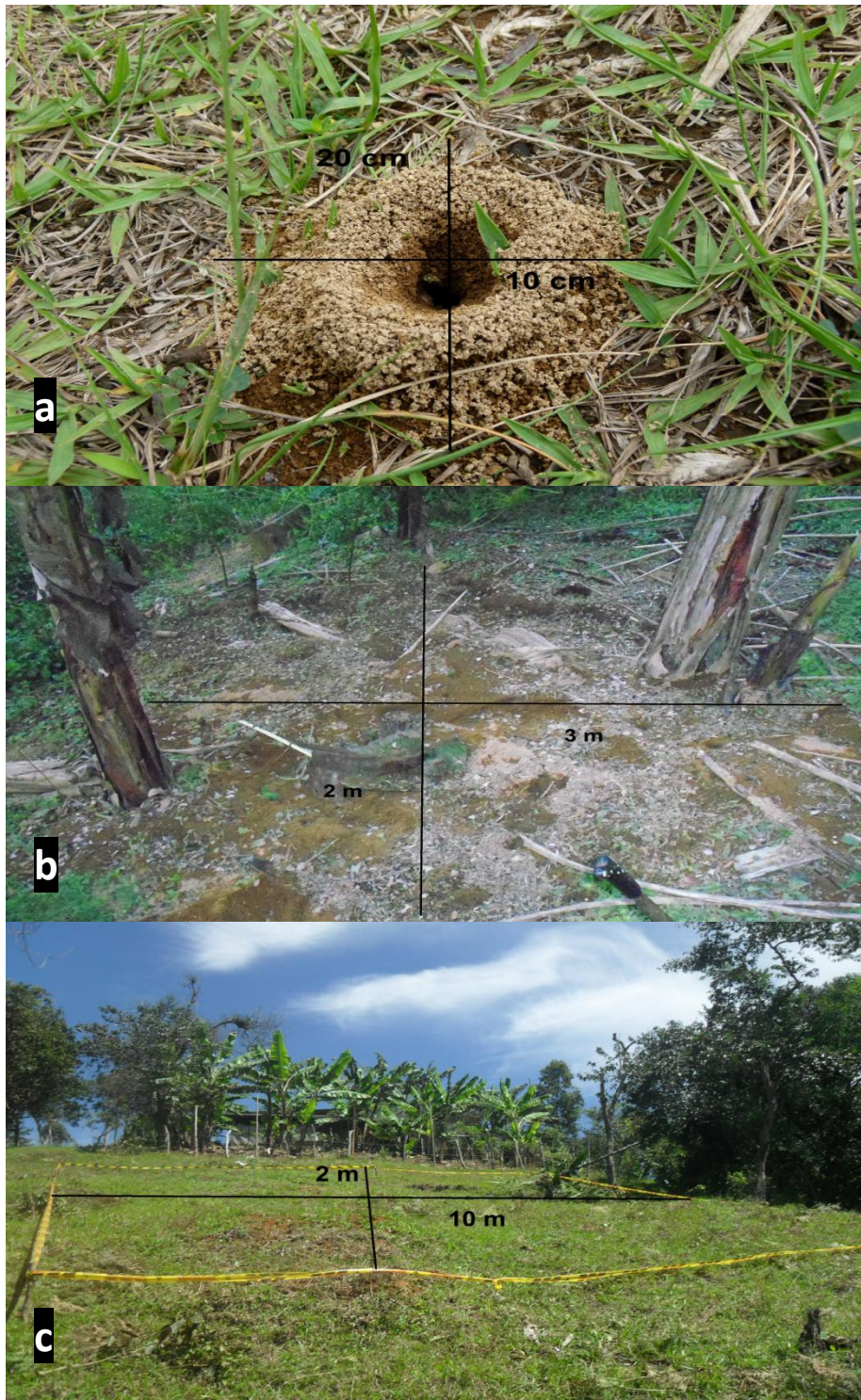


Figura 4. Nidos (a) Nido pequeño, (b) Nido mediano, (c) Nido grande

#### 4.2.2 Aplicación del Tratamiento

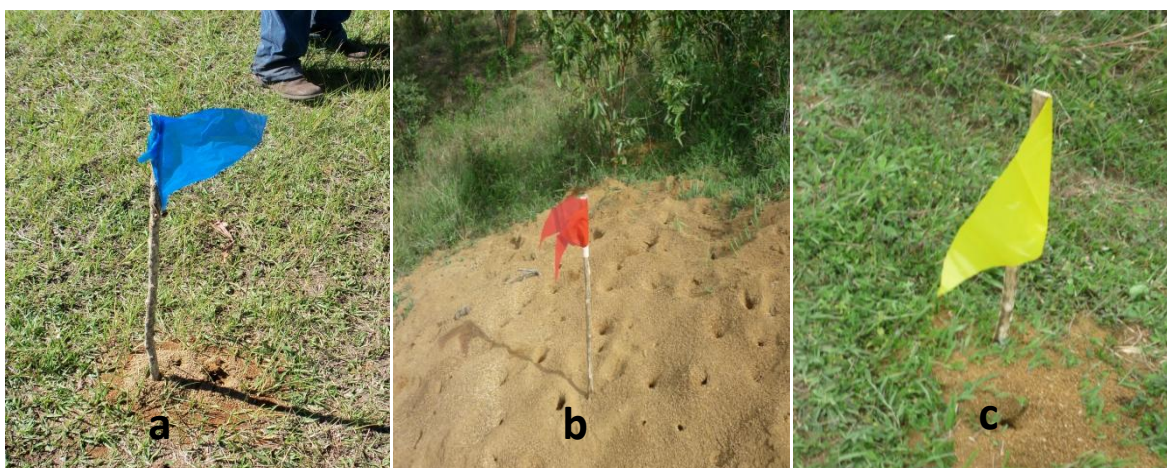
A cada hormiguero se le realizó una limpieza del área para identificar las bocas activas y orificios de aireación. Estos se ubicaron en los mapas que se realizaron en cada finca y la zona en general, para llevar el control y evolución de cada uno de ellos.

Una vez escogidos los hormigueros se marcaron con banderas de diferente color con el fin de facilitar su ubicación y control, evitando la confusión en el momento de realizar los tratamientos (Figura 5). Las banderas utilizadas fueron:

**Azul:** El hormiguero inventariado

**Rojo:** El hormiguero tratado

**Amarillo:** El hormiguero controlado



**Figura 5. (a)** Hormiguero inventariado, **(b)** Hormiguero tratado, **(c)** Hormiguero controlado.

La aplicación del extracto, se realizó en tiempo seco, en horas de la mañana (8 am a 11am), justo cuando empieza el trabajo de la casta obrera. Después de aplicado el extracto se hizo un seguimiento durante dos semanas de los efectos producidos tras la aplicación. Los 6 hormigueros seleccionados en cada finca y en el polideportivo, se dividieron en dos grupos para la utilización de los extractos vegetales: Ruda (*Ruta graveolens*) y Veranera (*Bouganvillea spectabilis* L.).

En resumen, en cada finca se seleccionaron 6 nidos (24 en total), a dos de ellos (tanto pequeños como medianos) se les aplicó extracto de veranera y a los otros dos el extracto de ruda; el quinto y sexto nido fueron utilizados como control

utilizando agua. En total, los extractos se aplicaron a 16 nidos, mientras que los 8 restantes fueron utilizados como el blanco de cada tratamiento.

