



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario “Rubén Darío”
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Biología

Monografía para optar al título de Licenciadas en Biología con Mención en Educación Ambiental y Administración de los Recursos Naturales.

Caracterización del nicho ecológico de *Atta cephalotes* L. En la sub cuenca III, Managua.

Autores: Bra. Marcela Auxiliadora Peña Díaz

Bra. Lilieth de los Ángeles Morales Torres

Tutor: MSc. Josué Enrique Pérez Soto

Asesora: MSc. Indira Guevara

Managua, Nicaragua

Noviembre 2018

Agradecimientos

Agradecemos a todos las personas que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo de este estudio, especialmente a nuestro tutor Josué Pérez Soto, por sus consejos y orientaciones, Indira Guevara López por el apoyo brindado en el trayecto de ésta investigación y durante los laboratorios realizados, a la Licenciada Ingrid Úbeda por sus orientaciones en el área de geografía.

A los estudiantes de 2do año de la carrera de Biología: Kenneth, Ariel Mejía, Selena Scott, Julia Acevedo, Lina Cabrera, Fernanda Jiménez, Thaitza Sánchez, Amelia Medina, Jubram Gómez, especialmente a German Trejos, a nuestros amigos: Diana Bermúdez, Aaron Flores, Jairo Gúnera por ayudarnos con la captura de especímenes y base de datos recolectada, a Orlando José Jarquín Guevara y Yuri Aguirre por hacer posible las fotografías de especímenes colectados, a Milton Úbeda Olivas por la edición de videos de hormigas defoliadoras.

Agradecemos al departamento de Biología de UNAN-Managua por el espacio en el laboratorio, equipos y materiales facilitados.

Agradecemos a nuestros familiares por su apoyo incondicional durante todo este proceso de formación.

Resumen

En el presente estudio se propuso caracterizar *Atta cephalotes* en la sub cuenca III del departamento de Managua, para este fin se seleccionaron tres estratos altitudinales, zona alta, media y baja (zonas de cultivos, parches de bosques y sitios urbanizados); se realizaron en once sitios comprendiendo un total de 67 puntos de muestreos, encontrando ocho especies de fauna asociada. Se obtuvo un registro de 103 especies vegetales, pertenecientes a 59 familias botánicas con signos de defoliación, se clasificaron por estatus obteniendo 55 especies introducidas y 48 especies nativas.

Se realizó colecta de material vegetal en zona alta y zona media, obteniendo un promedio de movilidad por biomasa de 4.7 g en ambas zonas durante un lapso de 10 minutos, Al extrapolar los promedios de biomasa durante las doce horas de trabajo nocturno, *Atta cephalotes* en un año movilizaría un promedio de 748.454 Kg en la zona alta, y en la zona media se movilizaría un total de 1450.918 Kg de material vegetal. Los daños causados a la vegetación cultivada serán permanentes ya que la colonia de hormigas defoliadoras necesita mantener gran cantidad de hongo disponible para su alimentación, sin embargo desde el punto de vista ecológico, son consideradas muy importantes en el ecosistema, ya que permiten el ciclado de nutrientes en un solo lugar, permitiendo el crecimiento de otras plantas.

Dentro de los métodos de control utilizados por los pobladores la mayoría prefiere los métodos empíricos, entre estos se destaca la cipermetrina y el DDT, uno de los venenos agrícolas pertenecientes a la “docena maldita” o “docena sucia”.

Se realizó el aislamiento de una micobacteria perteneciente al género *Pseudonocardia*, la cual se encuentra en simbiosis mutualista con éste insecto para protegerse de un hongo parásito.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3. JUSTIFICACION.	5
4. OBJETIVOS	6
4.2. GENERAL.....	6
4.3. ESPECÍFICOS	6
MARCO REFERENCIAL	7
5. ANTECEDENTES	7
6. MARCO TEORICO.....	9
6.1. División de una sociedad de hormigas.....	9
6.2. Ciclo biológico de las hormigas	11
6.2.1. Reproducción	11
6.2.2. Ciclo de vida de una obrera	12
6.2.3 Ciclo de vida de un nido de hormigas defoliadoras.....	13
6.3. Origen y distribución de las hormigas defoliadoras.....	14
6.3.1. Aspecto interno y externo de un nido de hormigas defoliadoras	14
6.3.2. Aspectos biológicos de las hormigas defoliadoras.....	15
6.3.3. Búsqueda de alimento y sistema de reclutamiento de las hormigas defoliadoras.....	15
6.3.4. Tipo de hongo cultivado por hormiga defoliadora	16
6.3.5. Principales cambios morfológicos y fisiológicos de las hormigas defoliadoras	16
6.3.6. Papel ecológico de las hormigas defoliadoras.....	17
6.3.7. Nicho ecológico.....	17
6.4. Estratificación vegetal vertical.....	17
6.4.1. Defensas de especies vegetales contra hormigas defoliadoras	18
6.5. Distribución geográfica de las hormigas defoliadoras en Nicaragua.....	18
6.6. Pérdidas vegetales causadas por hormigas defoliadoras	18
6.7. Clasificación taxonómica del género <i>Atta</i>	20
6.8. Características morfológicas del género <i>Atta</i>	20
6.8.1. El nido de <i>Atta cephalotes</i>	21
6.8.2. Fauna asociada.....	22
6.8.3. Enemigos naturales de las hormigas defoliadoras.....	22
6.9 Tipos de control utilizados para combatir nidos de hormigas defoliadoras	23
6.9.1 Control mecánico	23
6.9.2. Control químico	23

6.9.3. Control biológico	24
7. PREGUNTAS DIRECTRICES	25
8. DISEÑO METODOLÓGICO	26
8.1. Ubicación del área de estudio.....	26
8.2. Tipo de estudio	26
8.3. Universo de estudio	27
8.4. Población.....	27
8.5. Muestra.....	27
8.6. Métodos de colecta de información	27
8.6.1. Colecta in situ.....	27
8.6.2. Colecta de material vegetal.....	28
8.6.3. Colecta de hormigas defoliadoras.....	28
8.6.4. Ficha de Campo.....	28
8.6.5. Encuestas	28
8.6.6. Software	28
8.7. Materiales de recolección de la Información	29
8.8. Materiales para laboratorio.....	30
8.8.1. Cristalería.....	31
8.8.2. Procedimiento para el cultivo.....	31
8.8.3. Inoculación de la muestra del micelio.....	31
8.8.4. Procedimiento para Subcultivo o Resiembra	32
8.8.5. Observación macroscópica del cultivo	33
8.8.6. Observación microscópica del cultivo	33
8.9. Matriz de operacionalización de variables.	34
9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35
9.1. Caracterización de Nicho ecológico.....	35
9.1.2. Fauna asociada.....	36
9.1.3. Micelio colectado	37
9.1.4. Preferencia de sustrato vegetal.....	39
9.2. Peso de biomasa en zona alta y media.....	43
9.3. Métodos de control utilizado por los pobladores.....	44
10. CONCLUSIONES	47
11. RECOMENDACIONES	48
12. BIBLIOGRAFÍA.....	49

Índice de Figuras

Figura 1 División social de las hormigas defoliadoras.....	8
Figura 2 Ciclo biológico de las hormigas defoliadoras.....	10
Figura 3 Morfología externa del género <i>Atta</i>	19
Figura 4 Castas en <i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758) encontrados en el área de estudio.....	32
Figura 5 Micelio obtenido durante la excavación de una troneras de..... <i>Atta cephalotes</i> en San Isidro de bolas, Managua	34
Figura 6 Crecimiento de <i>Pseudonocardia</i> sp. en Agar Sabouraud.....	34
Figura 7 <i>Pseudonocardia</i> sp. Observada al microscopio con objetivos de 40X y 100X.....	35
Figura 8 Obreras trasladando el cadáver de un insecto hacia su tronera	39

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica del género <i>Atta</i>	18
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	31
Tabla 3 Fauna asociada a troneras de <i>Atta cephalotes</i>	33
Tabla 4 Especies Vegetales afectadas por <i>Atta cephalotes</i>	37

Índice de Gráficos

Grafico 1 Cinco especies vegetales más afectadas por <i>Atta cephalotes</i>	36
Grafico 2 Métodos de control empleados por los pobladores de la zona.....	41
Grafico 3 Métodos de control empíricos utilizados por los pobladores.....	42
Grafico 4 Métodos de control químicos utilizados por los pobladores.....	43

Índice de Mapa

Mapa 1 Mapa de la zona de investigación.....	24
--	----

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace unos 100 millones de años ya existían las hormigas en el planeta, su antigüedad como grupo refleja su éxito sobre la tierra. Las especies de hormigas del género *Atta* conocidas comúnmente como hormigas podadoras, arrieras, forrajeras, cortadoras de hojas o defoliadoras se agrupan en la tribu Attini (Hymenoptera) endémicas de la región neártica y neotropical (Cherrett et al., 1989; Escobar *et al.*, 2002; Fernández, 2003; Lugo *et al.*, 2013).

Hace unos 40 millones de años, ésta especie de hormiga defoliadora era una cosechadora de semillas y otros órganos vegetales de la naturaleza para su alimentación directa, por casualidad un hongo saprófito poseedor de conidióforos, contaminó el material alimenticio dentro de un nido de hormigas y causó el inicio de una simbiosis mutualista u obligada entre ambas especies (Wilson, 1993).

El género *Atta* se especializa en consumir un hongo de tipo *Leucoagaricus gongylophorus* al cual alimenta con un bolo alimenticio constituido por las hojas que cortan de los árboles Maes (1993); Fernández, (2003); Fisher, (1994).

Las interacciones entre las hormigas defoliadoras y la vegetación pueden ser directa o indirecta, entre las interacciones directas, es la utilización de las partes verdes de la planta como recurso energético para alimentar a su jardín fúngico. Las interacciones indirectas entre las hormigas defoliadoras y la vegetación incluye el enriquecimiento del suelo, porque modifican el ciclo de nutrientes y su transferencia hasta las capas superiores del suelo cuando construyen los nidos, también contribuyen a infiltración de agua. (Wirth *et al.*, 2003; Nobua, B, 2014).

Atta cephalotes ha desarrollado una estrategia de supervivencia contra un hongo parásito del género *Escovopsis* (Ascomycotina), su cuerpo ha ido evolucionando bolsas y glándulas especiales en sus cuerpos para albergar y alimentar a sus compañeros bacterianos, a partir de la simbiosis mutualista entre una bacteria perteneciente al género *Pseudonocardia*.

Las hormigas defoliadoras establecen simbiosis con áfidos y otros homópteros que producen soluciones azucaradas para ellas a cambio de ser protegidos de depredadores y parasitoides, muchos insectos y otros artrópodos pasan parte de su ciclo de vida en los

nidos de las hormigas refugiándose en ellos y en algunos casos alimentándose de lo colectado por la colonia.

Existen diversos tipos de controles utilizados para combatir nidos de hormigas defoliadoras, podemos hacer mención de controles mecánicos, el cual consiste en la destrucción física del nido de hormigas, alcanzando el jardín fúngico, destruyendo de ésta manera el hormiguero (Arguello & Gladstone, 2001; Montoya-Lerma *et al.*, 2012; Jiménez & Rodríguez, 2014). El control químico: al aplicar un plaguicida (Mirex 0.3 G.B) en nidos subterráneos compuestos por miles de obreras, el número de éstas castas se reduce temporalmente, por consiguiente el nido eventualmente se recupera y vuelve a su tamaño normal porque el insecticida no logró ingresar a profundidad para eliminar a la reina (Gladstone, 2001). Y el control biológico su efectividad se basa en los insectos que funcionan como enemigos naturales del género *Atta* sp. De los cuales *Apocephalus attophilus*, *Myrmosicarius crudelis*, *Neodohniphora calvetri* son pertenecientes al orden (Diptera: Phoridae), *Vescia angrensis* (Heteroptera: Reduviidae) (Maes, 1999; Jiménez & Rodríguez, 2014).

En Nicaragua se ha localizado a tres especies del género *Atta*, la hormiga defoliadora *Atta cephalotes* es la especie ampliamente distribuida en todo el país, es común en bosques latifoliados secos; *Atta mexicana* se ha encontrado en el extremo norte y en el extremo sur *Atta colombica* (Maes, 1993; Arguello & Gladstone, 2001). En la sub-cuenca III del departamento de Managua se ha observado que las hormigas defoliadoras pueden llegar a ocasionar pérdidas importantes tanto en bosques, campos de cultivos y en los jardines debido a la capacidad que poseen para degradar y afectar directamente la flora, atacando específicamente sus tallos tiernos, hojas, flores y frutos.

Para los pequeños y medianos productores agrícolas de la zona, el comportamiento de las hormigas genera pérdidas para sus cultivos de autoconsumo tales como: frijoles, café, maíz, sorgo rojo, algunas musáceas y cucurbitáceas, entre los cultivos de importancia económica nacional se puede mencionar: cacao (*Theobroma cacao*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), aguacate (*Persea americana*), cítricos (*Citrus x limon*) y mango (*Mangifera indica*), también las hormigas tienen su efecto sobre las plantas ornamentales como *Ficus benjamina* y algunas especies del bosque nativo del país como el guanacaste blanco (*Albizia niopoides*). Los pobladores para contrarrestar el efecto de estos insectos han empleado diferentes métodos empíricos, mecánicos y químicos.

El objetivo de este trabajo investigativo es generar información sobre las especies de hormigas defoliadoras presentes en la sub cuenca III de Managua, averiguar los patrones de forrajeo vegetal de las hormigas defoliadoras, adquirir información sobre los métodos de control empleados por los pobladores de la zona estudiada y describir el tipo de hongo cultivado por *Atta cephalotes*.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La hormiga defoliadora *Atta cephalotes* produce efectos de diferentes índoles en sistemas agrícolas, forestales y áreas urbanizadas, estos insectos para mantener su hongo simbiote tienen que defoliar material vegetal fresco, generalmente podan partes específicas de las plantas, pueden regular el crecimiento diferencial en una o diferentes especies de plantas acelerando o disminuyendo el crecimiento de hojas, tallos, flores y frutos. A pesar de los perjuicios que causan a los cultivos, ayudan a controlar las poblaciones de ciertas plantas, enriquecer el suelo y promover el crecimiento de las raíces de especies vegetales.

En la sub cuenca III de Managua, los pequeños, medianos productores, así como las zonas urbanizadas se han visto afectados por colonias de hormigas defoliadoras, el control de estas colonias en el área de estudio se ha realizado a través de métodos mecánicos y químicos, en cierto modo la falta de información sobre el ciclo biológico de hormigas defoliadoras influye en la poca efectividad de los métodos para poder controlarlas.

La presente investigación se realizó en el período de mayo – noviembre y pretende dar a conocer un poco sobre la biología y ecología de las hormigas, por otra parte hace mención de las especies vegetales afectadas por estos insectos en la sub cuenca III de Managua. Este estudio va dirigido a pequeños productores, investigadores, estudiantes y personas interesadas en combatir nidos de hormigas defoliadoras.

3. JUSTIFICACION.

En Nicaragua, anteriormente se han realizado investigaciones enfocadas principalmente en plantas de interés económico como cultivos de cítricos, plantaciones frutales, ornamentales y hortalizas donde se ha observado que las especies de hormigas defoliadoras provocan el corte de las hojas, brácteas de los frutos, flores y deformaciones en los tallos, reduciendo de esta forma la producción exitosa de los cultivos o incluso ya sea en plántulas.

Sin embargo no existen investigaciones que se centren en evaluar el efecto que ejercen las especies de hormigas defoliadoras sobre las especies vegetales como: plantaciones forestales, frutales, ornamentales y áreas urbanizadas; el fin de éste trabajo investigativo es conocer los efectos que han ocasionado las hormigas defoliadoras en las especies vegetales de la sub cuenca III de Managua.

