

**DIVERSIDAD DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN  
DIFERENTES ESTADOS SUCESIONALES, EN LA RESERVA NATURAL RÍO  
ÑAMBÍ, NARIÑO, COLOMBIA.**

**SANDRA PATRICIA CABRERA CORDOBA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2007**

**DIVERSIDAD DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN  
DIFERENTES ESTADOS SUCESIONALES, EN LA RESERVA NATURAL RÍO  
ÑAMBÍ, NARIÑO, COLOMBIA.**

**SANDRA PATRICIA CABRERA CORDOBA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de  
bióloga**

**Director**

**MSc. JHON JAIRO CALDERON LEYTÓN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2007**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidades exclusivas del autor”

Artículo 1º del Acuerdo No 32 de Octubre 11 de 1996, emanado del honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Director

---

Jurado

---

Jurado

San Juan de Pasto, Mayo 2007

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la valiosa colaboración de: la entidad que financió el presente proyecto de tesis: Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño; a la Asociación Grupo de Amigos para la Investigación y Conservación de las Aves, por su colaboración en la búsqueda de la financiación del proyecto; Jhon Jairo Calderón, docente de la Universidad de Nariño, por el aporte de sus conocimientos, por su asesoría profesional y por su apoyo como persona; Inge Armbrecht, Entomóloga de Insectos Sociales, docente de la Universidad del valle, por su valiosa colaboración, por el aporte de sus conocimientos sobre hormigas y su calidad humana; Elizabeth Jiménez, Entomóloga de Paisajes Rurales, Instituto von Humboldt, por el aporte de sus conocimientos sobre hormigas, y su inmensa ayuda desinteresada ; Fernando Fernández, Entomólogo de Insectos Sociales, docente de la Universidad Nacional, por su valiosa colaboración en la identificación de hormigas, y el aporte de sus conocimientos sobre estas; Martha Sofía Gonzáles, docente y directora del herbario (P.S.O) de la Universidad de Nariño por su colaboración en la realización del análisis de componentes principales; Fundación Ecológica Los Colibríes de Altaquer, por su apoyo, colaboración y por permitirme trabajar en la Reserva Natural Río Ñambí; a los jurados evaluadores Aida Baca y Guillermo Castillo, por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el documento escrito; mis auxiliares de campo, Jaime Casanova, Magaly Pianda, Natalia Ipuyan y Martha Chalparizan; el laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, en especial al laboratorista Mauricio Rodríguez.

Agradezco también a muchas personas que con sus pequeños aportes ayudaron a desarrollar esta tesis, a la Familia Goyes, por brindarme su amistad, compañía y colaboración, en la Reserva Natural Río Ñambí, a mi familia, a mis personas favoritas, por apoyarme en cada momento de mi vida. A todos ellos muchas gracias.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. OBJETIVOS	23
1.1 OBJETIVO GENERAL	23
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
2. MARCO TEORICO	24
2.1 DIVERSIDAD	24
2.2 SUCESION ECOLOGICA	24
2.2.1 Sucesión primaria	25
2.2.2 Sucesión secundaria	25
2.3 HIPOTESIS DEL TIEMPO ECOLOGICO	25
2.4 HETEROGENEIDAD DEL HABITAT	26
2.5 VARIABLES CLIMATICAS	26
2.6 DISPONIBILIDAD DE SITIOS PARA ANIDAR	27
2.7 GENERALIDADES SOBRE HORMIGAS	27
2.7.1 Suministro de alimentos	27
2.7.2 La estructura del microhabitat y la captura del recurso	27
2.7.3 Grupos funcionales en hormigas	27
2.7.3.1 Dominante Dolichoderine	27
2.7.3.2 Subordinada Camponotine	28
2.7.3.3 Especialistas del clima	28