Para el seguimiento de los efectos causados por los extractos sobre los hormigueros, se tuvo en cuenta el número de obreras que salen a forrajear todos los días durante dos semanas, después de la aplicación y cuando el hormiguero tiene basurero, el número de hormigas muertas.

### **4.3 Fase de Laboratorio**

#### **4.3.1 Identificación Taxonómica**

Para la identificación taxonómica de la hormiga arriera, que se encuentra en la zona de estudio, se utilizó un estereoscopio, cajas de petri, pinzas, como también la clave taxonómica de Mackey y Mackey (1986).

#### **4.3.2 Obtención de Extracto Vegetal**

Se define como extracto a los destilados de plantas, solubles en agua, que se pueden mezclar con cremas y geles para mayor potenciación (Institución Educativa Enrique Vélez Escobar 2009).

Para la fabricación y obtención del extracto vegetal se utilizaron dos plantas diferentes: Ruda (*Ruta graveolens* L.) y veranera (*Bougainvillea spectabilis*), con esta última no se ha realizado ninguna investigación para el control de la hormiga arriera, pero con la ruda ya se han realizado aplicaciones del extracto arrojando buenos resultados en laboratorio, pero aún no ha sido probada en campo (Gómez, *et al.* 2009). La obtención del extracto de ruda y veranera se realizó de la siguiente manera:

Una cantidad considerable de material vegetal correspondiente a cada una de estas plantas, se secó a temperatura ambiente en sombra, hasta obtener un secado uniforme; posteriormente, con un molino, se molió el material vegetal obteniendo un polvo (solute) para mezclarlo. Luego, se pesaron con una balanza analítica 100g de la planta y se mezclaron con 100 mL de agua destilada medidos anteriormente con una probeta, además de estos materiales se utilizó un cernidor, cajas de Petri y beakers de 50 ml para luego licuar y filtrar los detritos (Gómez *et al.* 2009) (Figura 6).





**Figura 6.** Fabricación del extracto de ruda y veranera. **(a)** Tamizado del extracto; **(b)** Pesaje del extracto; **(c y d)** Materiales utilizados; **(e)** Mezcla de soluto (extracto vegetal) y solvente (agua destilada); **(f)** Extracto listo para la aplicación en los hormigueros.

La producción de los extractos va ligada al área del hormiguero ya que estos tienen diferentes dimensiones y se trata de hacer un cálculo matemático para abarcar toda el área del hormiguero, aproximadamente 30 mL de extracto por cada m<sup>2</sup> de este (Universidad Tecnológica del Choco 2002) (Figura 7).



**Figura 7.** Aplicación de los extractos. **(a, c, d, f)** Bocas de los nidos; **(b, e)** aplicación con bomba de fumigar.

### 4.3.3 Talleres educativos

Se realizaron dos talleres, uno al inicio del trabajo y el otro al final. Se contó con la participación de la comunidad de la vereda La Rivera. Se trabajaron temas como ecología, biología y hábitos de la hormiga arriera (ciclo de vida, periodo del vuelo nupcial, comportamiento); de igual manera se transmitió como realizar y aplicar los extractos vegetales en los nidos pequeños y medianos, explicándoles a su vez como hacer el seguimiento de la efectividad de cada uno de estos (Figura 8).



**Figura 8.** Talleres educativos para el control y manejo de la hormiga arriera en la vereda La Rivera, municipio de Timbio (Cauca).

#### **4.4 Análisis de datos**

Se usó el paquete estadístico SPSS, con un nivel de significancia máximo del 0.05.

##### **4.4.1 Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Aunque en la presente investigación se plantea un experimento real, este no pudo desarrollarse mediante diseño completamente aleatorio, debido a la imposibilidad de cruzar las unidades experimentales (hormigueros) en factores como finca y tamaño de hormiguero.

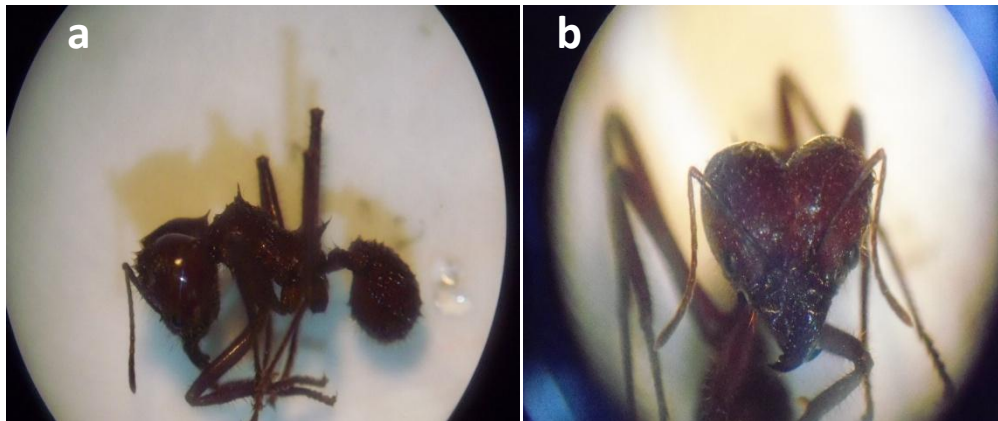
El número de hormigas sobrevivientes correspondientes a los diferentes tratamientos y tamaño del hormiguero (pequeño y mediano) no se ajustan a la distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk por lo tanto la comparación del número de hormigas sobrevivientes entre los diferentes tratamientos y tamaño de hormigueros se hizo mediante la prueba de Kruskal-Wallis; complementando con la prueba de Mann-Whitney para una mejor comparación de estos.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Identificación Taxonómica

De acuerdo con la clave taxonómica de Mackey y Mackey (1986), las hormigas colectadas (reina, soldados, forrajeras) en los hormigueros de las cuatro fincas de la vereda La Rivera, corresponden a la especie *Atta cephalotes*, información que causa preocupación en la región debido a que esta especie presenta una mayor capacidad de corte en los cultivos respecto a otras especies, teniendo preferencia para realizar el forrajeo por más de 39 especies de plantas, entre ellas algunos cultivos de pan coger como la yuca, el maíz, los cítricos (Universidad Tecnológica del Choco 2002).

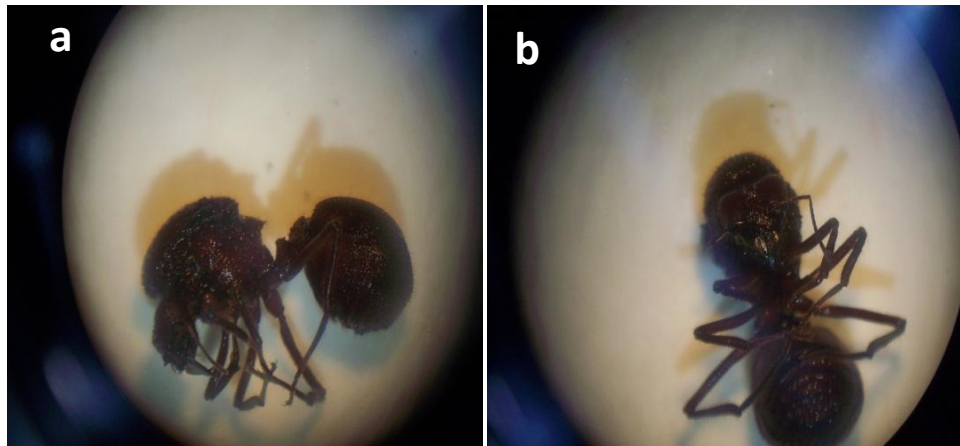
A continuación se muestra los organismos identificados de *Atta cephalotes*: soldado (Figura 9), obrera joven (Figura 10), reina de *Atta cephalotes* (Figura 11).