Por lo antes expresado se pretende dar a conocer a la población de la zona las preferencias de forrajeo vegetal de las especies de hormigas defoliadoras y brindar una breve síntesis sobre los diferentes tipos de controles mecánicos y biológicos que se pueden emplear para reducir a la población de hormigas dentro de los distintos ecosistemas e incluso en áreas urbanizadas de la sub cuenca III de Managua.

Esta investigación pretende generar información sobre las especies vegetales afectadas por hormigas defoliadoras, con el propósito de impulsar a investigadores para continuar generando estudios que propongan opciones en el control de estos insectos, contribuyendo en la disminución del uso de agroquímicos. Esto podría favorecer a los pequeños productores, jardineros y demás personas que estén interesados en capacitarse y conocer sobre el comportamiento biológico y ecológico de estos.

4. OBJETIVOS

4.2. GENERAL

- Describir el nicho ecológico de *Atta cephalotes* en la sub cuenca III de Managua.

4.3. ESPECÍFICOS

- Caracterizar el nicho ecológico de *Atta cephalotes*.
- Calcular la biomasa removida por *Atta cephalotes*.
- Indagar los métodos de control utilizados por los pobladores.

MARCO REFERENCIAL

5. ANTECEDENTES

El departamento de Managua ha tenido poco desarrollado investigativo, que contribuya a la identificación de especies de hormigas forrajeras y sus afectaciones a la flora, sin embargo hay investigadores nacionales e internacionales que se han destacado en el estudio de insectos en la región Neotropical y de Nicaragua principalmente las hormigas forrajeras, a continuación se hace mención de:

En 1993, el Dr. Jean Michel Maes, en su publicación *Revista nicaragüense de entomología* argumenta que la subfamilia Myrmicinae es la más numerosa en el país entre los cuales forman parte las hormigas forrajeras y los géneros registrados para nuestro país hace mención de *Atta* y *Acromyrmex* distribuidos en los departamentos de Carazo, Managua y León.

En 1997, Bayardo Etienne en su tesis *Especies de zompopos en los departamentos de Estelí y Somoto, región I de Nicaragua, y el efecto de cuatro plantas en su actividad* detalló sobre el tratamiento de cuatro tipos de hojas de especies vegetales que utilizó como control para contrarrestar poblaciones de hormigas forrajeras, llegando a obtener un resultado significativo con el uso de éste método y concluyendo que la especie dominante para esa región es *Atta cephalotes* y *Atta* sp.

Entre los aportes internacionales que contribuyen a la identificación de hormigas forrajeras se puede mencionar a Vaccaro y Mousques en 1997 con su artículo *Hormigas cortadoras (Géneros Atta y Acromyrmex) y tacurúes en Entre Ríos* detallan sobre los efectos directos e indirectos que las hormigas forrajeras causan sobre los cultivos forestales, cítricos, pasturas y viveros en general, también explican que la magnitud de daños que ocasionan los distintos géneros de hormigas forrajeras dependerá de la cantidad de colonias existentes en un área, principalmente el aprovechamiento que se le destine al terreno, asimismo especifican el control químico que utilizan para combatir a éstos insectos.

En 2015, Fernández, Castro-Huerta & Serna en su monografía *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)* detallan las especies que ocupan el territorio, además incorporan conocimiento actual de carácter filogenético, ecológico, distribución geográfica e historia natural de las hormigas Attini; Por otra parte explican el daño que causan las hormigas en la agricultura y silvicultura del país, asimismo brindan información acerca de las estrategias y manejo integrado de las hormigas cortadoras de hojas en Colombia.

6. MARCO TEORICO

6.1. División de una sociedad de hormigas

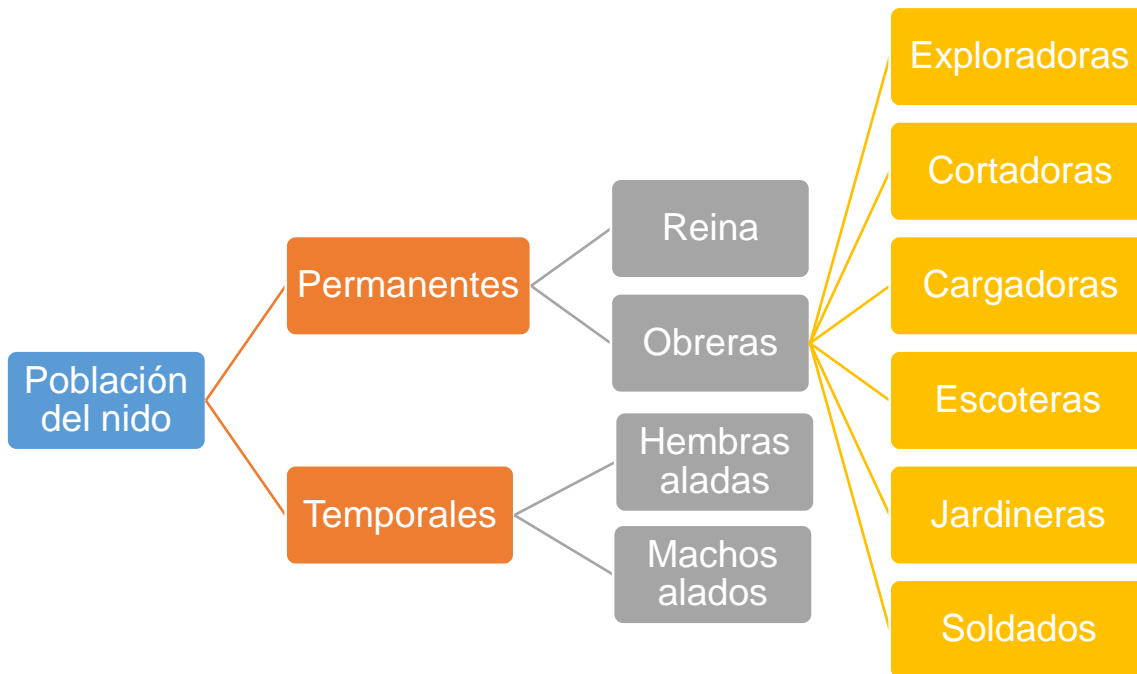


Figura N° 1. División social de las hormigas defoliadoras, adaptado de Vergara, 2005 y tomado de Herrera, 2009.

Las hormigas constituyen globalmente la tercera parte de la biomasa animal total (Hölldobler & Wilson, 1990; Fernández, 2003; López, 2008). Son tan abundantes y exitosas por su forma de organización y división social la cual está mejor estructurada en todo el reino animal, cada especie de hormiga dentro de la colonia tiene asignada tareas de actividades reproductivas y no reproductivas (Wilson, 1963; Escobar *et al.*, 2002; Vergara, 2005; Herrera, 2009).

En un nido de hormigas (polimórficas), encontramos una variedad de obreras, la diferencia en sus tamaños y formas es inducida por el nido durante el desarrollo larval, obteniendo obreras morfológicamente especializadas para diferentes labores.

La población de un nido de hormigas defoliadoras se divide en hormigas permanentes (ápteras) y hormigas temporales (aladas); dentro de las hormigas permanentes se encuentra la reina y las obreras, estas últimas constituyen el mayor porcentaje de miembros en un nido, su edad tiene mucha influencia en cuanto al rol que desempeñan dentro de un nido (Jaffé, 2004; Escobar *et al.*, 2002; Vergara, 2005).

Herrera, (2009) describe a las castas de hormigas defoliadoras, detallando que las obreras exploradoras se encargan de examinar el terreno, seleccionar el material vegetal que debe ser cortado y transportado al nido, guiar a las hormigas encargadas del corte y transporte usando la comunicación de feromonas, sustancia química percibida a través de sus antenas.

Las cortadoras poseen mandíbulas grandes y su función es realizar el corte de fragmentos vegetales y en algunos casos transportarlo al nido; a las hormigas cargadoras les corresponde el transporte del material vegetal y la extracción de tierra de las distintas cámaras del nido.

Las escoterías se encargan de limpiar el material vegetal cuando es transportado hacia el nido para evitar la entrada de predadores y cuerpos extraños. Las hormigas jardineras son pequeñas, se ocupan de cortar en pequeños fragmentos el material vegetal que es llevado al nido, cultivar el hongo, cuidar y alimentar a la reina y larvas, así como trasladar huevos y pupas dentro y fuera del nido.

Los soldados presentes en el género *Atta* son hormigas de mayor tamaño, presentan mandíbulas muy desarrolladas, crecimiento alométrico entre su cabeza y el resto del cuerpo, su función es la defensa del nido y pueden localizarse en las entradas y en los jardines del hongo. (Jaffé, 2004; Vergara, 2005; Herrera, 2009).

6.2. Ciclo biológico de las hormigas

6.2.1. Reproducción

Generalmente al comenzar las lluvias en el trópico salen volando en un día y a una hora determinada miles de hormigas, machos alados y hembras fértiles aladas de sus nidos para reproducirse sexualmente mediante la cópula, la cual se realiza a cierta altura sobre el suelo en pleno vuelo, también pueden hacerlo asexualmente, los huevos no fecundados de una hembra (reina u obrera) producen machos (sistema genético de reproducción haplodiploide). Las hembras pueden copular más de una vez, mientras el macho realiza una cópula única después de la cual muere, una vez que fue realizado el proceso de la cópula, la hembra regresa a la superficie, se desprende de sus alas y comienza a buscar un refugio para establecer un nuevo nido. (Jaffé, 1993). La reina guarda cuidadosamente todos los espermatozoides de su macho en su espermateca (estructura equivalente a banco de semen; cada vez que ella permita que uno de sus óvulos sea fecundado por un espermatozoide, nacerá una hormiga hembra (diploides) que originan las diferentes subcastas de obreras, en cambio si sólo coloca un óvulo sin fecundar producirá un huevo macho o también llamado zánganos (haploides). (Hölldobler & Wilson, 1996).

6.2.2. Ciclo de vida de una obrera

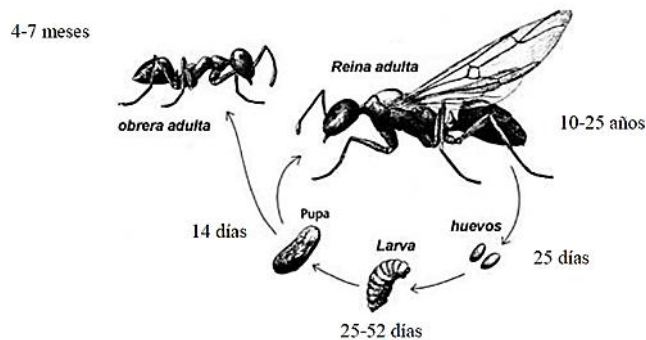


Figura n° 2. Ciclo biológico de las hormigas defoliadoras, adaptado de Vergara, 2005 y tomado de Herrera, 2009.

Como en la mayoría de los insectos, las hormigas ponen huevos, de los que nacen larvas, éstas son alimentadas por sus hermanas ya que poseen poca movilidad, al crecer cambian su piel en muda sucesivas, después de varias mudas, la larva produce una seda con la cual teje un capullo en el que queda encerrada, de la misma manera como lo hacen las larvas de mariposas, hasta que llega a su estado adulto; durante el proceso de metamorfosis la larva muestra características intermedias en larva y adulto, llamándose crisálidas o pupas hasta que finalmente llega a la etapa adulta (Jaffé, 1993).

Se plantea que el ciclo biológico de las hormigas defoliadoras tienen metamorfosis completa con un estado inmaduro que dura entre 64 y 91 días: el estado huevo dura 25 días; la larva de 25 a 52 días; y la ninfa 14 días; el estado maduro dura entre cuatro y siete meses para la mayoría de las castas, exceptuando los soldados que pueden vivir dos años y la reina que sobrevive entre 10 y 25 años. (Escobar *et al.*, 2002; Vergara, 2005).

6.2.3 Ciclo de vida de un nido de hormigas defoliadoras

El ciclo de vida de un nido de hormigas defoliadoras se divide en tres fases: fundación, crecimiento y reproducción:

6.2.3.1 Fase de fundación

Se inicia cuando una reina recién apareada encuentra un lugar de nidificación, después de su vuelo nupcial, al llegar al suelo la reina puede desplazarse hasta 10 kilómetros para fundar un nuevo nido, ella se desprende sus alas con movimientos fuertes contra el suelo o con las mandíbulas, y excava un orificio en el que se entierra y empieza a formar una cámara (25 a 30 cm) que se observa en la superficie del suelo como un montículo de tierra sin un orificio. Posteriormente la reina regurgita el hongo simbiótico que trae en su cavidad bucal desde el nido madre, inicia el cultivo del hongo y la ovoposición de varias clases de huevos, algunos de éstos huevos son utilizados para la alimentación del pequeño nido, mientras las primeras obreras salen al exterior en busca de material vegetal (Jaffé, 1993; Fernández, 2003; Vergara, 2005; Varón *et al.*, 2008).

6.2.3.2 Fase de crecimiento

La fase de crecimiento empieza cuando entra en maduración la primera generación de obreras, son las que emergen al exterior encargadas de construir el nido y a desarrollar diferentes actividades de acuerdo a su casta, alimentación de la reina y larvas, cuidado de la cría, colecta de material vegetal para crear la superficie fúngica y que el nido empiece a progresar (Fernández, 2003; Vergara, 2005). El desarrollo completo de un nido de hormigas dura 3 años para el género *Atta* (Jaffé, 1993; Vaccaro & Mousques, 1997). En esta fase las hormigas crecen exponencialmente porque todos los recursos se orientan a la búsqueda de alimento y a la crianza de obreras (Wilson 1971; Tschinkel, 1993; Herrera, 2009). Por lo tanto el nido ha madurado es decir, tiene las densidades poblacionales de las distintas castas que le permiten realizar todas sus actividades.

6.2.3.3 Fase de reproducción

La reina pone huevos fertilizados (hembras aladas) y no fertilizados (destinados a ser machos alado) por lo general al inicio de la época lluviosa y cuando las condiciones ambientales son propicias vuelan lejos del nido madre para buscar parejas de otros nidos. De cada nido salen alrededor de 18,000 alados 3,000 hembras y 15,000 machos; aproximadamente (Vaccaro & Mousques, 1997; Fernández, 2003; Vergara, 2005).

6.3. Origen y distribución de las hormigas defoliadoras

Desde hace unos 100 millones de años ya existían las hormigas en el planeta, éstos insectos aparecieron en el período cenozoico, su antigüedad como grupo refleja su éxito sobre la tierra. Las especies de hormigas del género *Atta* conocidas comúnmente como hormigas podadoras, arrieras, forrajeras, cortadoras de hojas o defoliadoras se agrupan en la tribu Attini (Hymenoptera) endémica de la región neártica y neotropical (Cherrett *et al.*, 1989; Escobar *et al.*, 2002; Fernández, 2003; Lugo *et al.*, 2013). Son las únicas que muestran una dependencia obligatoria con simbiontes fúngicos como fuente de alimento, tienen tanto éxito que son capaces de mantener el hongo libre de patógenos microbianos (Currie, 2001). Poseen antenas de 11 segmentos sin maza antenal. Fernández (2003) en su libro nos asegura que la sub familia Mirmicinae comprende 24 tribus y 140 géneros vivientes en el mundo, además cuenta con 19 tribus y 55 géneros en la región neotropical.

6.3.1. Aspecto interno y externo de un nido de hormigas defoliadoras

La mayoría de las hormigas construyen un tipo de nido en particular a su especie, lo que hace que exista una gran variedad de nidos, una misma especie puede construir más de un tipo de nido, esto en dependencia de las condiciones climáticas de la región en que habita el nido, las facilidades que el ecosistema le ofrece o incluso la estación del año.