2.7.3.4 Especies crípticas	28
2.7.3.5 Oportunistas	28
2.7.3.6 Generalista Myrmicinae	28
2.7.3.7 Especialistas predadores	30
3. ANTECEDENTES	38
4. MATERIALES Y METODOS	38
4.1 AREA DE ESTUDIO	39
4.2 SITIOS DE MUESTREO	40
4.3 UNIDADES DE MUESTREO	41
4.4 TRABAJO CON HORMIGAS	43
4.5 MEDICION DE VARIABLES BIOTICAS Y ABIOTICAS	43
4.5.1 Heterogeneidad del hábitat	43
4.5.2 Número de ramas y troncos caídos	44
4.5.3 Altura del dosel	44
4.5.4 Densidad arbustiva y de herbáceas	45
4.5.5 Temperatura a nivel del suelo	46
4.5.6 Temperatura ambiente	46
4.5.7 Humedad relativa	46
4.6 REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO	47
4.7 TRABAJO DE LABORATORIO	47
4.8 ANALISIS ECOLÓGICO	49
5. RESULTADOS	49

5.1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LA MIMERCOFAUNA	49
5.2 COMPARACION ENTRE LOS INDICES DE DIVERSIDAD Y EL INDICE DE EQUIDAD ENTRE LOS ESTADOS SUCESIONALES	51
5.3 INDICES DE DIVERSIDAD BETA	53
5.4 ESPECIES EXCLUSIVAS DE UN BOSQUE	54
5.5 VARIABLES RELACIONADAS CON LA HETEROGENEIDAD DEL HABITAT	54
5.6 VARIABLES RELACIONADAS CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS: TEMPERATURA AMBIENTE, HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DEL SUELO	57
6. DISCUSION	61
7. CONCLUSIONES	68
8. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	75

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Medidas de diversidad aplicadas a los estados sucesionales	
Tabla 2. Resultados de los índices de diversidad Beta aplicados a los estados sucesionales	51
Tabla 3. Especies y morfoespecies exclusivas para cada uno de los bosques	53
Tabla 4. Eigen vectores de las variables bióticas, abióticas y diversidad	54
	60

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica y características topográficas de La Reserva Natural Río Ñambí	38
Figura 2. Precipitación y temperatura en la Reserva Natural Río Ñambí	39
Figura 3. Esquema del diseño de los transectos usado en el estudio	40
Figura 4. Esquema de una estación de muestreo	41
Figura 5. Arreglo de las trampas de caída en campo	42
Figura 6. Ubicación de la trampa arbórea, hipogea y epigea	42
Figura 7. Ubicación de las cuadrículas en las que se realizó el conteo del número de ramas y troncos caídos	43
Figura 8. Esquema de la metodología para tomar la altura del dosel	44
Figura 9. Esquema de la metodología de la densidad de arbustos y de herbáceas	45
Figura 10. Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada de la Reserva Natural Río Ñambí	46
Figura 10.1. Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada en bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 de regeneración	47
Figura 11. Distribución Taxonómica por subfamilia del total de las especies de hormigas encontradas durante el estudio	49
Figura 12. Medianas de la diversidad de hormigas en bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.	52
Figura 13. Distribución de abundancia de las especies en bosque altamente conservado (a), bosque secundario entresacado (b) y bosque de más de 15 años de regeneración (c).	52
Figura 14. Dendograma de similitud de los bosques muestreados	53
Figura 15. Datos del número de individuos que se encuentran agrupados en rangos de DAP para cada bosque estudiado. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración). BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).	55
Figura 16. Datos del número de individuos que se encuentran agrupados en rangos de alturas para cada bosque estudiado. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).	55
Figura 17. Relación de la diversidad de hormigas y la densidad de herbáceas en los estados sucesionales.	56
Figura 18. Relación de la diversidad de hormigas respecto a la densidad de arbustos.	56