**Figura 9.** Identificación de soldado de *Atta cephalotes*, **(a)** vista lateral, **(b)** vista frontal.



**Figura 10.** Identificación de obrera joven de *Atta cephalotes* (a) vista lateral, (b) vista frontal.



**Figura 11.** Identificación de reina de *Atta cephalotes*, (a) vista lateral, (b) vista frontal.

La presencia de *Atta cephalotes* en la vereda se debe a que la distribución y abundancia de esta especie está asociada a la modificación de los hábitat terrestres, siendo frecuentes en terrenos antropizados que han sido desprovistos de la vegetación natural para darle paso al establecimiento de cultivos agrícolas, causando con ello la desaparición de los enemigos naturales de las hormigas, como lo son sus competidores y depredadores que actúan como controladores biológicos de la población de hormigas (Ugalde 2002, Patterson 1993). A esto se suma el amplio rango de plantas hospederas que le ofrece la zona de estudio a *Atta cephalotes*, la facilidad de esta para cambiar la preferencia en respuesta a la ausencia de una planta específica; así mismo su capacidad para discriminar a hormigas de otra especie, capacidad basada en señales olfativas a través del reconocimiento mediado por secreciones exocrinas, lo cual hace que sea una especie con importante éxito evolutivo favorecido por factores ambientales que facilitan su propagación (Hernández *et al.* 2005).

Vale aclarar que la identificación de esta especie sumada a los factores que limitan la propagación de esta es importante no solo para la comprensión de la ecología, sino también para predecir donde esta especie podría ser capaz de diseminarse en el futuro (Solomon 2007).

## **5.2 Inventario de hormigueros**

Se determinó el área de la finca, el número de nidos y su área promedio. En las fincas “El Guayabal” y “El Progreso” es donde se registró el mayor número de nidos debido a que son las fincas más grandes de las cuatro tratadas, pero como indica la finca “El Vergel” con tan solo 1 Hectáreas posee 14 nidos lo cual nos dice que en proporción al área, esta finca es la que contiene mayor densidad de nidos por m<sup>2</sup> (Tabla 3). La cantidad de nidos encontrados en esta finca puede estar relacionada con la existencia en la misma de cultivos de pan coger como cítricos, yuca, frijol y maíz, plantas de alta preferencia por *Atta cephalotes*; factor que la diferencia de las otras fincas en donde predomina la ganadería y solo se limita a cultivos de café en unas pocas hectáreas. Por otro lado, la finca “El Vergel” se encuentra rodeada por relictos de bosque que favorecen el crecimiento de dichos hormigueros. Para el caso del polideportivo de la vereda, el número de nidos es representativo debido a que está rodeado de huertas caseras y en él nunca han sido tratados los nidos pequeños que se han formado durante el vuelo nupcial.

**Tabla 3.** Inventario de nidos registrados en los sitios de muestreo.

<b>Tamaño del nido</b>	<b>Finca/Área</b>	<b># Nidos</b>	<b>Área Nidos (m<sup>2</sup>)</b>
<b>PEQUEÑOS</b>	Polideportivo (0.1Ha)	5	0.7
	El Guayabal (9Ha)	7	0.44
	El Progreso (7.5 Ha)	9	0.58
	El Vergel (1 Ha)	3	0.65
<b>MEDIANOS</b>	Polideportivo	3	3.83
	El Guayabal	8	4.87
	El Progreso	11	5.59
	El Vergel	7	4.71
<b>GRANDES</b>	Polideportivo	2	12
	El Guayabal	10	20.2
	El Progreso	9	21.3
	El Vergel	4	17.5

En cada sitio de muestreo se determinaron tres (3) nidos, los cuales se trataron con los extractos (ruda y veranera) y el respectivo control (agua). La cantidad de extracto (mL), la cual se aplica de acuerdo al área de cada nido se indica en la Tabla 4.

Una vez aplicados los tratamientos en cada nido, se realizó un seguimiento durante 10 días con el fin de registrar las variables dependientes, que correspondieron al número de hormigas que salían de los nidos pequeños y medianos y al número de hormigas muertas encontradas en los basureros de los nidos medianos (Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3).

**Tabla 4.** Cantidad de Extracto (mL) con el cual fueron tratados los nidos pequeños y medianos. La cantidad corresponde al área (m<sup>2</sup>) de cada nido.

<b>NIDOS PEQUEÑOS</b>					
Área de estudio	Nido	Área (m <sup>2</sup> )	Control (mL)	Extracto ruda (mL)	Extracto veranera (mL)
<b>Polideportivo</b>	1	0.3		9	
	2	0.5			15
	3	0.8	24		
<b>El Guayabal</b>	1	0.7	21		
	2	0.8		24	
	3	0.5			15
<b>El Progreso</b>	1	0.6	18		
	2	0.4		12	
	3	0.6			18
<b>El Vergel</b>	1	0.65	19.5		
	2	0.3		15	
	3	0.8			24
<b>NIDOS MEDIANOS</b>					
<b>Polideportivo</b>	1	4.5	135		
	2	3		90	
	3	4			120
<b>El Guayabal</b>	1	9	270		
	2	8		240	
	3	5			150
<b>El Progreso</b>	1	5	150		
	2	6		180	
	3	7			210
<b>El Vergel</b>	1	6	180		
	2	8		240	
	3	6			180

### 5.3 Efectividad de los extractos de Ruda y Veranera.

Los controles químicos han deteriorado la salud a los pobladores sumados a la baja productividad agrícola causada por la esterilidad, contaminación del suelo y cuerpos de agua en la vereda. Los métodos mecánicos son una buena alternativa pero solo de forma preventiva en la formación de nuevas colonias, ya que los nidos pequeños tienen una profundidad de solo 1 m de profundidad lo que favorece la excavación para eliminar la reina y su descendencia; en nidos



medianos y grandes este método no es efectivo debido a que poseen muchas cámaras internas y pueden llegar a tener profundidades de hasta más de tres metros siendo de difícil acceso para eliminar a la reina.

A partir de lo anterior y de los datos obtenidos en campo se realiza la respectiva comparación entre cada uno de los extractos con el control y entre extractos, buscando conocer la diferencia en la efectividad de los mismos como control biológico sobre las hormigas.

De esta manera, la efectividad del extracto es medida de acuerdo al número de hormigas que salen de los nidos (pequeños y medianos), dado que si el extracto causa efectos negativos en la población de los hormigueros, se reduce el número de hormigas que salen a forrajear diariamente, con lo cual se indica si un extracto fue mejor que el otro. Para los nidos medianos, el número de hormigas muertas encontradas en los basureros también es otra variable importante, puesto que a mayor número de hormigas muertas, mayor es la efectividad de los extractos utilizados. En primer lugar se realiza la prueba de contraste Kruskal-Wallis, que permite medir la tendencia central de las muestras independientes, teniendo como hipótesis nula que las poblaciones comparadas, en este caso, el número de hormigas que salen de los nidos tanto pequeños como medianos, tras la aplicación de los tratamientos y el control en las cuatro fincas muestreadas, tienen la misma mediana. Bajo este supuesto, en todos los sitios de muestreo, tanto en nidos pequeños como medianos, la prueba indica que hay diferencia estadísticamente significativa entre los tres tratamientos (extracto de ruda, extracto de veranera y control) con  $p < 0.05$ . La misma situación se presenta en el análisis estadístico de los datos registrados en los basureros de los nidos medianos, reafirmando que la efectividad de los extractos en función del número de hormigas muertas es diferente en todos los casos (Tabla 5., Tabla 6., Tabla 7).