Los nidos se pueden clasificar según la distribución espacial en monodómicos. (Un solo nido) y polidómicos (una misma colonia utiliza varios nidos a la vez). Otra manera de clasificar es según el ambiente en que son construidos, podemos hacer mención de nidos arbóreos, superficiales y subterráneos, éste último es el más común entre las especies de hormigas. (Jaffé, 1993).

6.3.2. Aspectos biológicos de las hormigas defoliadoras

Los caracteres morfológicos utilizados para identificar las especies del género *Atta* son los siguientes:

- ✓ Color y textura de la superficie del cuerpo.
- ✓ Número y forma de espinas dorsales.
- ✓ Velloso y forma de la superficie dorsal del abdomen.
- ✓ Apariencia, intensidad y forma de la cobertura sedosa en la frente de soldados.
- ✓ Ancho de la cabeza: profundidad y ángulo formado por hendidura centro occipital de la cabeza.
- ✓ Forma y cantidad de ocelos.
- ✓ Relación entre la longitud de las espinas occipitales y el diámetro máximo del ojo compuesto.
- ✓ Relación entre el tamaño máximo del escapo (primer segmento de antena) y distancia entre ojos compuestos. (Arguello & Gladstone, 2001; Fernández, *et al.*, 2015)

6.3.3. Búsqueda de alimento y sistema de reclutamiento de las hormigas defoliadoras

Las hormigas han evolucionado una nueva estrategia de búsqueda de alimento, éste proceso se dividen en dos fases: la exploración para descubrir las fuentes de alimentos y la recolección del mismo ya sea en forma individual o colectiva. Todas las especies pertenecientes al género *Atta* utilizan un sistema de exploración programada, inician la exploración hacia aquellos lugares donde han descubierto alimento recientemente, memorizando los lugares promisorios o regresan hacia ellos por medio de trillas químicas de reclutamiento que utilizaron para recolectar el alimento, durante el seguimiento del rastro algunas obreras se desvían por error descubriendo nuevas áreas, aumentando la probabilidad de que el nido incorpore nuevas fuentes de alimentación. (Jaffé, 2004).

6.3.4. Tipo de hongo cultivado por hormiga defoliadora

Todas las especies de la tribu *Attini* (*myrmicinae*) cultivan un hongo simbiote para alimentar a sus crías y a los adultos, el caso más estudiado es el de las especies defoliadoras del género *Atta*, éstas hormigas llevan los fragmentos de hojas a sus nidos, lo preparan, añadiéndole enzimas digestivas, saliva y excreción, ésta pulpa vegetal es ofrecida al hongo de modo que la superficie fúngica aumente produciendo proteínas y aminoácidos a partir de la celulosa que constituye en gran medida el alimento de las larvas, mientras que las obreras se alimentan mayormente de azúcares en la savia de las hojas que cortan. (Jaffé, 1993; 2004).

La especie de hormiga del género *Atta* se especializa en consumir un hongo de tipo *Leucoagaricus gongylophorus* al cual alimenta con un bolo alimenticio constituido por las hojas que cortan de los árboles Maes (1993); Fernández, (2003); Fisher, (1994). La interacción biológica entre el hongo y las hormigas es un mutualismo, éstos insectos cargan las esporas del hongo en su cuerpo o área del cuello (Haines, 1975); las hormigas dentro del nido realizan constante remoción de suelo favoreciendo en desarrollo a las especies vegetales cercanas a sus colonias.

Atta cephalotes ha desarrollado una estrategia de supervivencia contra un hongo parásito del género *Escovopsis* (Ascomycotina) A partir de la simbiosis mutualista entre una bacteria perteneciente al género *Pseudonocardia*, las hormigas han desarrollado bolsas y glándulas especiales en sus cuerpos para albergar y alimentar a sus compañeros bacterianos.

6.3.5. Principales cambios morfológicos y fisiológicos de las hormigas defoliadoras

Hace unos 40 millones de años, la actual hormiga defoliadora era una cosechadora de semillas y otros órganos vegetales de la naturaleza para su alimentación directa, por casualidad se encontró con un hongo, tal vez un basidiomiceto, saprófito de materia orgánica en descomposición, poseedor de conidióforos y conidias, el cual contaminó el material alimenticio dejado por las hormigas en una de sus cámaras dentro de la superficie del suelo, este fue el inicio de una simbiosis mutualista u obligada. Esta asociación y el pasar de los años ha transcurrido a una coevolución y adaptaciones de tipo morfológico y fisiológico en ambas especies (Wilson, 1993).

6.3.6. Papel ecológico de las hormigas defoliadoras

En todo ecosistema existe una cadena trófica y cada organismo ocupa un lugar dentro de ella, las hormigas se ubican en diferentes partes de esta cadena, hay especies, carnívoras, detritívoras y herbívoras ésta última incluye a las hormigas defoliadoras que cultivan un hongo simbiote , su actividad podadora no siempre es negativa sobre la flora circundante, como éstas especies podan generalmente partes específicas de las plantas pueden regular a su vez el crecimiento diferencial en una misma planta o entre diferentes especies de plantas, acelerando o disminuyendo el crecimiento de hojas, tallos, flores y frutos; Además estas hormigas acumulan gran cantidad de nutrientes en un solo lugar permitiendo el crecimiento de otras especies vegetales. (Jaffé, 2004).

6.3.7. Nicho ecológico

Posición de una especie (individuo, población) en el espacio, en el tiempo y sus relaciones funcionales con la comunidad que ocupa ese hábitat, distribución y abundancia.

El nicho es un atributo fenotípico (conductual) de un individuo o población y varían según cambien los recursos empleados, no existen nichos vacíos. (Elton, 2000)

6.4. Estratificación vegetal vertical

En los bosques desarrollados podemos encontrar diferentes estratos como:

Árbol: m. Vegetal leñoso, por lo menos de 5 m. de altura, con el tallo simple (en este caso se denomina tronco) hasta la llamada cruz, en que se ramifica y forma la copa, de considerable crecimiento en espesor.

Arbusto: m. Vegetal leñoso, de menos de 5 m. de altura, sin un tronco preponderante, porque se ramifica a partir de la base.

Hierba: (del lat. Herba), f. planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos. Las hierbas son comúnmente anuales o vivaces, sólo raramente perennes. (Font Quer, 1982).

6.4.1. Defensas de especies vegetales contra hormigas defoliadoras

Muchas plantas para protegerse de las hormigas han desarrollado estructuras de defensas o componentes repelentes muy efectivos, secretan sustancias viscosas destinadas a impedir su consumo por ejemplo se puede mencionar el látex de las Moraceae, Apocynaceae o Euphorbiaceae, también algunas resinas funcionan como repelente (Jolivet, 1986; Fernández, 2003). La estrategia más común entre las plantas Angiospermas es la producción de hojas jóvenes con altos compuestos tóxicos con el fin de protegerse de insectos fitófagos y otros herbívoros. Según Howard (1987); Fernández (2003) los compuestos tóxicos pueden variar en función de la edad de las hojas o su estacionalidad. Algunas plantas superiores de la región neotropical desarrollaron sustancias aleloquímicas para defenderse de las hormigas defoliadoras, entre estos compuestos secundarios se puede mencionar: taninos, alcaloides, lípidos repelentes, fenoles o terpenos y sus derivados.

6.5. Distribución geográfica de las hormigas defoliadoras en Nicaragua.

Cada especie de hormiga defoliadora es limitada a un área geográfica específica, ninguna se encuentra en todo tipo de hábitat, algunas especies son restringidas a ciertos climas, altitudes, tipos de bosques o tipo de suelos. Del género *Atta* hay tres especies distintas que se han localizado en diferentes zonas del país por ejemplo la hormiga defoliadora (*Atta cephalotes*) es la especie ampliamente distribuida en toda Nicaragua, es común en bosques latifoliados secos y latifoliados húmedos, prefiere áreas donde el suelo es arenoso, suelto y profundo, ocasionalmente puede encontrarse en suelos arcillosos; las otras dos especies se han encontrado en el extremo norte *A. mexicana* y en el extremo sur *A. colombica* (Maes, 1993; Arguello & Gladstone, 2001).

6.6. Pérdidas vegetales causadas por hormigas defoliadoras

Los nidos de las especies de hormigas defoliadoras han ocasionado daños estructurales debilitando viviendas, carreteras, cosechas, bosques y plantas ornamentales o de jardín. Estos insectos para mantener su hongo simbiote tienen que cortar grandes cantidades de material vegetal fresco; los daños causados por las hormigas pueden ser directos o indirectos y su magnitud de daño depende de la cantidad de nidos existentes en un área. Las distintas especies de hormigas defoliadoras tienen preferencias por determinadas plantas, seleccionan vegetales tiernos, destruyendo parte de los tejidos del meristema del crecimiento, en este caso la especie vegetal para poder reconstruir éstos tejidos se demora un tiempo prolongado (Vaccaro & Mousques, 1997).

Cabe destacar que a las hormigas defoliadoras se les ha catalogado como plagas por que atacan secundariamente los tallos tiernos, brácteas de los frutos y flores de las especies vegetales. En Nicaragua se han realizado estudios que se refieren a plagas en cultivos y las hormigas defoliadoras integran parte de este papel, se puede hacer mención de algunas especies vegetales afectadas, la pitahaya (*Hylocereus undatus*) el daño se ha observado en la rotura de las hojas, brácteas de los frutos, flores, deformaciones en los tallos, reduciendo de esta forma la producción del cultivo, también estos insectos han tenido su efecto sobre las plantaciones de cítricos (*Citrus x limon*) cortando las hojas en forma de semicírculo, se puede decir que podrían desfoliar un árbol de naranja o limón en una noche (INTA, 2002; Jiménez & Rodríguez, 2014).

Se ha detectado afectaciones de hormigas defoliadoras en plantaciones de Amaranto (*Amaranthus sp.*) en el departamento de Matagalpa en el CDT-INTA, estos insectos atacan por lo general las hojas del cultivo o ya sea en plántula (Zelaya, 2015). Otros estudios aportan que la hormiga del género *Atta* ha tenido influencia sobre la especie arbórea *Mangifera indica*, esto se debe a que los fragmentos de hojas los llevan a sus nidos para cultivar el hongo del que se alimentan (Ruiz & Flores, 2007).

Otro cultivo de importancia económica en el país es el Cacao (*Theobroma cacao*) el cual está siendo afectado por especies de hormigas defoliadoras de manera severa en sus hojas y flores durante los primeros años de crecimiento o inclusive en fase de vivero (INTA, 2010).

6.7. Clasificación taxonómica del género *Atta*

Tabla N° 1 Clasificación taxonómica del género *Atta*.

Clasificación taxonómica del género <i>Atta</i>	
Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hymenoptera
Familia:	Formicidae
Subfamilia:	Myrmicinae
Tribu:	Attini superior
Género:	<i>Atta</i>
Especie:	<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)
Fuente:	Arguello & Gladstone, 2001; Fernández, 2003; Muñoz, 2017.

6.8. Características morfológicas del género *Atta*

Anteriormente se hizo mención que las hormigas defoliadoras pertenecen a la tribu Attini, ésta tribu se diferencia de las demás hormigas por las siguientes características morfológicas:

- ✓ Poseer tres pares de espinas dorsales puntiagudas
- ✓ Presentar polimorfismo entre obreras
- ✓ Abdomen liso
- ✓ Tener el primer segmento del abdomen dividido en dos: pecíolos y postpecíolo
- ✓ Únicas en cortar y acarrear fragmentos de hojas, flores, frutos en cantidades significativas, los cuales utilizan para cultivar el hongo que constituye su alimento
- ✓ El opistogáster no presenta tubérculos (Arguello & Gladstone, 2001; Fernández, *et al.*, 2015).

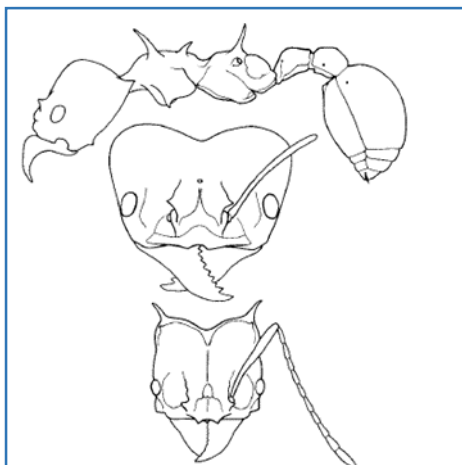


Figura n° 3. Morfología externa del género *Atta*, tomado y adaptado de Fernández, 2003.

En Nicaragua se puede encontrar a tres especies de *Atta*, la especie ampliamente distribuida en el país es *Atta cephalotes*, las otras dos especies se han encontrado en el extremo norte *A. mexicana* y en el extremo sur *A.colombica* del país (Maes, 1993; Arguello & Gladstone, 2001).

De acuerdo con Arguello y Gladstone (2001), las características morfológicas de la especie *Atta cephalotes* son:

- ✓ Tres 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.
- ✓ Las obreras miden hasta 1.5 cm.
- ✓ Notable diferencia de tamaño entre castas.

6.8.1. El nido de *Atta cephalotes*

El nido de la hormiga defoliadora y cultivadora de hongos del género *Atta* es uno de los nidos subterráneos más complejos conocido entre los insectos. El nido abarca un radio de unos 20 metros de diámetro y unos 5 metros de profundidad. Consta de una galería central, de la cual se desprenden múltiples galerías pequeñas que conducen a las cámaras donde ésta hormiga cultiva su hongo simbiote.

Las galerías que comunican con la superficie terminan en montículos de tierra en forma de cráter, funciona como chimenea para regular el flujo del aire que circula a través del nido con el fin de mantener una temperatura constante y a su vez mantener humedad relativa, con respecto a la concentración de dióxido de carbono es regulada en estos nidos.

En la parte más profunda del nido se encuentra la cámara de los desperdicios, es de mayor dimensión que las demás cámaras, ésta es utilizada para producir calor y dióxido de carbono gracias a la fermentación y degradación bacteriana de los desperdicios.

Cada especie de *Atta* tiene nido con características propias, la cámara de desperdicios varía de especie en especie, y la forma del nido se ajusta a las condiciones climáticas, en zonas húmedas el nido es poco profundo que en zonas secas, también influye parcialmente la contextura del suelo. (Jaffé, 1993).

6.8.2. Fauna asociada

Las hormigas defoliadoras establecen simbiosis con áfidos y otros homópteros que producen soluciones azucaradas para ellas a cambio de ser protegidos de depredadores y parasitoides, muchos insectos y otros artrópodos pasan parte de su ciclo de vida en los nidos de las hormigas refugiándose en ellos y en algunos casos alimentándose de lo colectado por la colonia. Algunas especies de serpientes se establecen en el interior de los nidos de las hormigas defoliadoras ocupándolo como sitios de oviposición, siendo esta interacción obligatoria para las serpientes en algunos casos. (Weber, 1972).

6.8.3. Enemigos naturales de las hormigas defoliadoras

Existen diversos organismos que naturalmente utilizan a las hormigas como presas u hospedadores, entre los enemigos naturales que tienen las hormigas defoliadoras están gusanos nemátodos, arañas, chinches y otros invertebrados o patógenos que causan enfermedades a las hormigas y al hongo que ellas cultivan, por ejemplo las moscas llamadas "fóridos" de la familia Phoridae parasitan el cuerpo de las hormigas para el desarrollo de la larva y, dependiendo de la especie que se trate, colocan sus huevos en diferentes lugares del cuerpo de las mismas. Entre los vertebrados depredadores de las hormigas se menciona aves, sapos, lagartijas, serpientes y mamíferos especializados como los osos hormigueros y los armadillos. (Schultz & McGlynn, 2000; Elizalde, 2015).