Por esta razón se puede concluir que el extracto de ruda es el más eficaz debido que esta planta tiene propiedades hormiguicidas en sus metabolitos secundarios como la *rotenona*, un flavonoide que se extrae de las raíces y hojas de la ruda, y que es considerado un compuesto insecticida cuando es ingerido. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias bloqueando la fosforilación del ADP a ATP, razón por la cual inhibe el metabolismo del insecto. Los síntomas que presentan los insectos intoxicados con rotenona son: disminución del consumo de oxígeno, inhibiendo la respiración, conduciendo finalmente a la muerte (Silva, 2002).

Cabe anotar que la hormiga arriera no se alimenta de plantas, solo las utiliza para alimentar el hongo Basidiomiceto que es su real fuente de alimento, es por eso que a este insecto se le ataca con plantas, las cuales inhiben el crecimiento del hongo, cambian la actividad de forrajeo en las hormigas y ocasionan intoxicación debido a que al producir extractos acuosos estos se impregnan en el hongo que ellas consumen.

En función de la proporción de hormigas que salen de los nidos, el extracto de ruda hace que salgan menos hormigas tanto de los nidos medianos como pequeños (menor porcentaje con respecto a las hormigas que salen tras la aplicación del control y el extracto de veranera). Esto puede explicarse por la disminución de la población de hormigas al interior de los nidos causada por la intoxicación del hongo que ingieren las hormigas o por el efecto insecticida del extracto sobre los insectos.

Igualmente en los basureros de los nidos medianos, es el extracto de ruda el que muestra mayor efectividad puesto que tras su aplicación, el número de hormigas muertas registradas en el basurero es mayor con respecto al encontrado tras la aplicación de los otros tratamientos.

**Tabla 5.** Promedio y Desviación del número de hormigas vivas que salen de los nidos pequeños.

Tratamiento	Número de Repeticiones	Numero de Hormigas Vivas (X ± δ)	(%) Hormigas que salen del nido
<b>POLIDEPORTIVO</b>			
RUDA	10	122.50 ± 1.080	<b>92.9</b> **
VERANERA	10	131.50 ± 1.080	99.6 **
CONTROL	10	131.90 ± 3.929	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL GUAYABAL</b>			
RUDA	10	136.90 ± 0.994	<b>84.4</b> **
VERANERA	10	153.80 ± 1.317	94.8 **
CONTROL	10	162.20 ± 1.687	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL PROGRESO</b>			
RUDA	10	133.90 ± 1.101	<b>84.6</b> **
VERANERA	10	145.20 ± 1.317	91.7 **
CONTROL	10	158.30 ± 1.636	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL VERGEL</b>			
RUDA	10	121.70 ± 1.252	<b>91.7</b> **
VERANERA	10	127.50 ± 0.972	96.0 **
CONTROL	10	132.70 ± 1.160	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			

**P:** Significancia estadística mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

**\*\*:** Tratamientos que difieren significativamente del control negativo determinados mediante la prueba de Mann Whitney.

**Tabla 6.** Promedio de hormigas vivas que salen de los nidos medianos.

Tratamiento	Número de Repeticiones	Numero de Hormigas Vivas (X ± δ)	(%) Hormigas que salen del nido
<b>POLIDEPORTIVO</b>			
RUDA	10	801.30 ± 1.059	<b>76.5 **</b>
VERANERA	10	1033.30 ± 1.252	98.6 **
CONTROL	10	1047.50 ± 1.841	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL GUAYABAL</b>			
RUDA	10	1091.50 ± 1.080	<b>97.6 **</b>
VERANERA	10	1101.50 ± 1.354	98.5 **
CONTROL	10	1117.80 ± 1.398	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL PROGRESO</b>			
RUDA	10	997.90 ± 1.449	<b>98.25 **</b>
VERANERA	10	1009.20 ± 1.135	99.4 **
CONTROL	10	1015.60 ± 1.075	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL VERGEL</b>			
RUDA	10	1101.60 ± 1.174	<b>91.7 **</b>
VERANERA	10	1112.70 ± 1.160	92.6 **
CONTROL	10	1201.40 ± 1.265	100
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			

**P:** Significancia estadística mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

**\*\*:** Tratamientos que difieren significativamente del control negativo determinados mediante la prueba de Mann Whitney.

**Tabla 7.** Promedio de hormigas muertas encontradas en el basurero de los nidos medianos.

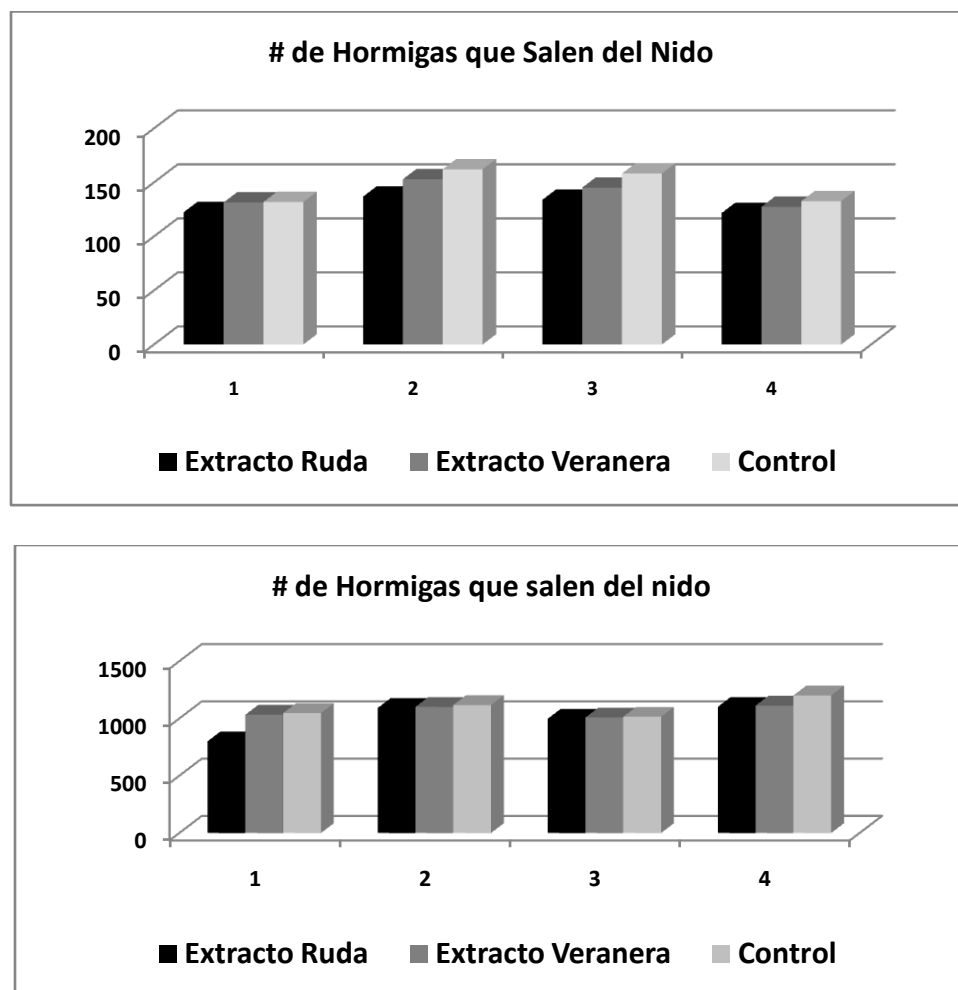
Tratamiento	Número de Repeticiones	Numero de Hormigas Muertas (X ± δ)	(%) Hormigas muertas en el basurero
<b>POLIDEPORTIVO</b>			
RUDA	10	22.20 ± 5.453	<b>22.2</b> **
VERANERA	10	10.60 ± 4.248	10.6 **
CONTROL	10	3.90 ± 2.424	3.9
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL GUAYABAL</b>			
RUDA	10	35.20 ± 2.440	<b>35.2</b> **
VERANERA	10	31.00 ± 2.211	31.0 **
CONTROL	10	3.80 ± 1.687	3.8
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL PROGRESO</b>			
RUDA	10	29.50 ± 3.064	<b>29.5</b> **
VERANERA	10	21.90 ± 3.178	21.9 **
CONTROL	10	3.10 ± 2.558	3.1
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			
<b>EL VERGEL</b>			
RUDA	10	11.90 ± 2.183	<b>11.9</b> **
VERANERA	10	17.80 ± 2.044	17.8 **
CONTROL	10	3.60 ± 1.776	3.6
<i>p=0.000 (p&lt;0.05), hay diferencias significativa entre tratamientos</i>			