6.9 Tipos de control utilizados para combatir nidos de hormigas defoliadoras

Las comunidades de pequeños, medianos productores, jardineros y demás personas recurren al control de hormigas defoliadoras mediante diferentes métodos, empíricos, químicos y mecánicos. (Insecticidas, carburantes, excavación).

6.9.1 Control mecánico

Consiste en la destrucción física del nido de hormigas, esto conduce a la remoción de la reina, alcanzando el jardín fúngico, destruyendo de ésta manera el hormiguero, ésta práctica es común en nidos grandes y fuertes; también cuando ocurren los vuelos nupciales y la reina realiza la búsqueda para fundar un nuevo nido, implica mayor facilidad de eliminar ésta colonia. Otros controles se puede mencionar el uso de barreras de plásticos alrededor de la planta rociada con aceite negro, vaselina (Arguello & Gladstone, 2001; Montoya-Lerma *et al.*, 2012; Jiménez & Rodríguez, 2014).

6.9.2. Control químico

Las hormigas defoliadoras viven en nidos subterráneos compuestos por miles de obreras dependiendo de la especie, la profundidad y el tamaño del nido, además solamente dependen de una sola reproductora que se encuentra profundamente en una de las galerías, incide en la eficacia de la mayoría de los métodos de control químico, esto ocurre cuando al aplicar un plaguicida el número de castas obreras se reduce temporalmente, por consiguiente el nido eventualmente se recupera y vuelve a su tamaño normal porque el insecticida no logró ingresar a profundidad para eliminar a la reina (Gladstone, 2001).

En la década de los 80 el método común más usado para controlar a las hormigas defoliadoras fue Mirex mezclado con cebos atrayentes (Gladstone, 2001). Otros plaguicidas orgánicos sintéticos utilizados en el país para combatir hormigas defoliadoras se puede mencionar el insecticida órgano-fosforados desarrollado en las décadas de los 50 y 60, ejemplo: lorsban (PROMIPAC, 2002).

6.9.3. Control biológico

Maes, (1999); Jiménez & Rodríguez, (2014) En su libro nos hace mención sobre algunos insectos que funcionan como enemigos naturales del género *Atta* sp. De los cuales *Apocephalus attophilus*, *Myrmosicarius crudelis*, *Neodohniphora calvetri* son pertenecientes al orden (Diptera: Phoridae), *Vescia angrensis* (Heteroptera: Reduviidae), *Canthon dives*, *C. virens* (Col.: Scarabaeidae), *Taeniolobus sulcipes* (Coleoptera: Carabidae).

También ejercen función los hongos entomopatógenos como (*Beauveria bassiana*), el cual tiene efecto sobre las diferentes castas de la población de hormigas defoliadoras, además el hongo (*trichoderma harzianum*) compite con el hongo que crece en los nidos y del cual se alimentan las hormigas (Soza Gómez, 2000; Jiménez & Rodríguez, 2014).

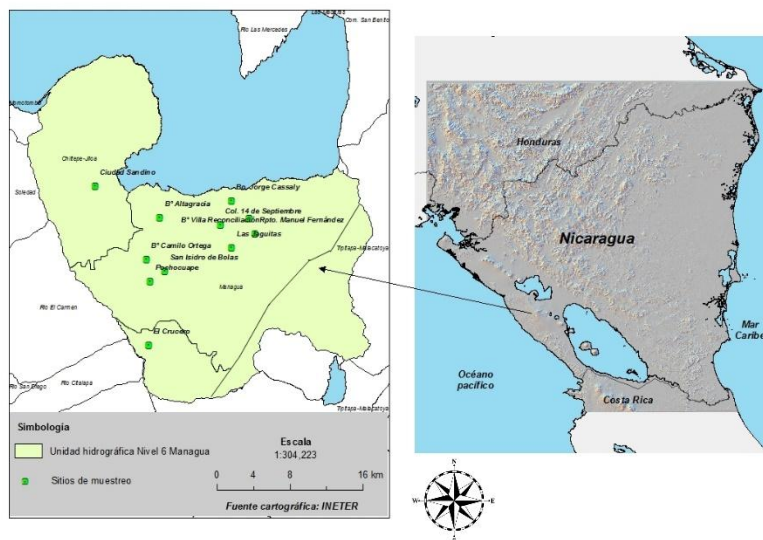
7. PREGUNTAS DIRECTRICES

1. ¿Cómo es el nicho ecológico de *Atta cephalotes* en la sub-cuenca III de Managua?
2. ¿Cuánta biomasa remueve *Atta cephalotes*?
3. ¿Qué métodos utilizan los habitantes para controlar a las hormigas defoliadoras?

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Ubicación del área de estudio

Este estudio se realizó en la sub cuenca III de la cuenca sur de Managua, en las coordenadas 584857N; 1338271E. El departamento de Managua presenta una precipitación promedio de 1119.8mm anuales con una temperatura medio anual de 26.9°C, entre altitudes que oscilan los 41-900 msnm; el tipo de bosque predominante es bosque seco (INETER, 2012).



8.2. Tipo de estudio

El estudio es de carácter descriptivo porque se centra en describir los efectos de las hormigas defoliadoras sobre las especies vegetales, con enfoque cualitativo porque describe fenómenos de relaciones ecológicas de selección propia de las especies investigadas y de cohorte transversal porque el estudio se realizó en un lapso de tiempo relativamente corto (seis meses).

8.3. Universo de estudio

Todas las especies vegetales afectadas por zompopos y las colonias presentes en la subcuenca III de Managua que tiene una extensión de 176.44 km². El municipio de Managua posee una extensión territorial de 267 km² y el Municipio del Crucero con una extensión de 210 km².

8.4. Población

Todas las especies vegetales y colonias de *Atta cephalotes* encontrados en la cuenca sur de Managua en tres estratos altitudinales: zona alta con una altura promedio de 723, zona media con una altura de 317 y zona baja con 134 msnm. La subcuenca III de Managua que tiene una extensión de 176.44 km².

8.5. Muestra

Fue realizado en once sitios comprendiendo un total de 67 puntos de muestreo (tabla n° 6), en el cual se observó *in situ* a las especies vegetales afectadas por hormigas defoliadoras; asimismo se recolectaron 536 individuos (soldados) pertenecientes a la especie *Atta cephalotes*; se registró un total de 976 troneras, además se realizó la colecta del material vegetal que cargaban las hormigas. Se tomó un micelio de una colonia en San Isidro de Bolas (0577707N; 1334864E). Se realizaron 98 encuestas a los pobladores para obtener información de las especies defoliadas y los métodos de control empleados.

8.6. Métodos de colecta de información

8.6.1. Colecta in situ

Se identificaron *in situ* a las especies vegetales, algunas fueron reconocidas a partir de referencias bibliográficas botánicas, otras muestras fueron identificadas por un especialista botánico, en cuanto a la clasificación de las hormigas defoliadoras se utilizó un estereoscopio y claves dicotómicas de hormigas neotropicales para su identificación (Mackay & Mackay 1989; Maes, 1993; Fernández, 2003).

8.6.2. Colecta de material vegetal

Los nidos de *Atta cephalotes* fueron muestreados de 5:00 pm a 9:00 pm, la actividad forrajera se midió con un cronómetro en un lapso de 10 minutos a conveniencia, en caso de observar hormigas con carga vegetal; el material vegetal transportado por las hormigas hacia su nido fue tomado manualmente y colocadas en bolsas de plásticos con su código de muestra para ser trasladadas al laboratorio, además fueron determinadas taxonómicamente hasta nivel de especie vegetal, posteriormente fueron pesadas con un error menor a 0,1 mg en una balanza analítica cristal o gravimétrica Gibertini-100SM, ésta colecta fue efectiva adaptando el "Método Robin Hood" (Cherret 1968, 1972; Rockwood 1975, 1976; citado por Farji & Protomastro, 1992).

8.6.3. Colecta de hormigas defoliadoras

Se realizó la captura directa de 8 individuos de hormigas defoliadoras (soldados) en una cámara letal conteniendo alcohol etílico al 70 % y código de muestra.

8.6.4. Ficha de Campo

Donde se describieron las características de las especies vegetales afectadas, n° de colonias: vías de entrada y salida de hormigas defoliadoras, coordenadas de los sitios muestreados y cantidad de individuos de hormigas soldados capturados en las zonas de estudio. **(Anexos Tabla n° 5)**

8.6.5. Encuestas

En cada sitio de muestreo se realizaron encuestas, utilizando un formulario adecuado para el caso **(Anexo # 1)** con el propósito de recopilar información de las experiencias y conocimientos que tienen los pobladores de la zona acerca de las hormigas defoliadoras; ésta información fue de gran utilidad para evidenciar datos sobre la problemática en estudio.

8.6.6. Software

Se utilizaron 2 tipos de programas de Office Word 2007 para el ingreso y análisis de datos y Excel 2010 para la inserción de datos numéricos, elaboración de tablas y gráficos sobre la cantidad de individuos de hormigas, cantidad de especies vegetales defoliadas y cantidad de métodos de control utilizados en la zona de estudio.

Se procedió a insertar las coordenadas de los sitios muestreados en la página web www.gpsvvisualizer.com, obteniéndose una imagen de la delimitación del área estudiada.

8.7. Materiales de recolección de la Información

Lápices: con el que se realizaba cada una de las anotaciones para hacer posible los resultados de la investigación.

Libreta de campo: Se describió características morfológicas de la especie de *Atta cephalotes*, vías de entrada y salida, número de troneras, cantidad de individuos de hormigas soldados capturados en las zonas de estudio, fauna asociada, peso/sustrato, características morfológicas de las especies vegetales afectadas, descripción del tipo de hongo cultivado por *Atta cephalotes* y coordenadas geográficas de los sitios muestreados.

Algodón: fue colocado de base en la cámara letal para evitar que los individuos de hormigas defoliadoras (soldados) se dañaran.

Alcohol al 70%: funcionó para preservar cada espécimen de hormigas defoliadoras (soldados) durante su captura *in situ*. Y para la descontaminación del área durante el proceso de inoculación de la muestra del micelio.

Envases de vidrio: Se capturaron y colocaron 8 individuos de hormigas defoliadoras (soldados) con su código de muestra.

Bolsas plásticas pequeñas: se utilizaron para colocar los fragmentos de especies vegetales obtenidas *in situ* conteniendo dentro de ésta su código de muestra.

GPS Garmin ETrex Legend H: Se obtuvo cada una de las coordenadas de la zona estudiada.

Cámara fotográfica Nikon D7100: Se fotografió especies vegetales afectadas de la zona, especies de hormigas defoliadoras (castas), fragmentos vegetales, muestra del micelio y su proceso de inoculación.

Esteroscopio American Optical 570 0.7 4.2X con su accesorio lámpara leyca: Fue posible la observación de las características externas de hormigas defoliadoras (soldados) para su identificación a partir de claves dicotómicas.

Claves dicotómicas de hormigas neotropicales (Mackay & Mackay, 1989; Maes, 1993; Fernández, 2003): por medio de las claves dicotómicas de las hormigas se ubicaron jerárquicamente, también contamos con el apoyo de especialistas entomólogos. (Maes)

Balanza analítica Gibertini 100 SMI (max 110g d= 0,1mg): se efectuó el resultado del peso de los fragmentos vegetales.

Pesola Light Line Spring Scale, 100g: se efectuó el resultado del peso de los fragmentos vegetales.

Computadora: se digitalizó toda la base de datos para hacer posible la investigación.

8.8. Materiales para laboratorio

- ✓ Agar Sabouraud
- ✓ Agua destilada
- ✓ Alcohol 70%
- ✓ Alcohol 98%
- ✓ Asa bacteriológica punta redonda
- ✓ Autoclave All American Model N° 50X
- ✓ Azul de Metileno 2%
- ✓ Cinta adhesiva
- ✓ Gabacha
- ✓ Guantes
- ✓ Incubadora JP. Selecta S.A Incudigit
- ✓ Lupa
- ✓ Estereoscopio American optical con su accesorio lámpara leyca
- ✓ Microscopio Olympus Optical CH30RF100
- ✓ Papel toalla
- ✓ Pinza punta plana
- ✓ Regla milimetrada
- ✓ Tapabocas
- ✓ Tijera
- ✓ Aceite de inmersión
- ✓ Toalla con cloro 5% de dilución
- ✓ Vaselina
- ✓ Fósforos
- ✓ Papel de aluminio
- ✓ Marcador azul
- ✓ Balanza

8.8.1. Cristalería

- ✓ Beaker (Vaso de precipitado)
- ✓ Matraz Erlenmeyer 125 ml
- ✓ Matraz Erlenmeyer 500 ml
- ✓ Mecheros
- ✓ Placa de Petri
- ✓ Porta-objetos
- ✓ Cubre-objetos
- ✓ Tubos de ensayo

8.8.2. Procedimiento para el cultivo

- ✓ Enjuagar tres veces la cristalería con agua destilada (endulzar)
- ✓ Pesar en una balanza 1 gramo de la muestra del hongo
- ✓ Colocar la muestra del hongo dentro del beaker conteniendo agua destilada
- ✓ Pesar en la balanza 3.25 gramos de Agar Sabouraud
- ✓ Esterilizar durante 45 minutos 500 ml de agua destilada en el Autoclave
- ✓ Mezclar vigorosamente en el erlenmeyer conteniendo los 50 ml de agua destilada esterilizada, el Agar Sabouraud
- ✓ Colocar el beaker (vaso precipitado) en el Autoclave para esterilizar a una temperatura de 121°C, por 25 minutos

8.8.3. Inoculación de la muestra del micelio

- ✓ Limpiar las mesas con alcohol al 70% para prevenir contaminación del cultivo de hongo
- ✓ Colocar el triángulo de seguridad a partir de mecheros conteniendo alcohol al 98%
- ✓ Preparar cinco platos Petri, para colocar en cada uno 10 ml de Agar líquido, esperar entre 10-15 minutos a que se enfríe el medio
- ✓ Esterilizar las asas bacteriológicas punta redonda
- ✓ Colocar el asa bacteriológica en la muestra del hongo y realizar el estriado simple por agotamiento, en total 3 asadas por plato con medio de cultivo
- ✓ Sellar con cinta parafina cada plato Petri con su código de muestra, hora y fecha realizada
- ✓ Colocar los cinco platos Petri en la incubadora a una temperatura de 32°C
- ✓ Luego limpiar las mesas con alcohol al 70% para descontaminar
- ✓ Después de 48 horas revisar el crecimiento de los hongos en cada plato petri

8.8.4. Procedimiento para Subcultivo o Resiembra

- ✓ Pesar en la balanza 3.25 gramos de Agar Sabouraud
- ✓ Enjuagar tres veces la cristalería con agua destilada (endulzar)
- ✓ Mezclar vigorosamente en el erlenmeyer conteniendo los 50 ml de agua destilada esterilizada, el Agar Sabouraud
- ✓ Colocar el beaker (vaso precipitado) en el Autoclave para esterilizar a una temperatura de 121°C, por 25 minutos
- ✓ Limpiar las mesas con alcohol al 70% para prevenir contaminación del cultivo de hongo
- ✓ Colocar el triángulo de seguridad a partir de mecheros conteniendo alcohol al 98%
- ✓ Preparar cinco tubos de ensayos con Agar inclinado y tapa rosca, para colocar en cada uno 10 ml de Agar líquido, con ayuda de una jeringa , tapar cada tubo y ubicarlos en un porta tubos de madera, esperar entre 10-15 minutos a que se enfríe el medio
- ✓ Colocar encima de la mesa un paño húmedo con cloro sobre éste los 5 platos Petri con cultivo de hongos, para evitar el esparcimiento de esporas al momento de abrir cada plato
- ✓ Esterilizar las asas bacteriológicas punta redonda
- ✓ Colocar el asa bacteriológica en cada plato petri y realizar el estriado simple en cada uno de los tubos de ensayo con medio de Agar Sabouraud
- ✓ Ubicar en cada tubo de ensayo su código de muestra, hora y fecha realizada
- ✓ Ubicar los cinco tubos de ensayos en la rejilla y colocarlos en la incubadora a una temperatura de 32.7°C
- ✓ Luego limpiar las mesas con alcohol al 70% para descontaminar
- ✓ Observar el crecimiento de micelios y realizar las debidas anotaciones describiendo las características macroscópicas de las colonias
- ✓ Realizar montajes para observar las características microscópicas de cada una de las cepas y observar las láminas preparadas
- ✓ Fotografíar