*P*: Significancia estadística mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

\*\* : Tratamientos que difieren significativamente del control negativo determinados mediante la prueba de Mann Whitney.

Para complementar este análisis, se realizó también la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney, la cual permite comparar la tendencia central de dos muestras partiendo de la hipótesis nula de que ambas muestras tienen la misma tendencia central, en este caso, que la afectación sobre las hormigas por parte de los tres tratamientos es similar, permitiendo observar con ello si existe o no, diferencia significativa entre la efectividad de cada uno de los extractos con respecto al control y entre los dos extractos en función del número de hormigas que salen del nido después de la aplicación de los tratamientos. Así, considerando los nidos pequeños y medianos, el análisis estadístico muestra que  $U_{(1,n=20)}=0.00$ ,  $p<0.05$ , indicando que en los cuatro sitios de muestreo y en la mayoría de las comparaciones existe diferencia significativa entre la efectividad de cada extracto con respecto al control y entre extractos. No obstante, en el polideportivo, la

prueba indica que no hay diferencia significativa ( $U_{(1,n=20)}=43.0$ ,  $p=0.631$ ), lo cual se debe a que tanto el extracto de veranera como el control provocan la salida de un número similar de hormigas desde el nido (Figura 12).

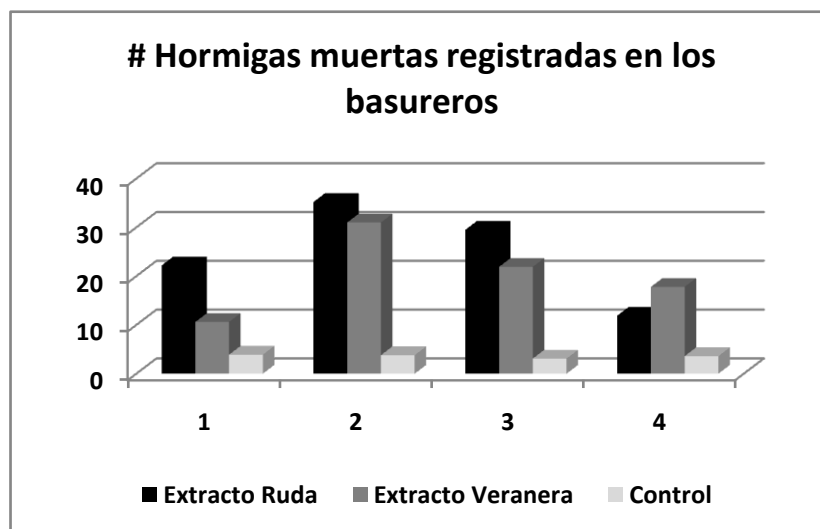


**Figura 12.** Variación del número de hormigas que salen del nido tras la aplicación de los tres tratamientos en los cuatro sitios de muestreo. 1. Polideportivo; 2. El Guayabal; 3. El Progreso y 4. El Vergel. **Arriba:** Variación en los nidos pequeños; **Abajo:** Variación en los nidos medianos.

De acuerdo a lo anterior se observa que el extracto de ruda (*Ruta graveolens*) resulta ser más efectivo que el extracto de veranera (*Bouganvillea spectabilis*), dado que tanto en los nidos pequeños como en los medianos, el número de hormigas que salen al aplicar el tratamiento con ruda (*Ruta graveolens*) es menor que en los otros tratamientos, lo cual puede explicarse por la disminución de la

población de hormigas al interior de los nidos causada por intoxicación directa o indirecta a través del hongo del cual se alimentan las hormigas.

Igualmente, en el caso de las hormigas muertas registradas en los basureros de los nidos medianos, la prueba U de Mann-Whitney indica que hay diferencia significativa entre cada extracto y el control y entre extractos ( $p < 0.05$ ), (Figura 13). En este caso, el mayor número de hormigas muertas encontrado tras la aplicación del extracto de ruda (*Ruta graveolens*) refleja la efectividad del mismo, situación también expuesta en el estudio de “*Bioprospección para el Control Biológico en Extractos de Ruda, Salvia, Llantén y Altamisa*”, realizado por Gómez y colaboradores (2009); quienes observaron que el extracto obtenido de la hoja de la ruda causaba mortalidades cercanas al 100% luego de 24 horas de exposición al tratamiento, así como también observó un menor efecto hormiguicida tras la utilización de extractos acuosos preparados a partir del tallo de la ruda (*Ruta graveolens*). Sin embargo, a diferencia del trabajo citado en el cual la mortalidad observada en el grupo control supera la causada por la aplicación de cualquiera de los extractos evaluados, este estudio muestra que es la ruda la más efectiva en cuanto a la veranera y el control.



**Figura 13.** Variación de la mortalidad de hormigas tras la aplicación de los tres tratamientos en los cuatro sitios de muestreo. 1. Polideportivo; 2. El Guayabal; 3. El Progreso y 4. El Vergel.

## 5.4 Talleres

Se realizó un taller al principio de la investigación invitando a todos los habitantes de la vereda la Rivera por medio de la junta de acción comunal en el que asistieron 20 personas entre adultos, jóvenes y niños, compartiéndose algunos temas sobre el problema que ocasionan las hormigas arrieras fuera de su hábitat natural, al atacar los cultivos. Por otra parte, se pidió la colaboración de los propietarios de las fincas, en donde se encontraban en mayor densidad los hormigueros, preguntándoles, como primera medida si les interesaba el proyecto, para utilizar sus fincas como modelo; además, que personas contaban con la disponibilidad de asistir a prácticas de campo para que aprendieran a reconocer un hormiguero pequeño y mediano, como se realiza el inventario, para que se hace, en qué consiste el vuelo nupcial, como se fabrica el extracto, la cantidad que se aplica por m<sup>2</sup> y también la manera en que se aplica. Otro aspecto, es el reconocimiento de la reina y sus castas, así como el papel que cumple cada una de estas en el nido. Así mismo, se escuchó a la comunidad informándonos que la CRC les había prestado la termonebulizadora, pero sin proporcionar los insumos, el cual, a los agricultores les salía muy caro haciendo que la participación de estos no fuera masiva, haciendo que esta campaña no diera los resultados esperados: sumado a esto, el manejo de la termonebulizadora solo se le capacitó a una sola persona sin tener en cuenta que no daba abasto para tantas fincas.

Para el segundo taller se convocó a la comunidad de igual manera; con la asistencia de 40 personas aproximadamente. Ya, para esta época, los resultados de la aplicación de los extractos, principalmente el de ruda fue el de mejor resultado arrojando datos satisfactorios en las tres fincas, aunque no fue efectivo en un 100% si disminuyo la población de hormigas, tanto en nidos pequeños como en medianos. En cuanto a la veranera, no fue tan eficaz en comparación con la ruda pero si hubo disminución de las hormigas, siendo de agrado para los propietarios de las fincas donde se realizó el experimento, esto sumado a algunas recomendaciones sirve para seguir trabajando en el proceso con una mayor concentración del extracto y mayor tiempo de aplicación. Finalmente se dio a conocer el inventario de los hormigueros, el número de hormigueros tratados y controlados como la cantidad de extracto utilizado por área cuadrada, la ubicación de los nidos grandes a monitorear y el compromiso de la comunidad con el proyecto donde se sentían motivados a realizar el control en cada una de las fincas con problemas de hormiga arriera, así como aquellas que aun no se han visto afectadas ya que este insecto busca nuevos lugares debido a su capacidad de desplazamiento.



## **5.5 Calendario de vuelo nupcial**

El calendario de vuelo nupcial se organizó como una estrategia para el control de nuevas colonias de hormiga arriera, en el cual a los habitantes de la vereda La Rivera se les compartió la manera de cómo deben hacerle el seguimiento. Estableciendo las fechas del vuelo nupcial en un calendario, sirvió para contribuir a formar un diseño para las labores de control de este insecto; teniendo en cuenta que este periodo solo ocurre en la última semana de Marzo y primera semana de Abril, última semana de Septiembre y primera semana de Octubre. El agricultor debe dirigirse en estas fechas determinadas, a los nidos grandes inventariados de cada una de las fincas y recolectar, en la salida de los aglomerados, tanto hembras aladas fértiles y machos alados que son los que van a volar en busca de un ambiente propicio para la formación de una nueva colonia.

## **5.6 Estrategia Comunitaria para el control y manejo de la hormiga**

### **➤ Seguimiento del vuelo nupcial**

En las dos temporadas de apareamiento y creación de nuevos nidos llamado vuelo nupcial que suceden entre los meses de Marzo-Abril y Septiembre-Octubre, la comunidad debe hacer el seguimiento de los nuevos nidos llevando un control o base de datos con los hormigueros ya existentes y los que están en formación; después de hacer una valoración de cuantos nidos se formaron, los pobladores deben controlar estos de forma manual, extrayendo la reina y eliminándola o controlándola con el extracto de ruda ya que este nos arroja mayor efectividad durante todo el proceso mencionado en este trabajo.

### **➤ Aplicación del extracto de ruda**

La aplicación del extracto de ruda se debe hacer de forma ordenada y permanente, controlando los nidos recién formados y los nidos medianos para que estos no se expandan y ocasionen mayor problema cuando su área se vuelva mayor, los moradores de la vereda deben hacer constantes repeticiones en la aplicación del extracto ya que entre más aplicaciones mayor va a ser su

efectividad para con los nidos pequeños y medianos. Además de esto es necesario hacer un cronograma de actividades (inventario de nuevos nidos, aplicación del extracto y seguimiento de este), teniendo en cuenta que el control de este insecto es una tarea conjunta de la comunidad de la vereda La Rivera, así como de veredas aledañas que también estuvieron interesados en esta investigación.

## 6 CONCLUSIONES

Estadísticamente, existen diferencias significativas entre la efectividad dada por los dos tratamientos (ruda y veranera) y el control, siendo el extracto de ruda, el tratamiento más eficaz en función de la reducción de la actividad forrajera de las hormigas *Atta cephalotes*, en las cuatro fincas tratadas.

La participación de la comunidad, en cuanto el manejo y control de la hormiga arriera, fue importante ya que promovió la concientización del problema teniendo en cuenta aspectos como el calendario nupcial y la ecología de las hormigas en el control de la aparición de nuevas colonias en sus fincas.

El control biológico realizado con las plantas de ruda y veranera produjo un efecto satisfactorio sobre las hormigas, tanto en nidos pequeños como medianos, lo que indica que puede ser una alternativa frente a la utilización de productos químicos, que resultan ser costosos y perjudiciales para el ambiente.

En el mercado existen muchos productos químicos para el control de la hormiga arriera que son costosos y ocasionan un fuerte impacto al medio ambiente y su baja efectividad no los hace tan viables. Por lo que se utilizó un control biológico obtenido de dos extractos de plantas cuyo efecto fue satisfactorio en gran medida para hormigueros pequeños y medianos.

## 7 RECOMENDACIONES

- El control de las hormigas *Atta arriera* debe realizarse cuando su efecto sobre los cultivos es altamente perjudicial y difícil de controlar, puesto que hay que tener en cuenta que cumplen un papel ecológico importante, siendo uno de los principales herbívoros dentro de un bosque.
- Debe tenerse en cuenta las variables de tamaño y cantidad de extracto en el momento de realizar los tratamientos, puesto que para obtener mayor efectividad se puede aumentar la concentración de los extractos por área (m<sup>2</sup>), y el número de aplicaciones en el día.
- Se recomienda realizar, antes de la aplicación de cada tratamiento, una evaluación de las condiciones ambientales, puesto que estas pueden influenciar sobre la efectividad del tratamiento y la actividad de las hormigas dentro y fuera de los nidos.
- Debe procurarse hacer estudios moleculares con los extractos de ruda y veranera para encontrar los anabolitos secundarios que causan el efecto hormiguicida.
- Finalmente, partiendo de los conocimientos previos adquiridos por los talleres brindados a la comunidad de la vereda la Rivera y veredas vecinas, pueden conformar grupos para el control y manejo de las nuevas colonias de la hormiga arriera, para así poder prevenir la expansión de este insecto en esta región.

## 8 BIBLIOGRAFIA

Agosti, D.J. D. Majer, L. E. Alonso y T.R. Schultz. 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. 280 Pp. Smithsonian Banderas G. A. (2004). Control de *Atta colombica* con los hongos *Trichoderma harzianum*, *Beauveria bassiana* y el insecticida Malation. Zamorano Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Honduras.

Alípio, A. S. 1989. Controle de formigas cortadeiras: Normas Técnicas de Pains Florestal 8 pp.

Alonso, L. E. y D. Agosti. 2000. Biodiversity studies, monitoring, and ants: An Overview, pp. 1-8 en Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso, T. R. Schultz, eds., *Ants: Standard methods of measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington. 280 pp.

Andersen A. N. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia* 16: 347-357.

Andersen A. N. 1997. Using Ants as bioindicators: Musticale Issues is Ant Community Ecology. *Conservation Ecology* [on line] 1 (1): 8. Disponible en internet. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8>

Arguello, H; Gladstone, S. M. 2001. Guía ilustrada para la identificación de especies de zompopos (*Atta spp.* y *Acromyrmex spp.*) presentes en El Salvador, Honduras y Nicaragua. PROMIPAC. Carrera Ciencia y producción, Zamorano, Honduras. 34 p.