8.8.5. Observación macroscópica del cultivo

- ✓ Colocar cada plato Petri en el estereoscopio con su accesorio lámpara leyca
- ✓ Medir las colonias con regla milimetrada
- ✓ Utilizar la lupa para tener una observación detallada de las colonias

8.8.6. Observación microscópica del cultivo

- ✓ Limpiar las mesas con alcohol al 70% para desinfectar
- ✓ Colocar el triángulo de seguridad a partir de mecheros conteniendo alcohol al 98%
- ✓ Colocar encima de la mesa un paño húmedo con cloro, sobre éste los 5 platos Petri con colonias de hongo, para evitar el esparcimiento de esporas al momento de abrir cada plato
- ✓ En un porta-objetos suministrar una gota de azul de metileno, extraer una muestra de hongo del plato Petri y colocar encima el cubre-objetos (tinción simple y extendido)
- ✓ Ubicar la muestra del portaobjetos en el microscopio y realizar las diferentes anotaciones de características microscópicas
- ✓ Fotografiar cada muestra en diferentes enfoques

8.9. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Indicadores	Tipo de variable
Nicho ecológico	Castas Fauna asociada Micelio colectado Preferencia de sustrato vegetal Familia Géneros Especies Árbol Arbusto Hierba Enredadera Estatus Nativa Introducida	Cualitativo
Calcular biomasa	Peso de biomasa Gramos Kilogramos	Cualitativo/Cuantitativo
Métodos de control	Químicos Biológicos Empíricos	Cualitativo/Cuantitativo

Tabla 2. Operacionalización de variables.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1. Caracterización de Nicho ecológico

Se caracterizó el nicho ecológico de la especie *Atta cephalotes*, encontrando una notable diferencia de tamaño entre las castas, cada individuo con una función de trabajo diferente, entre las hormigas permanentes se encuentra la reina y las obreras, éstas últimas constituyen el mayor porcentaje de miembros en la tronera.

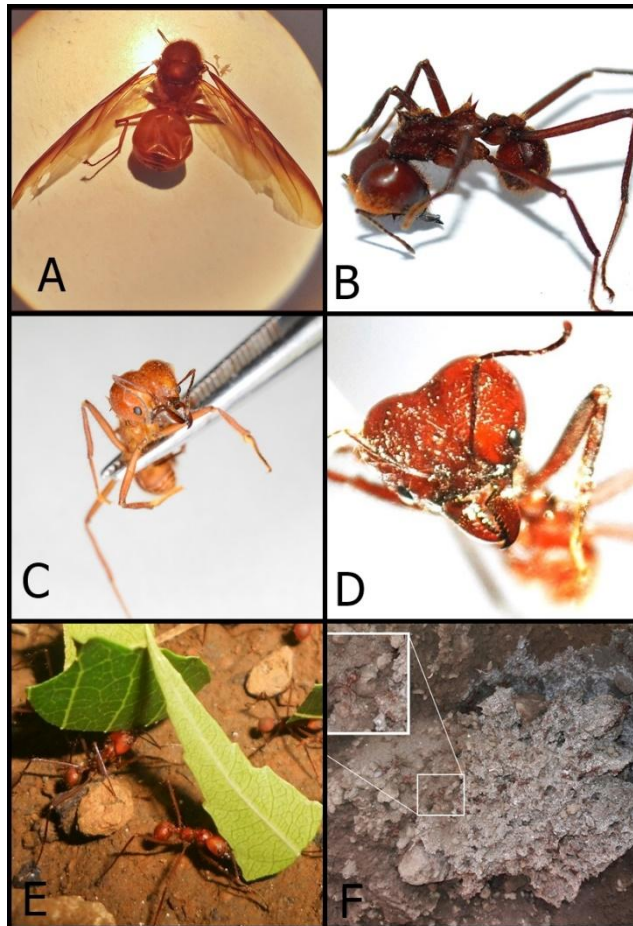


Figura N°4. Castas en *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) encontrados en el área de estudio. (A). Reina alada, (B). Obrera mayor-soldado, (C) y (D). Obreras exploradoras, (E). Obreras medias o cortadoras, (F). Obreras menores o jardineras. **Fuente:** Autor.

9.1.2. Fauna asociada

Se contabilizó a ocho especies de fauna asociadas a las troneras de *Atta cephalotes*, pertenecientes a tres clases, cinco especies de insectos, dos anfibios y un reptil. Cuatro especies poseían una relación simbiótica, dos especies depredadoras, una saprófaga y una que aplica inquilinismo en las troneras. Existen otras especies de vertebrados e invertebrados asociados con las especies de hormigas defoliadoras, en este estudio se hace mención solamente a las especies observadas *in situ*.

Clase	Familia	Especie	Relaciones Ecológicas (Interespecíficas)
Amphibia	Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i> (Wiegmann, 1833)	Depredación
Amphibia	Bufonidae	<i>Incilius leutkenii</i> (Boulenger, 1891)	Depredación
Insecta	Passalidae	<i>Ptichopus angulatus</i> (PERCHERON, 1835)	Simbiosis
Insecta	Passalidae	<i>Passalus (Neleus) punctiger</i> (LEPELETIER & SERVILLE, 1825)	Simbiosis
Insecta	Scarabaeidae	<i>Deltochilum</i> sp.	Simbiosis
Insecta	Scarabaeidae	<i>Coelosis biloba</i> (Linnaeus, 1767)	Simbiosis
Insecta	Ectobiidae	<i>Megaloblatta blaberoides</i> (Walker, F., 1871)	Saprófaga
Reptilia	Eublepharidae	<i>Coleonyx mitratus</i> (PETERS, 1863)	Inquilinismo

Tabla N°3. Fauna asociada a troneras de *Atta cephalotes*.

9.1.3. Micelio colectado

Tras la excavación de un área de tres metros de profundidad se colectó un cultivo con forma de panal, de consistencia globular con forma de celdas gruesas y paredes delgadas de color gris claro, donde se encontró obreras jardineras y presencia de material vegetativo.



Figura Nº 5. Micelio obtenido durante la excavación de una troneras de *Atta cephalotes* en San Isidro de bolas, Managua.

9.1.3.1. Características macroscópicas de *Pseudonocardia*

Tras la colecta del micelio, se realizó un aislamiento y se obtuvo el crecimiento de una micobacteria con crecimiento rápido, colonias pequeñas blancas o hialinas de aspecto blanco algodonoso que oscilaban entre 0.3 y 0.5 cm, con crecimiento filamentoso de bordes dentados y elevación convexa. Según Fisher (1994) existe una simbiosis entre microorganismos dentro de las colonias de hormigas, encontrando un conjunto de hongos dentro de los cuales tenemos a los géneros *Leucocoprinus* y *Leucoagaricus*, que han logrado coevolucionar y sobrevivir en los bosque tropicales americanos.

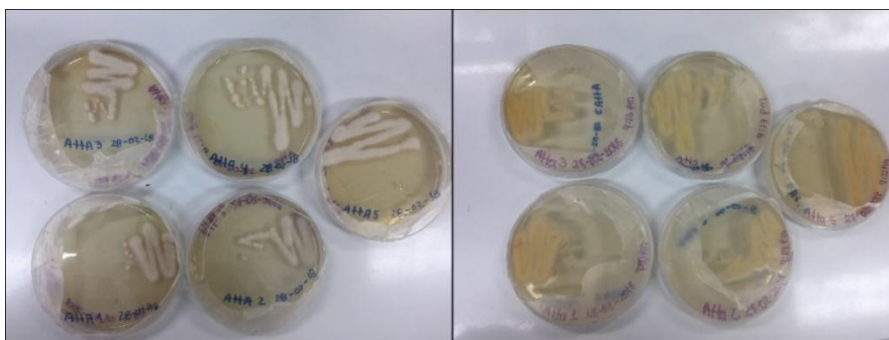


Figura Nº 6. Crecimiento de *Pseudonocardia* sp. en Agar Sabouraud.

9.1.3.2. Microscopía de cultivo de *Pseudonocardia* sp.

Se realizó un montaje de cultivo procedente de cuatro placas con crecimiento positivo, que tras la observación y caracterización por especialistas se llegó al resultado de una micobacteria del género *Pseudonocardia* sp, se observó esporas e hifas hialinas septadas.

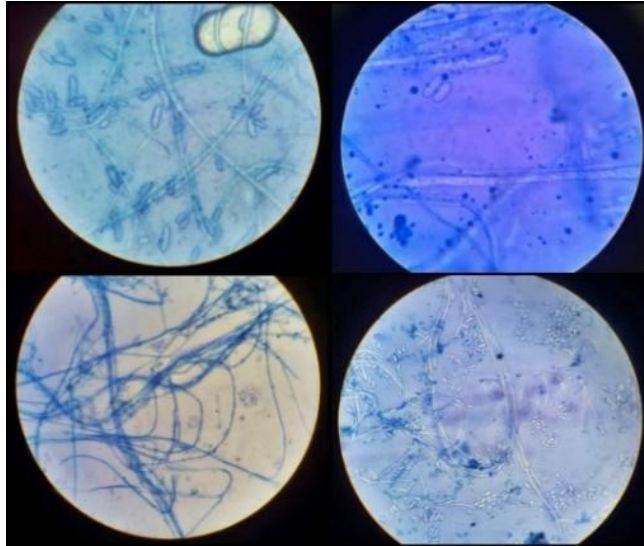


Figura N°7. *Pseudonocardia* sp. Observada al microscopio con objetivos de 40X y 100X.

Garling (1994) sustenta que el hongo cultivado por *Atta* y *Acromyrmex* es un basidiomiceto altamente coevolucionado, que ha perdido sus características distintivas debido a “selección vegetativa” por la hormiga defoliadora; Según Weber (1972) la relación simbiótica hongo-hormiga empezó al encontrar en los nidos subterráneos hongos sobre raíces, las hormigas comieron los hongos y posteriormente estos insectos comenzaron a plantarlo.

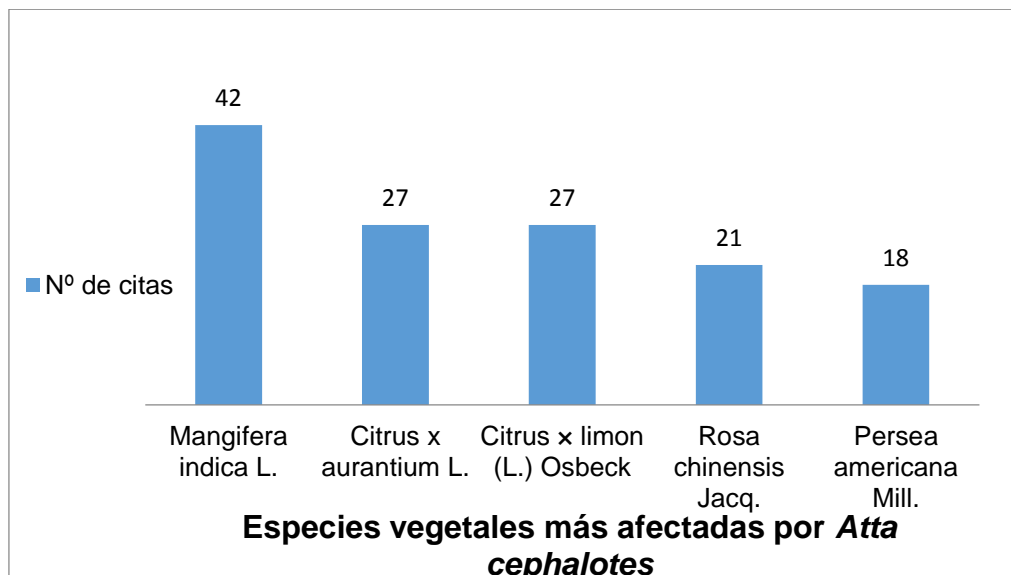
9.1.4. Preferencia de sustrato vegetal

Atta cephalotes afectó un total de 103 especies vegetales pertenecientes a 59 familias botánicas, prefiere forrajear árboles y arbustos que hierbas, debido a que contienen mayor biomasa en flores, semillas y frutos. Se clasificó al total de especies vegetales afectadas por estatus, 55 especies vegetales introducidas y 48 fueron nativas.

Según las encuestas realizadas las especies más defoliadas son en su mayoría árboles frutales principalmente mango, aguacate y cítricos, también atacan plantas ornamentales. La mayoría de las personas encuestadas reflejaron que la parte de la planta que más atacan son las hojas, esto debido a que les proporciona gran cantidad de material vegetativo para el sustrato.

Se observó que *Atta cephalotes* concentran su esfuerzo en un subconjunto menor de especies vegetales principalmente introducidas que plantas nativas tal y como lo plantea Belt, 1874; Rockwood, 1976) quien indica que éstas especies muestrean el 77% y 67% de todas las plantas incluidas en su territorio. Aun no se ha logrado determinar con exactitud por qué las hormigas defoliadoras tienen preferencias por las plantas introducidas, lo que se cree es que las plantas nativas poseen una protección especial contra las hormigas defoliadoras.

Gráfico N° 1. Cinco especies vegetales más afectadas por *Atta cephalotes*.



Listado de Especies Vegetales afectadas por *Atta cephalotes*.