Ambrecht, I. y P. Ulloa-Chacón. 2003. The Little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicators of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology* 32 (3): 542-547.

Barone, J. A.; Coley, P. D. 2002. Hervivorismo y las defensas de las plantas. 465-492. En Guariguata, M. R.; Kattan, G.H. (eds.). 2002. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. 1ª. Edición, Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. 692 p.

Berish, C. W. 1986. Leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) select nitrogen-rich forage. *American Midland Naturalist* 115: 268-276.

Bollazi, M. y Roces F. 2007. To build or not to build: circulating dry air organizes collective building for climate control in the leaf-cutting ant *Acromyrmex ambiguus*. Department of Behavioural Physiology and Sociobiology, University of Würzburg. *Animal Behaviour*, Bondar, G. (1939). *Insetos daninhos e parasitas do cacau una Bahia*. Salvador, Brasil. I. C. B. Boletim Técnico. No. 5. 112 p.

Brechelt A. 2004. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Republica Dominicana.

Burd, M. 2000. Foraging behavior of *Atta cephalotes* (leaf-cutting ants): an examination of two predictions for load selection. Department of Biological Sciences, Monash University. *Animal Behaviour*, 60, 781-788.

Carvajal, E. A. 2004. Plantas útiles de uso común en Colombia, catálogo de categorías taxonómicas de 2.835 plantas pertenecientes a la División Magnoliophyta (Angiospermas); Universidad Francisco de Paula Santander; San José de Cúcuta.

Céspedes, C.L., J.S. Calderón, L. Lina y E. Aranda. 2000. Growth effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela spp.* (Meliaceae). *J. Agr. Food Chem.* 48, 1903-1908.

Coenen-Stass, D., Schaarschmidt, B. y lamprecht, I. F. 1980. Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). *Ecology*, 61, 238-264.

Currie, C.R., Mueller, U.G., Malloch, D. 1999. The agricultural pathology of ant fungus gardens. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 7998–8002.

Chaves, M. C. 2006. Evaluación preliminar del compostaje “arrierón” para el control de la hormiga *Atta cephalotes* (L.) en Jamundí (Valle, Colombia); boletín del museo de entomología de la universidad del Valle, 7 (1): 10-21.

Cherret, J. M. 1986. History of the leaf-cutting problem. p. 10-17. En: Lfgren, C.S.; Vander Meer, R. K. (eds.). Fire ants and leaf-cutting ants. Biology and management. Westview Press. Boulder y Londres. 435p.

Delabie, J.H.C; Della Lucia, T; Pastre, L. 2000. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle das formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no Campo Brasil. An. Soc. Entomol. Brasil. 29(4): 843-848.

De Simoni, P. C. 2004. Efeito da variação sazonal na produção de compostos ativos em *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, utilizando ensaio com microorganismos. Tesis de postgrado. Escuela Superior de Agricultura. Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo– Brasil. 46 p.

Dixon R. 2001. Nature, 411, 843.

Dow Agrociences. 1998. *Controle de formigas cortadeiras*. S. I. Folheto.

Farji-Brener, A. 1992. Modificaciones al suelo realizadas por hormigas cortadoras de hojas (Formicidae, Attini): una revisión de efectos sobre la vegetación. Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 2: 87-94.

Feinsinger, P. 2001. *Deisiging Field studies for Biodiversity Conservation*. Island Press Washington, USA. 212 pp.

Fernández, F. 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá; Colombia. XXVI + 398 p.

Fernández, J. V.; Jaffe, K. 1995. Daño económico causado por populacoes de formigas *Atta laevigata* (F. Smith) em plantacoes de *Pinus caribaea* Mor. E elementos para o manejo da praga. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 24: 287- 289. Colombia. 171 p.

Fowler, H. G., J. V. E. Bernardi y L. F. T. di Romagnano. 1990. Community structure and *Solenopsis invicta* in Sao Paulo. Pp. 199-207 in: R. K. Vander Meer, K. Jaffé y A. Cedeno, eds., *Applied Mymercology: A Word Perspective Westview Press*, Boulder.

Gasca, A. G. 1993. Ensayo de control de hormiga arriera (*Atta laevigata*) con Formilin (Diflubenzuron). Villanueva (Casanare), Compañía Nacional de Reforestación, 10 p. (Mimeografiado).

Gobernación del Valle del Cauca. 2005. Biología, manejo y control de la hormiga arriera; Santiago de Cali.

Gómez, F. D., Foronda N. y USUGA J. 2009. Bioprospección para control biológico en extractos de ruda, salvia, llantén y altamisa; Institución educativa Enrique Vélez Escobar; Itagüí.

Hinkle, G., Wetterer, J.K., Schultz, T.R., Sogin, M.L. 1994. Phylogeny of the Attine ant fungi based on analysis of small subunit ribosomal RNA gene sequences. *Science* 266, 1965–1967.

Hölldobler, B. y E. O. Wilson. 1990. *The ants* Harvard University Press.

Hernández, J. W. Goitia, A. Osio, A. Cabrera, H. López, C. Sainz y K. Jaffe. 2006. Leaf-cutter ant species (Hymenoptera: *Atta*) differ in the types of cues used to differentiate between self and others. *Animal Behaviour*, 71, 945–952. Caracas.

Hernández, R. 2006. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales para mira de la producción de madera en la zona andina colombiana. El Eucalipto *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Armenia (Quindío).

Herrera, S. E. 2009. Desarrollo de una formulación granular base para el control biológico de las hormigas forrajeras (*Atta* spp.). Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza-CATIE; tesis Magister Scientiae; Turrialba, Costa Rica.

Korb, J. 2003. Thermoregulation and ventilation of termite mounds. *Naturwissenschaften*, 90, 212-219.

La Duke, J. C. 1982. Flavonoid chemistry and systematics of *Thitonia* (Compositae). *American Journal of Botany* 69: 784-792.

Longino, JT; Hanson, PE. 1995. The ants (*Formicidae*). In Hanson, PE; Gauld, ID. eds. *The hymenoptera of Costa Rica*. New York. US. p. 588-620.



Lopez, E. y Orduz, S. 2002; *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. Unidad de Biotecnología y control Biológico, Corporación para investigaciones Biológicas; Academic Press, Biological Control 27 (2003) 194-200. Medellin, Colombia.

Mackey, W. y Mackey, E. 1986; Las hormigas de Colombia: Arrieras del genero ATTA (Hymenoptera: Formicidae); Revista Colombiana de entomología; Vol.12 No.1.

Madrigal, C. A. 2003. Insectos forestales en Colombia: biología, hábitos, ecología y manejo. Medellín. Editorial Marín Vieco. 847 p.

Mohali, S. 1998. Ultrastructural and morphological study of the mutualistic fungus of the ant *Atta cephalotes*. Rev. Ecol. Lat. Am. 5(3):1-6.

Molina N. 2001. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades. Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No Sintéticos. Manejo integrado de Plagas. Costa Rica.

Montoya, J., Chacón De Ulloa, P. y Manzano, M. 2006. Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Mymicinae) en Cali (Colombia). Revista Colombiana de Entomología 32(2): 151-158.

Mueller, U.G., Rehner, S.A., Schultz, T.R. 1998. The evolution of agriculture in ants. Science 281, 2034–2038.

Oliveira, M. A. 1996. Identificação de formigas cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantio de *Eucalyptus grandis*. Imprensa Universitária, UFV. 61 p. (Tesis MS).