Nombre científico	Familia	Estatus
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae R. Br.	Introducida
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae Juss.	Introducida
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	Acanthaceae Juss.	Nativa
<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	Oxalidaceae R. Br.	Nativa
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae R. Br.	Nativa
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae Juss.	Introducida
<i>Basella alba</i> L.	Basellaceae Raf.	Introducida
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae Kunth.	Nativa
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy.	Nyctaginaceae Juss.	Introducida
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae Gaudich.	Nativa
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae Kunth.	Nativa
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae Juss.	Nativa
<i>Caladium bicolor</i> (Aiton) Vent.	Araceae Juss.	Introducida
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	Rubiaceae Juss.	Nativa
<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae Juss.	Nativa
<i>Capparis indica</i> (L.) Druce	Capparaceae	Nativa
<i>Capsicum frutescens</i> L.	Solanaceae Juss.	Introducida
<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae Dumort.	Nativa
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	Apocynaceae Juss.	Introducida
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae Juss.	Nativa
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae Juss.	Nativa
<i>Celosia argentea</i> L.	Amaranthaceae Juss.	Nativa
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Chrysobalanaceae R. Br.	Nativa
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Citrus x aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Citrus x aurantium</i> (Sweet Orange Group)	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Citrus x aurantium</i> L.	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Coccoloba floribunda</i> (Benth.) Lindau	Polygonaceae	Nativa
<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae Juss.	Introducida
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	Nativa
<i>Cordia dentata</i> Poir.	Boraginaceae Juss.	Nativa
<i>Cucurbita argyrosperma</i> K. Koch	Cucurbitaceae Juss.	Introducida
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae Barnhart	Introducida
<i>Dieffenbachia oerstedii</i> Schott.	Araceae Juss.	Nativa
<i>Dieffenbachia</i> sp.	Araceae Juss.	Nativa
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Asparagaceae Juss.	Introducida
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq).	Fabaceae Lindl.	Nativa
<i>Erithrina variegata</i> L.	Fabaceae Lindl.	Introducida
<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae Lindl.	Nativa

Nombre científico	Familia	Estatus
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Fabaceae Lindl.	Nativa
<i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy.	Euphorbiaceae Juss.	Introducida
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch.	Euphorbiaceae Juss.	Introducida
<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae Gaudich.	Introducida
<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae Gaudich.	Introducida
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae Gaudich.	Nativa
<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Zygophyllaceae R. Br.	Nativa
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae Juss.	Nativa
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Malvaceae Juss.	Introducida
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae Lindl.	Nativa
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Convolvulaceae Juss.	Nativa
<i>Ixora coccinea</i> L.	Rubiaceae Juss.	Introducida
<i>Jasminum grandiflorum</i> L.	Oleaceae Hoffmanns. & Link	Introducida
<i>Jatropha integerrima</i> Jacq.	Euphorbiaceae Juss.	Introducida
<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	Crassulaceae J. St.-Hil.	Introducida
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	Introducida
<i>Lawsonia inermis</i> L.	Lythraceae J. St.-Hil.	Introducida
<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.	Liliaceae Juss.	Introducida
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Solanaceae Juss.	Introducida
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Malvaceae Juss.	Nativa
<i>Mammea americana</i> L.	Calophyllaceae J. Agardh	Nativa
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae R. Br.	Introducida
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Sapindaceae Juss.	Introducida
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae Juss.	Introducida
<i>Monstera adansonii</i> Schoot.	Araceae Juss.	Nativa
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Rubiaceae Juss.	Introducida
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae Martinov	Introducida
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Musaceae Juss.	Introducida
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae Martinov	Introducida
<i>Oxalis frutescens</i> subsp. <i>angustifolia</i> (Kunth) Lourteig.	Oxalidaceae R. Br.	Nativa
<i>Passiflora quadrangularis</i> L.	Passifloraceae Juss. ex Rousset	Nativa
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae Juss.	Nativa
<i>Petiveria alliacea</i> L.	Petiveriaceae C. Agardh	Introducida
<i>Petrea volubilis</i> L.	Verbenaceae	Nativa
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae Lindl.	Nativa
<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	Phyllanthaceae Martinov	Introducida
<i>Phylodendron</i> sp.	Araceae Juss.	Introducida
<i>Piper</i> sp	Piperaceae Giseke.	Nativa
<i>Piper umbellatum</i> L.	Piperaceae Giseke.	Nativa
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae Giseke.	Nativa

Nombre científico	Familia	Estatus
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	Lamiaceae Martinov.	Introducida
<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae Juss.	Nativa
<i>Portulaca pilosa</i> L.	Portulacaceae Juss.	Introducida
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sapotaceae Juss.	Nativa
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae Juss.	Nativa
<i>Psychotria limonensis</i> K. Krause	Rubiaceae Juss.	Nativa
<i>Rivina humilis</i> L.	Phytolaccaceae	Nativa
<i>Rosa chinensis</i> Jacq.	Rosaceae Juss.	Introducida
<i>Ruta chalepensis</i> L.	Rutaceae Juss.	Introducida
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae Lindl.	Introducida
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae Lindl.	Introducida
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae DC.	Nativa
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae Barnhart	Introducida
<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae R. Br.	Nativa
<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	Asteraceae Bercht. & J. Presl	Nativa
<i>Tagetes patula</i> L.	Asteraceae Bercht. & J. Presl	Introducida
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae Lindl.	Introducida
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae Juss.	Nativa
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae R. Br.	Introducida
<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae Juss.	Nativa
<i>Zea mays</i> L.	Poaceae Barnhart	Introducida
<i>Zephyranthus tubispatha</i> L.	Amaryllidaceae J. St.-Hil.	Introducida

Tabla Nº 4. Especies Vegetales afectadas por *Atta cephalotes*.

Además de la selección vegetal, se observó que las obreras recolectan cadáveres de insectos para complementar el cultivo del jardín fúngico, lo cual Fernández (2003) afirma que la mayoría de las hormigas Attini parecen ser defoliadoras oportunistas, tomando combinaciones de exudados de plantas, semillas y restos de animales como sustrato para el crecimiento de hongos.



Figura Nº 8. Obreras trasladando el cadáver de un insecto hacia su tronera.

9.2. Peso de biomasa en zona alta y media

A partir de la colecta de fragmentos vegetales que forrajeaba *Atta cephalotes*, se obtuvo un promedio de movilidad por biomasa de 4.7 g en ambas zonas durante un lapso de 10 minutos, en la zona alta el promedio por movilidad fue de 2.92 g y en la zona media de 5.52 g, en la zona baja no se realizó muestreo de biomasa debido a que los nidos muestreados no presentaron pistas de forrajeo y se priorizó la zona alta y media por presentar áreas urbanizadas y zonas de cultivo en conjunto. La variación en los promedios de biomasa en las zonas podría deberse a los cambios en el uso del suelo, de bosque natural a cultivos anuales, introducción de especies frutales ajenas al bosque o para la construcción de viviendas.

Al extrapolar los promedios de biomasa en las zonas alta y media durante las doce horas de trabajo nocturno, *Atta cephalotes* en un año movilizaría un promedio de 748.454 Kg en la zona alta, y en la zona media se movilizaría un total de 1450.918 Kg de material vegetal. Los daños causados a la vegetación cultivada serán permanentes ya que la colonia de hormigas defoliadoras necesita mantener gran cantidad de hongo disponible para su alimentación, sin embargo desde el punto de vista ecológico, son consideradas muy importantes en el ecosistema, ya que permiten el ciclado de nutrientes en un solo lugar, permitiendo el crecimiento de otras plantas.

Se considera que este tipo de tendencias puede estar relacionada a la presencia de mayor cantidad de especies vegetales introducidas y a la alteración de los estratos naturales del bosque.

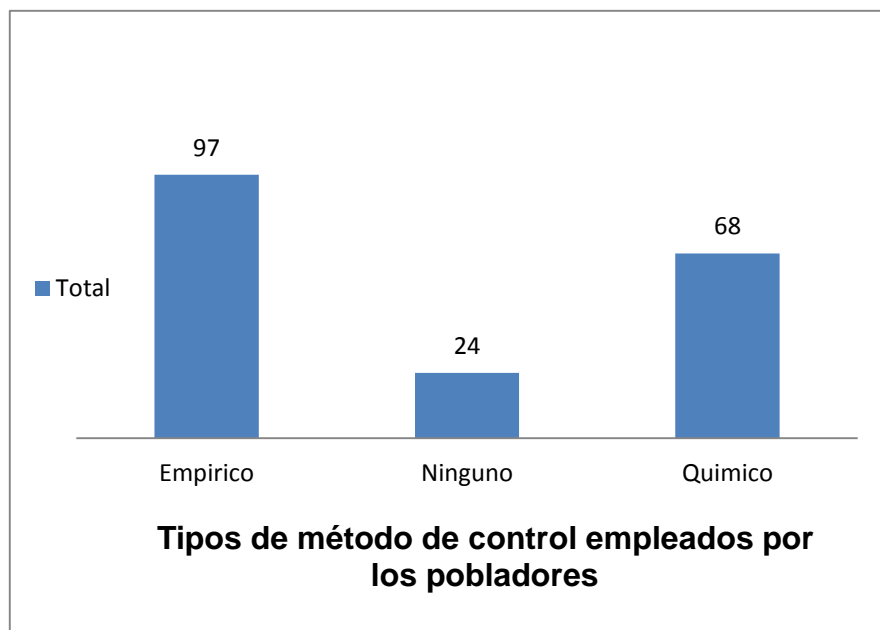
Durante los muestreos se logró observar un ritmo básico de forrajeo, esto ocurría mayormente durante la noche, lo cual coincide con estudios realizados por Weber (1941, 1946) quien indica que ésta especie realiza forrajeo nocturno. Lewis *et al* (1974) en su investigación plantea que la duración del forrajeo es menor en períodos diurnos que nocturnos. En el turno nocturno *Atta cephalotes* colecta los nutrientes necesarios para mantener al hongo y a los adultos, y en el turno diurno colectan los nutrientes adicionales y especializados para alimentar a los estadios inmaduros. Otra observación fue que las hormigas defoliaban material vegetal a una larga distancia de su nido. Stradling (1978) hace mención que mientras más años tenga el nido de hormigas, los caminos serán más largos por lo que tienen que mantener una población exponencial de hormigas.

9.3. Métodos de control utilizado por los pobladores

Se obtuvo que el método de control más utilizado por la población de la micro-cuenca sur de Managua es el empírico, debido a que la mayor parte del área de estudio es urbanizada y con poca o nula presencia de áreas de cultivos, los daños se presentan principalmente en los jardines de las viviendas y los pobladores se basan en sus experiencias para disminuir las afectaciones por parte de los zompopos. No obstante se registraron ciertos puntos en los que se utilizaban métodos de control químicos de los cuales se destacan el uso del DDT y la cipermetrina.

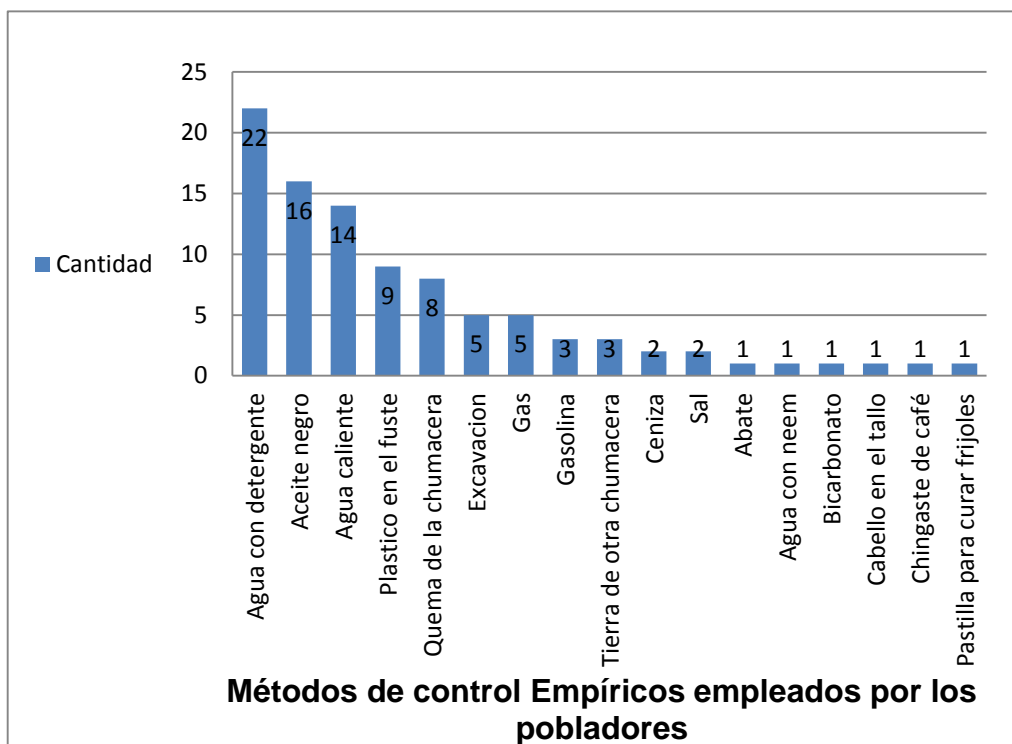
Los pequeños productores en la zona alta manifestaron que es importante mantener el control ante el ataque de las hormigas defoliadoras en conjunto con otras haciendas ya sea controles químicos o excavación de la tronera, para evitar que éstas provengan de terrenos ajenos donde no se realiza un control adecuado y constante para éste tipo de insecto.

Gráfico N° 2. Métodos de control empleados por los pobladores de la zona.



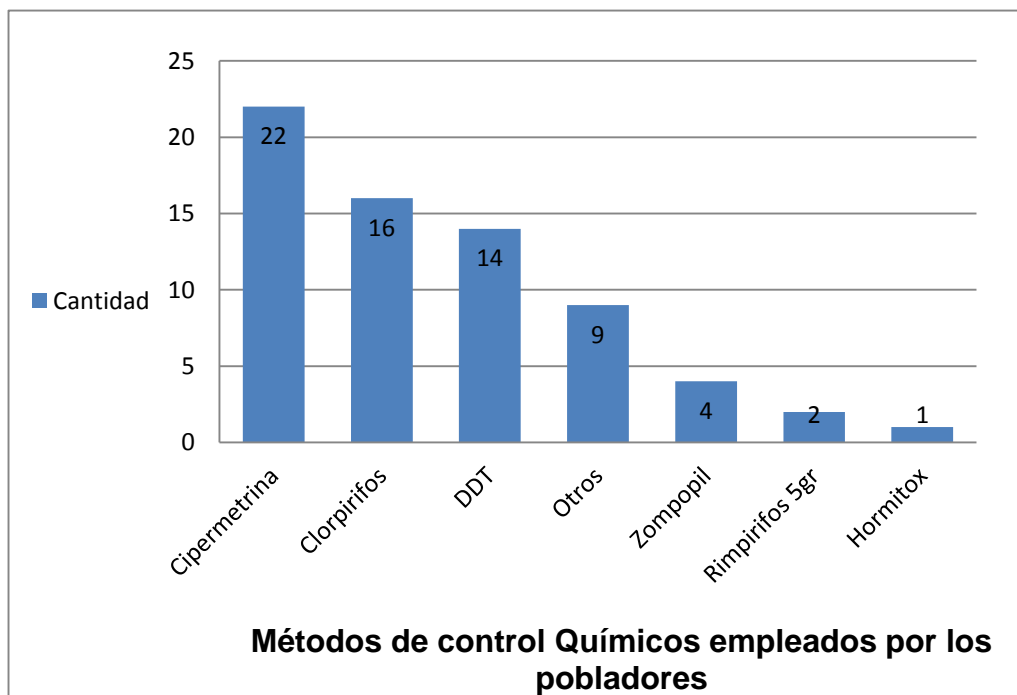
A pesar de no ser tan eficaces para el control de estos insectos, los métodos de control empíricos, son muy utilizados por la población encuestada ya que son opciones accesibles y de bajo costo. La aplicación de agua con detergente, aceite negro, agua caliente y productos inflamables dentro de la tronera son de los más utilizados y de los que se obtienen resultados positivos por poco tiempo, los pobladores que excavan las troneras obtienen mejores resultados en cuanto al tiempo de control, ya que extraen el hongo y dejan sin alimento a la colonia.

Gráfico N° 3. Métodos de control empíricos utilizados por los pobladores.



Según las encuestas realizadas, la cipermetrina, clorpirifos y DDT son los productos químicos más utilizados, esto representa un riesgo enorme debido a que los pobladores de la zona media y baja no tienen las debidas precauciones para el uso adecuado de los mismos, además que ignoran el grave daño que éstos ocasionan al medio ambiente y a su salud.

Gráfico N° 4. Métodos de control químicos utilizados por los pobladores.



10. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó el nicho ecológico de *Atta cephalotes*, encontrándose una notable diferencia de tamaño entre las castas, cada individuo con una función de trabajo diferente, entre las hormigas permanentes se encuentra la reina y las obreras quienes constituyen el mayor porcentaje de miembros en la tronera. Se encontró ocho especies de fauna asociada a las troneras de *Atta cephalotes*, pertenecientes a tres clases, cinco especies de insectos, dos anfibios y un reptil. Cuatro especies poseían una relación simbiótica, dos especies depredadoras, una saprófaga y una que aplica inquilinismo en las troneras. Se realizó un aislamiento de una micobacteria perteneciente al género *Pseudonocardia*, con crecimiento rápido, colonias pequeñas blancas o hialinas de aspecto blanco algodonoso con presencia de esporas e hifas hialinas septadas, la cual se encuentra en simbiosis mutualista con éste insecto para protegerse de un hongo parásito.

Atta cephalotes afectó un total de 103 especies vegetales pertenecientes a 59 familias botánicas, tienen mayor preferencia por árboles y arbustos que hierbas, por estatus se contabilizaron 55 especies introducidas pertenecientes a 39 familias botánicas, y 48 especies nativas, pertenecientes a 29 familias botánicas.

2. Se realizó colecta de material vegetal en zona alta y zona media, obteniendo un promedio de movilidad por biomasa de 4.7 g en ambas zonas durante un lapso de 10 minutos, Al extrapolar los promedios de biomasa durante las doce horas de trabajo nocturno, *Atta cephalotes* en un año movilizaría un promedio de 748.454 Kg en la zona alta, y en la zona media se movilizaría un total de 1450.918 Kg de material vegetal. Los daños causados a la vegetación cultivada serán permanentes ya que la colonia de hormigas defoliadoras necesita mantener gran cantidad de hongo disponible para su alimentación, sin embargo desde el punto de vista ecológico, son consideradas muy importantes en el ecosistema, ya que permiten el ciclado de nutrientes en un solo lugar, permitiendo el crecimiento de otras plantas.

3. Dentro de los métodos de control utilizados por los pobladores la mayoría prefiere los métodos empíricos sobre los químicos, probablemente por el fácil acceso y las pocas consecuencias que estos tienen sobre el ambiente, no obstante se registraron ciertos puntos que utilizaban métodos de control químicos de los cuales se destacan el uso del DDT y la cipermetrina.

11. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos y discusión de ésta investigación se plantean las siguientes recomendaciones.

A instituciones gubernamentales correspondientes: MAG, INTA, IPSA

- ✓ Se recomienda que se realicen campañas de sensibilización acerca del uso apropiado de los métodos de control químicos para hormigas defoliadoras a los pobladores.

A estudiantes e investigadores de Biología, UNAN-Managua

- ✓ Se recomienda que impulsen investigaciones para continuar generando estudios que propongan opciones menos perjudiciales con el ambiente para controlar este tipo de insectos con el fin de disminuir el uso de agroquímicos y que sus resultados sean compartidos para disminuir la falta de información actualizada sobre estas especies en Nicaragua.
- ✓ Proponer estudios que contribuyan al conocimiento de los hábitos de forrajeo de *Atta cephalotes* en ecosistemas naturales y áreas urbanizada durante las estaciones del año.
- ✓ Realizar estudios de biomasa para considerar el consumo de estos insectos en el tiempo (meses, años), espacio (manzana, m² de tierra) y peso (libras, toneladas).
- ✓ Generar investigaciones que detallen el tipo de hongo que cultivan las especies de *Atta* que se reportan para el país.

A responsables de fincas y habitantes de la sub cuenca III de Managua

- ✓ Para nidos mayores a tres años realizar la aplicación de los diferentes pesticidas cumpliendo con los controles de exposición y protección personal, así como las normas de manejo y almacenamiento establecido por el fabricante.
- ✓ Incluir a sus cultivos plantas repelentes como: (*Ipomea batata*), (*Ricinus communis*) y (*Canavalia ensiformis*), ya que estas son consideradas repelentes momentáneos.
- ✓ Realizar la destrucción física de los nidos recién establecidos o muy pequeños aproximadamente un mes después del vuelo nupcial (mayo).

12. BIBLIOGRAFÍA

Aliaga Ocaña, L. C. (2005). *Estudio preliminar del comportamiento de hormigas arrieras (Atta spp.) en la comunidad Santa Catalina Provincia Franz Tamayo (No. CIDAB-T-QL568. F7-A4e)*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia). Facultad de Agronómica..

Alvarado Alvira, C.O. (2014). *Dinámica y diversidad de la hormiga cortadora (Genero Atta) en diferentes usos del suelo, en la vereda el cabuyal del municipio de La Plata departamento del Huila*. Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 20-22.

Alvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A.M. & Villarreal, H. (2ed.). (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 157-162.

Andersen, S., Huei Yek, S., Nashy, D., & Boomsma, J., (2015). Especificidad de interacción entre las hormigas cortadoras de hojas y la bacteria *Pseudonocardia* transmitida verticalmente. *Evolutionary Biology*.

Áreas, S.F. & González, L.L. (2008). *Estudio de la composición florística y sanidad forestal de la arboleda del sector sur del campus principal de la Universidad Nacional Agraria, Managua*. 46-48.

Arguello, H. & Gladstone, S.M. (2001). *Guía ilustrada para identificación de especies de zompopos (Atta spp. y Acromyrmex spp.) presentes en El Salvador, Honduras y Nicaragua*. PROMIPAC. Zamorano, Honduras.

Benítez Ahrendts, M. R., M. Tejerina, A. Durán & L. Carrillo. (2016). Hongos asociados a hormigueros. Argentina, *Agraria* 16: 57-61.

Branstetter, M.G., Sáenz, L., Cano, E.B. & Schuster, J.C. (2012). Las hormigas de Guatemala (Hymenoptera: Formicidae). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala* 2: 221-225.

- Brener, F. (1992). Modificaciones al suelo realizada por hormigas cortadoras de hojas (Formicidae, Attini): una revisión de sus efectos sobre la vegetación. *Ecología Austral*, 2: 87-94.
- Cedeño-León, A. (1984). Los bachacos, aspectos de su ecología (N°. 595.796). Fondo Editorial, Acta Científica Venezolana.
- Cherret, J.M. (1968). The foraging behavior of *Atta cephalotes* (Hymenoptera, Formicidae). Foraging patterns and plants species attacked in a tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology* 37: 387-403.
- Cherret, J.M. (1972). Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (Hymenoptera, Formicidae) in a tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology* 41: 647-660.
- Currie, C., Scott, J., Summerbell, R., & Malloch, D., (1999). Las hormigas que cultivan hongos usan bacterias productoras de antibióticos para controlar los parásitos del jardín. *Naturaleza*, 398: 701-704.
- Currie, C.R. (2001). A community of ants, fungi, and bacteria: a multilateral approach to studying symbiosis. *Annual Reviews in Microbiology*. 55: 357-380.
- Devine, G.J, Eza, D., Oigusuku, E. & Furlong, M.J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública*, 25: 74-100.
- Elizalde, L. (2015). Las hormigas cortadoras de hojas y sus enemigos. *Desde la Patagonia: Difundiendo saberes* 12: 3-5.
- Elton, C. S. (2000). *The ecology of invasions by animals and plants*. University of Chicago Press.
- Escobar Duran, R. García Cossio, F. Rentería, NY. & Neita M, JC. (2002). *Manejo y control de hormiga arriera (Atta spp & Acromyrmex spp) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Chocó*. Universidad Tecnológica del Chocó. 53.

Estrada, H.R. & Sermeño, C.J. (2013). Los zompopos de mayo en el Salvador. *Bioma: La naturaleza en tus manos* 7:13-18.

Etienne, P. & Bayardo, E. (1997). *Especies de Zompopos en los departamentos de Estelí y Somoto, Región I de Nicaragua y el efecto de hojas de cuatro plantas en su actividad*. Tesis de grado, Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana.

Farji Brener, A.G. & Protomastro, J.J. (1992). Patrones forrajeros de dos especies simpátricas de hormigas cortadoras de hojas (*Attini*, *Acromyrmex*) en un bosque subtropical seco. *Ecotrópicos*, 5: 32-43.

Fernández F. (ed.1). 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398.

Fernández, F., Huertas, A.V.C. & Serna-Cardona, F.J. (2015). *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Fisher, P., Stradling D. & Pegler D. N. (1994). Leaf-cutting ants, their fungus gardens and the formation of basidiomata of *Leucoagaricus gongylophorus*. *Mycologist* 8: 128-131.

Font, Q.P. (1982). Diccionario de botánica. Barcelona, España: Editorial Labor,S. A. 86-582.

García Vaquerano, R.E. (2001). Percepción del agricultor sobre los zompopos (*Hymenoptera: Formicidae: Attini*) y determinación de las especies presentes en municipios de Ahuachapan, Sonsonate y Santa Ana (Tesis Doctoral, Universidad de El Salvador).

Gladstone, S.M. (2001) *Evaluación de los Insecticidas Químicos Sintéticos Recomendados en el Ambito Comercial de Nicaragua para el Manejo de Hormigas Cortadoras de Hojas*. Evaluación Ambiental de Agroquímicos USDA/USAID/ Zamorano. Nicaragua.

- Haines, B.L. (1975). Impact of leaf-cutting ants on the vegetation development at Barro Colorado Island. En F. B. Golley & E. Medina (Eds.). *Tropical systems: trends in terrestrial and aquatic research*, 99-111. New York.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Herrera, E.E. (2009). *Desarrollo de una formulación granular base para el control biológico de las hormigas forrajeras (Atta spp.)* Tesis doctoral. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE, Costa Rica.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (1990). *The ants*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. & Ros, J. (1996). *Viaje a las hormigas: una historia de exploración científica*. Grijalbo Mondatori. Barcelona, 270.
- INTA (2002). Guía tecnológica 6, cultivo de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britton & Rose). Managua, Nicaragua.
- INTA (2010). Guía tecnológica del cultivo del Cacao (*Theobroma cacao*. L). Managua, Nicaragua.
- INTA/MAG/IPSA (2016). Manual Del protagonista. Manejo integrado de plagas. Managua, Nicaragua.
- Jiménez Martínez, E. & Rodríguez Flores, O. (2014). *Insectos: Plagas de cultivos en Nicaragua*. 1a ed. - Managua: Universidad Nacional Agraria. 2014, 226 p.
- Jolivet, P. & Schnell, R. (1986). Les fourmis et les plantes: un exemple de coevolution. *Société nouvelle des éditions Boubée*. 249.
- Lecaro Dávila, J. (2015). *Entomología asociada al dosel de Theobroma cacao*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.37-49

López, N., Flores, E., Castillos, J. & Montalván, O. (2014). Plagas en Cacaotales, Municipio de Siuna, 2011. *Ciencia e interculturalidad*, 14: 7-107.

López, R. (2008). *Hormigas como sistemas modelo para el comportamiento complejo: Bases neurobiológicas de la comunicación química y la división del trabajo en las hormigas*, México, D.F. (Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México).

Lugo, M. A., Crespo, E. M., Cafaro, M., & Jofre, L. (2013). Hongos asociados con dos poblaciones de *Acromyrmex lobicornis* (Formicidae) de San Luis, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48: 5-15.

Mackay W.P. & Mackay E.E. (1989). Claves de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). II. Simposio Nacional de Insectos Sociales, Memoria 1. 3-19.

Maes, J.M. & Mackey, W. (1993). Catálogo de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 23: 20-23.

Marsh, S., Poulsen, M., Gorosito, N., Pinto, T., Masiulionis, V., & Currie, C., (2013). Asociación entre *Pseudonocardia symbionts* y *Atta* leaf-cutting hormigas sugeridas por métodos de aislamiento mejorados. *International microbiology*, 16:17-25.

Montoya, C.M., Montoya, L., J, Armbrecht, I., & Gallego, R.M. (2007). ¿Cómo responde la hormiga cortadora de hojas *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) a la remoción mecánica de sus nidos. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 8: 1-8.

Muñoz Gómez, N.A. (2017). *Hormigas cortadoras de hojas en el departamento de Vaupés, Colombia: Una propuesta de manejo integrado*. 19-34.

Nicaragua, K., Pavón, F. & Chavarría, E. (2004). Guía MIP del Cultivo de la Yuca. Impresión Comercial La Prensa, 48: 30-31.

Nobua, B.B. (2014). Interacciones tróficas entre dos especies simpátricas de hormigas cortadoras y el ensamble de plantas en el Monte Central. Tesis doctoral, Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Peaut. (2013). (1ra edic.). *Plan de acción Sub Cuenca III 2013 – 2018. Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenca III de la cuenca sur del lago de Managua.*

Proyecto financiado por la Cooperación Del Reino de Noruega. Managua. 13-34.

PROMIPAC/Zamorano/COSUDE (2002). *Manual para el estudiante primer año de bachillerato técnico. Control de plagas y enfermedades de los cultivos.* 1ra Edición. Managua, Nicaragua. 35-40.

Rockwood, L.L. (1975). The effects of seasonality of foraging in two species of leaf cutting ants *Atta* in Guanacaste province, Costa Rica. *Biotropica* 7: 176-193.

Rockwood, L.L. (1976). Plant selection and foraging patterns in two species of leaf cutting ants *Atta*. *Ecology* 57: 48-61.

Ruiz, J. (2010). Hormigas zompopas (*Atta cephalotes*) influyen positivamente en la biodiversidad vegetal de bosques húmedos tropicales. *Encuentro*, 86: 29-42.

Ruiz, T. & Flores Mendoza, J. (2007). *Estudio de la composición florística, sanidad forestal y recomendaciones de manejo para la vegetación arbórea de un sector del Campus Norte de la Universidad Nacional Agraria.* Managua, Nicaragua 37-39.

Salas, I., Gross, M. N., & Carrillo, D.P. (2011). *Micología general y médica. Instructivo para prácticas de laboratorio.* Editorial de la Universidad de Costa Rica. XV-XVI.

Sánchez, J.A., Urcuqui, A.M. (2006). Distancias de forrajeo de *Atta cephalotes* (Hymenoptera, Formicidae) en el bosque seco tropical del jardín botánico de Cali. *Boletín del museo de entomología de la Universidad del valle* 7: 1-9

Soza Gómez, F. (2000). *Efectividad de Beauveria bassiana para el manejo de hormigas cortadoras de hojas y caracterización del ataque que ocasionan a plantaciones de café.* Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

Steven, W.D., Ulloa Ulloa, C., Pool, A. & Montiel, O.M. (2001). *Flora de Nicaragua.* (Tomo I, II, III). Missouri Botanical Garden.

- Torres, D. & Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Revista Ecosistemas*, 13: 2-6.
- Tschinkel, W.R. (1993). Sociometry and sociogenesis of colonies of the fire ant *Solenopsis invicta* during one annual cycle. *Ecological Monographs* 63:425-457.
- Vaccaro, N.C. & Mousques, J.A. (1997). Hormigas cortadoras (géneros *Atta* & *Acromyrmex*) y tacurúes en Entre Ríos. *Actas XII Jornadas Forestales de Entre Ríos*. 1-7.
- Vander Meer, R.K. & Alonso, L.E. (1998). Pheromone directed behavior in ants. Pheromone communication in social insects, *Westview Press*, Oxford, 3-33.
- Varón, EH. (2006). *Distribution and foraging by the leaf-cutting ant, Atta cephalotes L., in coffee plantations with different types of management and landscape contexts, and alternatives to insecticides for its control*. Tesis doctoral. Idaho, US, University of Idaho. 145 p.
- Vaughan, M.A. (1996). *Reseña del Manejo Integrado de Plagas en Nicaragua*. Ministerio de Agricultura y Ganadería & Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 3.
- Vergara Castrillón, J.C. (2005). Biología, manejo y control de la hormiga arriera. Santiago de Cali, CO, Imprenta departamental del Valle de Cauca. 6-19.
- Villanueva, D. García, R. & Montoya Lerma, J. (2016). Nidos de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en sistemas cafeteros contrastantes, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural* 20: 138-150.
- Villanueva, D. García, R. & Montoya Lerma, J. (2016). Nidos de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en sistemas cafeteros contrastantes, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural* 20: 138-150.
- Weber, N.A. 1972. Gardening ants, the Attines. The American Philosophical Society.
- Wilson, E.O. (1963). The social biology of ants. *Annual Review of Entomology*, 8: 345-368.
- Wilson, E.O. (1971). *The Insect Societies*. Harvard University Press, Cambridge.

Wirth, R. Beyschlag, W. Ryelt, R.J. & Hölldobler, B. (1997). Annual foraging of the leafcutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741–757.

Wistreich, G. A., & Lechtman, M. D. (1978). *Prácticas de laboratorio en microbiología*. Editorial Limusa S.A, México, D.F. 23-24

Zelaya, M.M. (2015). *Evaluación agronómica de la variedad adaptada de amaranto (*Amaranthus spp*) bajo las condiciones climáticas en el Centro de Desarrollo Tecnológico CDT-INTA San Isidro, Matagalpa*. 20.

Zúñiga, G.M. (2016). *Cartilla técnica: Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de Cacao*. Proyecto Promoción de la participación activa, organizada y sostenible de las mujeres, jóvenes y productores indígenas y mestizos de los municipios de Siuna, Rosita y Bonanza, RAAN en la Gobernanza Democrática, Ambiental y de Desarrollo Local. Managua.

Anexo II



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario “Rubén Darío”
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Biología.

Introducción

Atta cephalotes se alimenta de un hongo que cultivan con fragmentos de tejidos vegetales que encuentran en su entorno ejerciendo mayor presión sobre algunas especies vegetales que en otras, pero este no es su única fuente alimenticia pues se ha comprobado que dependiendo de su edad se alimentan también de la savia producida por las plantas que forrajean.

Los pequeños, medianos productores y pobladores afectados por colonias de *Atta cephalotes* a pesar de no tener la técnica y el conocimiento adecuado recurren a diversos métodos para su control y erradicación obteniendo resultados satisfactorios por corto tiempo.

Objetivos

- Identificar las especies vegetales afectadas por *Atta cephalotes* en la zona de estudio.
- Indagar sobre los métodos que utiliza la población para controlar a las hormigas defoliadoras.

Encuesta para identificar el daño que ejercen las hormigas forrajeras sobre las especies vegetales y los métodos de control utilizados.

Sexo: F M Edad:

Lugar:

1. ¿Cuáles son los cultivos preferidos por las hormigas forrajeras?

- Frutales.
- Granos básicos.
- Ornamentales.
- Hortalizas.
- Arboles Forestales.
- Cítricos

2. ¿Cuál es el horario de mayor actividad de las hormigas forrajeras?

- Mañana.
- Tarde.
- Noche.

3. ¿Considera que el problema que ocasionan dichos insectos a las plantas es grave?

- Moderado.
- Grave.
- Estable.

¿Qué parte de la planta es más atacada por las hormigas forrajeras?

- Hojas.
- Flores.
- Frutos.

¿Cuáles son los métodos que utiliza para erradicar a las hormigas forrajeras?

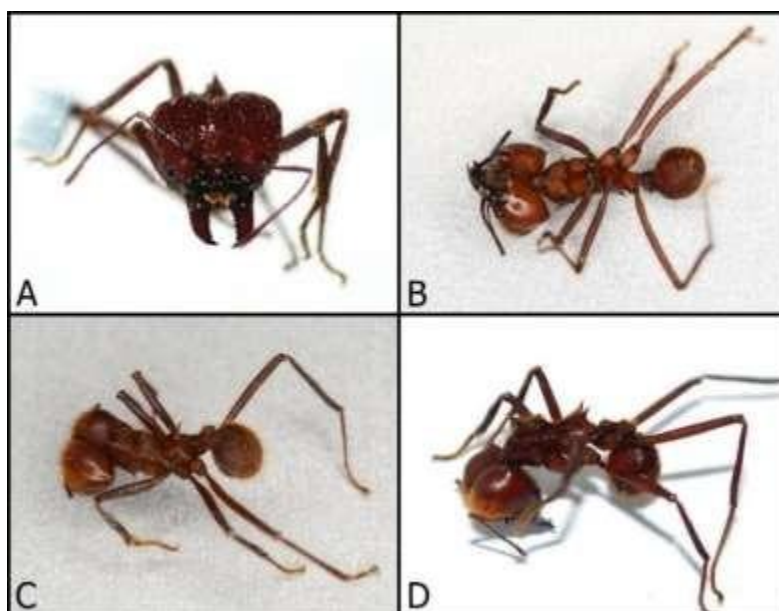
¿A qué métodos de control son más resistentes?

¿Qué otros daños son ocasionados aparte de los cultivos?

Fuentes alternativas de sustrato para la alimentación de las hormigas forrajeras
(Materia orgánica)

Anexo IV.

Figura N° 9. Individuos de *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) encontrados en el área de estudio. (A). Vista de cabeza, (B). Vista ventral, (C). Vista dorsal, (D). Vista lateral. **Fuente:** Autor.



Anexo V.

Gráfico Nº 5. Cinco familias vegetales más defoliadas por *Atta cephalotes*.

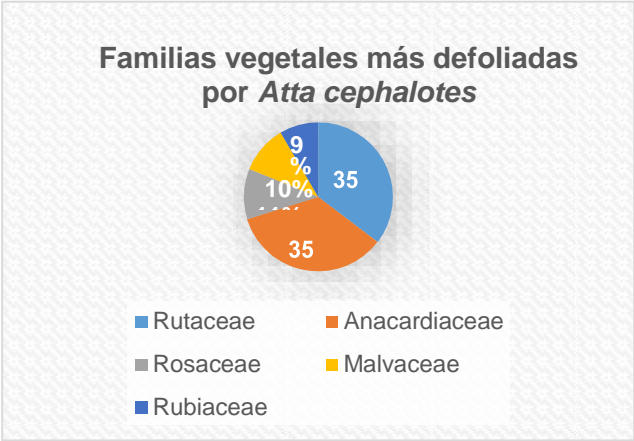


Gráfico Nº 6. Porcentaje de especies vegetales clasificadas por biotipo.

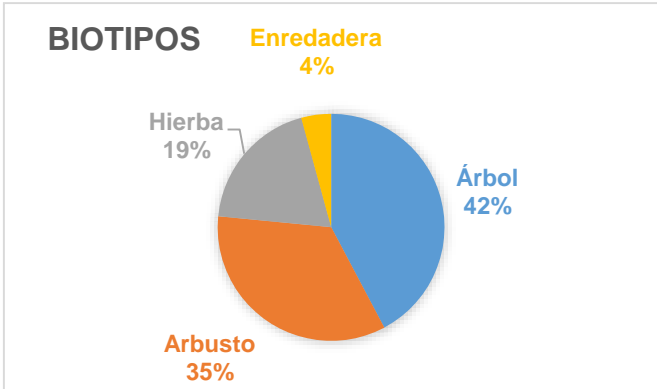


Tabla N° 7. Número de especies y familias vegetales nativas e introducidas.

Estatus	Cantidad
Especies vegetales introducidas	55
Especies vegetales nativas	48
Familias vegetales introducidas	35
Familias vegetales nativas	34

Tabla N° 8. Biomasa colectada por *Atta cephalotes*.

Biomasa colectada por <i>Atta cephalotes</i>	
Zona Alta	Peso/Gr
	2.38
	2.08
	1.88
	4.88
	1
	7.38
	2.88
	0.88
Zona Media	2
	5
	4
	6.5
	5.8
	9.7
	5.68
	8.45
	2.29
	6
	5.8
	9.7
	11.6
	0.7
	6.1
	0.1
	2.1
	3.4
	5.8
	9.7
Total	133.78

Anexo VI.

Características macroscópicas de los hongos filamentosos	
Velocidad de crecimiento	<input type="checkbox"/> Crecimiento rápido: Colonia madura entre 3 a 6 días <input type="checkbox"/> Crecimiento intermedio: De 7 a 15 días <input type="checkbox"/> Crecimiento lento: Mayor de 15 días
Tamaño de la colonia	<input type="checkbox"/> Colonia pequeña de 0,5 a 1 cm <input type="checkbox"/> Colonia de tamaño intermedio de aproximadamente 2 cm <input type="checkbox"/> Colonia grande mayor de 3 cm
Forma de crecimiento	<input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Irregular
Bordes	<input type="checkbox"/> Entero <input type="checkbox"/> Filamentoso <input type="checkbox"/> Ondulado <input type="checkbox"/> Lobulado
Elevación	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Convexa <input type="checkbox"/> Umbonada <input type="checkbox"/> Cónica
Anverso	<input type="checkbox"/> Lisa <input type="checkbox"/> Rugosa <input type="checkbox"/> Plegada o con surcos: <ol style="list-style-type: none"> Radiales Concéntricos Irregulares <input type="checkbox"/> Con aspecto de: <ol style="list-style-type: none"> Cerebro (Cerebriforme) Verme (Vermiforme) Cráter (Crateriforme)
Reverso	Formación de pliegues o surcos <ol style="list-style-type: none"> Irregulares Concéntricos Radiales
Pigmento en el reverso	Por color de las hifas <ol style="list-style-type: none"> Blanco o hialino Pardo o fuliginoso Por pigmentos metabólicos <ol style="list-style-type: none"> Restringido Difusible
Presencia de micelio sumergido	
Color de la colonia	
Aspecto de la colonia	<input type="checkbox"/> Algodonosa <input type="checkbox"/> Aterciopelada <input type="checkbox"/> Cérea <input type="checkbox"/> Espinosa <input type="checkbox"/> Glabra

Características microscópicas de los hongos filamentosos	
Fíbulas	() Ausentes () Presentes
Conidióforo	
Hifas	
Tipos de esporas	
Esporangios	

Tabla N° 9. Ficha de laboratorio para aislamiento del micelio.

Anexo VII.

Especies vegetales defoliadas por *Atta cephalotes* en la zona de estudio

Nombre común: Café

Nombre científico: *Coffea arabica* L.



Nombre común: Aguacate

Nombre científico: *Persea americana* Mill.



Nombre común: Limón

Nombre científico: *Citrus x limon* (L.) Osbeck



Nombre común: Zorrillo

Nombre científico: *Petiveria alliacea* L.



Nombre común: Mango

Nombre científico: *Mangifera indica* L.



Anexo VIII.

Figura Nº 11. Introducción de vara de madera en nidos, para lograr la salida y captura de soldados de *Atta cephalotes*.



Figura Nº 12. Troneras asentadas en áreas con presencia de hierbas (Zorrillo - *Petiveria alliacea* L.).



Figura N° 13. Colecta de material vegetal forrajado por hormigas de *Atta cephalotes*.



Figura N° 14. Hormigas defoliadoras cargando material vegetal Neem, momento provechoso para la colecta de éste material.



Figura N° 15. Material vegetal colectado: Mango, en uno de los sitios muestreados, el cual fue pesado en una balanza para conocer cuántos gramos eran obtenidos en un máximo de 10 minutos.



Figura N° 16. Pesola utilizada para el pesaje del material vegetal forrajado.



Figura Nº 17. Aceite negro utilizado como barrera para alejar a las hormigas defoliadoras de las plantas, empleado por los pobladores de la zona, éste es considerado un método empírico.



Figura Nº 18. Proceso de aislamiento de *Pseudonocardia* sp. en Agar Sabouraud.



Anexo IX.

Glosario

Aloetismo: Relación entre una tarea específica y el tamaño del cuerpo.

Árbol: Del lat. *arbor*, *-ōris*. m. Planta perenne, de tronco leñoso y elevado, que se ramifica a cierta altura del suelo.

Arbusto: Del lat. *arbustum*. m. Planta leñosa de menos de cinco metros de altura, sin un tronco preponderante, porque se ramifica a partir de la base.

Atta: Uno de los géneros de la tribu Attini. En Nicaragua se les denomina Zompopos.

Attini: Tribu a la cual pertenecen los géneros de zompopos *Acromyrmex* y *Atta*.

Basidiomiceto: Grupo de hongos caracterizado por formar basidiosporas, por lo general en grupos a cuatro, son los hongos de sombrerito,

Casta: Cualquier conjunto de miembros de una colonia morfológicamente distinto que se especializa en una tarea particular.

Coevolución: evolución conjunta de dos grupos de organismos relacionados ecológicamente, por ejemplo, plantas y herbívoras.

Defoliación: Eliminación de las hojas de una planta.

Defoliador: El que elimina las hojas de una planta.

Espermateca: Estructura en forma de saco que le sirve a la hembra para almacenar el esperma del macho.

Eusocial: Sociedad en la cual hay división de las labores de reproducción, con individuos estériles e individuos reproductivos, cooperación en el cuidado a los jóvenes y superposición de al menos dos generaciones capaces de contribuir con las labores de la colonia.

Entomopatógenos: Microorganismos (hongos, bacterias, virus y protozoos) que viven a expensas de insectos, actúan por contacto en sus diferentes estadios y le provocan la muerte.

Feromona: Sustancia secretada por un animal, que influye sobre la conducta de otros animales de la misma especie. Es una forma de comunicación química entre animales.

Fitófago, ga: De *fito-* y *-fag.* adj. Que se alimenta de materias vegetales.

Forrajeo: Proceso de búsqueda de parchos aceptables de vegetación, localización, corte y transporte de la carga hacia el nido.

Gongilidio: Extremo hinchado de una hifa del hongo simbiote. Sirve de alimento exclusivo a las larvas.

Haplodiploidía: Determinación del sexo en la cual los machos se derivan de huevos haplodiploides (no fecundados) y las hembras de huevos diploides (fecundados).

Hierba: Tb. Yerba. Del lat. *herba*. Toda planta pequeña cuyo tallo es tierno y perece después de dar la simiente en el mismo año, o a lo más al segundo, a diferencia de las matas, arbustos y árboles, que echan troncos o tallos duros y leñosos.

Hifa: Uno de los filamentos del micelio de un hongo. Micelio: Tallo de un hongo, compuesto por hifas.

Mutualismo: Simbiosis. Asociación en la que las dos especies del par resultan beneficiadas.

Polimorfismo: G. *poly* muchos y *morphe* forma). Diferencias de forma entre miembros de una especie; aparición de diversos fenotipos distintos en una población.

Recolectora: Forrajera de *Atta sexdens rubropilosa* que busca las hojas caídas, las secciona y transporta los fragmentos hasta la trocha (según Fowler y Robinson, 1979).

Reina: Individuo femenino fértil, fundadora de la colonia y único miembro reproductor.

Simbiote: Organismo que vive en simbiosis con otra especie.

Simbiosis: Interacción entre miembros de dos especies en la cual ambas resultan beneficiadas.

Transportadora: Forrajera de *Atta sexdens* que lleva hasta el nido los fragmentos encontrados en la trocha.

Trocha: Camino construido por zompopos. Es mantenido libre de vegetación y de obstáculos y conecta las plantas que están siendo explotadas con el nido.

Zompopo: Del maya *zonm* hormiga y *popo* grande. m. El Salv., Guat., Hond. Y Nic. Nombre genérico de varias especies de hormiga de color café o rojizo, que tienen nódulos o ensanchamientos y tres o cuatro pares de espinas en el dorso del torax, que viven en el suelo en colonias de miles y hasta millones de individuos, en hormigueros con varias entradas en forma de volcán y un laberinto de tuneles que llegan ahasta las cámaras, y que se alimentan del follaje de varias plantas. Solamente la reina y los zánganos tienen alas.