Patterson, RS. 1993. Biological control of introduced ant species. San Francisco, US. Disponible en [www.ars.usda.gov/sp2Userfiles/Place/66151015/Publications/Patterson-1994\(M-2837\).pdf](http://www.ars.usda.gov/sp2Userfiles/Place/66151015/Publications/Patterson-1994(M-2837).pdf)

Peck, S. I., B. Mcquaid y C. L. Campbell. 1998. Using ant species as a Biological Indicator of Agroecosystem condition. *Eviromental Entomolgy* 27 (5): 1102-1110.

Ricci, M. Benítez, D; Padin, S; Maceiras, A. 2005. Hormigas argentinas: comportamiento, distribución y control. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. AR. 27 p.

Rodríguez G., Calle Z. y Montoya-Ilerma J. 2008; Herbivoria de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) sobre tres sustratos vegetales, Herbivory of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) on three plant substrates. Revista Colombiana de Entomología 34 (2): 156-162.

Silva, G., A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002 Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE).

Solomon S. 2007. Biogeography and evolution of widespread leafcutting ants, *atta* spp. (formicidae, attini). The University of Texas at Austin.

Taiwo, L. B.; Makinde, J. O. 2005. Influence of water extract of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). African Journal of Biotechnology 4: 355- 360.

Tschinkel, W. R. 1993. Sociometry and sociogenesis of colonies of the fire ant *Solenopsis invicta* during one annula cycle: *Ecological Monographs* 63: 425-457.

Ugalde, J.A. 2002. Avispas, abejas y hormigas de Costa Rica: una introducción a las familias de los himenópteros. Santo Domingo de Heredia, CR, INBio. 180 p.

Universidad tecnológica del Choco. 2002. Manejo y control de hormiga arriera (*atta* spp & *acromyrmex* spp) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Choco, cartilla No. 1: Hormiga arriera, biología, ecología y hábitos.

Universidad tecnológica del Choco. 2002. Manejo y control de hormiga arriera (*atta* spp & *acromyrmex* spp) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Choco, cartilla No. 2: Hormiga arriera manejo y control.

Vaccaro, NC; Mousques, J.A. 1997. Hormigas cortadoras (Géneros *Atta* y *Acromyrmex*) y tacurúes en Entre Rios. *XII jornadas forestales de Entre Rios. Concordia, Argentina*. Octubre 1997.

Varón, E.H; Hanson, P; Borbón, O; Carballo, M; Hilje, L. 2004. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 73:42-50.

Varón, E.H; Hilje, L; Eigenbrode, S.D. 2008. Un enfoque agroecológico para el manejo de zompopas en cafetales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, CR. 14 p.

Vergara Castrillón, J.C. 2005. Biología, manejo y control de la hormiga arriera. Santiago de Cali, CO, Imprenta departamental del Valle de Cauca.

Weidenmüller, A., Kleineidam, C. y Tautz, J. 2002. Collective control of nest climate parameters in bumblebee colonies. *Animal Behaviour*, 63, 1065e1071.

Viegas, C. 2003. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova* 26: 390-400.

Wilson, E. O. 1971. *The insect Societies*. Harvard University press, Cambridge.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Numero de hormigas que salieron de los nidos (hormigueros) pequeños en los cuatro (4) sitios de muestreo.

Cantidad de hormigas que salen del nido		Polideportivo	Finca " Guayabal"	Finca "El progreso"	Finca "El Vergel
<b>Extracto ruda</b>	día 1	124	137	135	120
	día 2	123	136	135	120
	día 3	123	137	135	121
	día 4	121	138	133	122
	día 5	122	136	134	123
	día 6	124	137	134	122
	día 7	122	139	133	124
	día 8	121	136	133	122
	día 9	122	137	132	121
	día 10	123	136	135	122
<b>Extracto veranera</b>	día 1	131	153	146	128
	día 2	131	153	145	127
	día 3	132	154	145	127
	día 4	133	155	147	128
	día 5	130	154	146	129
	día 6	132	156	144	127
	día 7	130	155	143	126
	día 8	131	154	144	129
	día 9	133	152	145	127
	día 10	132	152	147	127
<b>Control</b>	día 1	141	160	157	133
	día 2	135	162	159	132
	día 3	134	162	160	131
	día 4	130	164	160	133
	día 5	130	163	160	133
	día 6	128	160	157	132
	día 7	132	160	156	131
	día 8	131	164	156	134
	día 9	128	164	159	134
	día 10	130	163	159	134

**Anexo 2.** Número de hormigas que salieron de los nidos (hormigueros) medianos en los cuatro sitios de muestreo.

<b>Cantidad de hormigas que salen del nido</b>		<b>Polideportivo</b>	<b>Finca " El Guayabal"</b>	<b>Finca "El Progreso"</b>	<b>Finca "El Vergel"</b>
<b>Extracto ruda</b>	día 1	802	1090	995	1100
	día 2	800	1092	999	1101
	día 3	800	1091	998	1100
	día 4	801	1091	997	1103
	día 5	803	1092	999	1103
	día 6	801	1090	1000	1102
	día 7	802	1093	997	1101
	día 8	802	1093	998	1101
	día 9	800	1091	997	1103
	día 10	802	1092	999	1102
<b>Extracto veranera</b>	día 1	1033	1101	1010	1111
	día 2	1033	1100	1009	1114
	día 3	1031	1100	1008	1112
	día 4	1034	1101	1010	1114
	día 5	1035	1100	1011	1113
	día 6	1033	1103	1009	1114
	día 7	1032	1102	1007	1112
	día 8	1034	1102	1009	1111
	día 9	1035	1104	1009	1113
	día 10	1033	1102	1010	1113
<b>Control</b>	día 1	1048	1117	1014	1200
	día 2	1046	1119	1014	1202
	día 3	1046	1116	1016	1201
	día 4	1044	1117	1017	1200
	día 5	1048	1119	1015	1201
	día 6	1047	1120	1016	1203
	día 7	1048	1117	1017	1200
	día 8	1050	1119	1016	1203
	día 9	1048	1116	1016	1201
	día 10	1050	1118	1015	1203

**Anexo 3.** Numero de hormigas muertas encontradas en los basureros de los nidos (hormigueros) medianos en los cuatro sitios de muestreo

<b>Hormigas muertas en el basurero</b>		<b>Polideportivo</b>	<b>Finca “El Guayabal”</b>	<b>Finca “El Progreso”</b>	<b>Finca “El Vergel”</b>
<b>Extracto ruda</b>	día 1	12	31	26	9
	día 2	15	33	26	9
	día 3	18	33	27	11
	día 4	23	35	27	11
	día 5	23	35	29	11
	día 6	24	35	29	12
	día 7	25	36	31	13
	día 8	26	37	33	13
	día 9	28	38	33	14
	día 10	28	39	34	16
<b>Extracto veranera</b>	día 1	5	28	18	15
	día 2	5	29	18	15
	día 3	7	29	18	17
	día 4	8	30	21	17
	día 5	10	30	22	17
	día 6	11	31	22	18
	día 7	14	32	23	18
	día 8	15	33	25	20
	día 9	15	33	26	20
	día 10	16	35	26	21
<b>Control</b>	día 1	0	1	0	1
	día 2	0	1	0	2
	día 3	3	3	0	2
	día 4	4	4	2	2
	día 5	4	4	2	4
	día 6	4	4	5	4
	día 7	5	5	5	4
	día 8	5	5	5	5
	día 9	7	5	6	6
	día 10	7	6	6	6