Figura 19. Relación de la diversidad de hormigas en hojarasca y el número de ramas y troncos caídos.	57
Figura 20. Datos de los promedios de la temperatura ambiente obtenidos en los meses de muestreo para cada uno de los bosques y transectos estudiados. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).	58
Figura 21. Datos de los promedios de la humedad relativa obtenidos en los meses de muestreo para los bosques estudiados. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).	58
Figura 22. Datos de los promedios de la temperatura del suelo obtenidos en los meses de muestreo para los bosques estudiados. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).	59
Figura 23. Gráfica del análisis de componentes principales, en donde se agrupan los transectos de acuerdo a las variables bióticas y abióticas.	60

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Calculo del índice de diversidad de Shannon Wiener	75
Anexo B. Calculo del índice de Simpson	75
Anexo C. Calculo de los números de diversidad de Hill	75
Anexo D. Calculo de la Equidad de Pielou	76
Anexo E. Calculo del índice de Jaccard	76
Anexo F. Calculo del Índice de Wittaker	76
Anexo G. Calculo del índice de complementariedad	76
Anexo H. Especies encontradas en bosque altamente conservado y secundario entresacado.	77
Anexo I. Especies encontradas en bosque altamente conservado y bosque de más de 15 años de regeneración.	78
Anexo J. Especies encontradas en bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.	78
Anexo k. Ubicación habitacional de las morfoespecies en los estados sucesionales.	79
Anexo L. Matriz de los datos de las variables bióticas y abióticas en los transectos del bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y el bosque de más de 15 años de regeneración	82
Anexo M. Especies afines a las morfoespecies encontradas en la Reserva Natural Río Ñambí.	82
Anexo N. Caracteres morfológicos usados para la separación de las Morfoespecies	83

## GLOSARIO

**ABUNDANCIA:** indica el número de individuos presentes en un hábitat determinado. Se relaciona con los términos de densidad y dominancia, puesto que ocupa el primer nivel de clasificación no paramétrica en la escala de frecuencias (*i.e.*: abundante, frecuente, común, escaso y raro).

**BIOTA:** designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada.

**BOSQUE PRIMARIO:** no existe un total acuerdo científico sobre el concepto de bosque primario; El Instituto para los Recursos Mundiales (WRI, World Resources Institute) se refiere a ellos como fronteras forestales, grandes superficies continuas de bosque original intacto, cuya dinámica y evolución depende del régimen de perturbaciones naturales, con nula o escasa intervención humana, sin actividad industrial a gran escala, y lo suficientemente grandes como para garantizar la supervivencia de poblaciones viables de todos los seres vivos, incluidas especies migratorias. Son grandes extensiones de ecosistemas forestales testigos de lo que fueron los bosques originales del planeta y que no han sido transformadas o alteradas por la actividad humana industrial.

**COMUNIDAD:** conjunto de poblaciones que comparten un mismo espacio y tiempo.

**DISTURBIO:** cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que causa perturbación en la estructura del ecosistema, la población o la comunidad, que cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el medio físico.

**DOMINANCIA:** se produce cuando una o varias especies controlan las condiciones ambientales que influyen en las especies asociadas.

**DOSEL:** es la capa aérea vegetal, que en los bosques tropicales normalmente se define por el conglomerado de tallos, hojas, ramas, flores y frutos de las diferentes especies que crecen y se ubican por encima de los 20 metros de altura.

**ECOSISTEMA:** es el conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven, donde se relacionan recíprocamente; es la combinación de componentes bióticos y abióticos a través de los cuales fluye la energía y circulan los materiales.

**ESPECIACIÓN:** proceso mediante el cuál una población de una determinada especie da lugar a otra u otras poblaciones, aisladas reproductivamente de la población anterior y entre sí, que con el tiempo irán acumulando otras diferencias genéticas.

**ESPECIE:** desde un punto de vista biológico, una especie es un grupo de poblaciones naturales cuyos miembros pueden cruzarse entre sí y producir descendencia fértil, pero no pueden hacerlo (o no lo hacen en circunstancias normales) con los integrantes de poblaciones pertenecientes a otras especies.

**ESPECIE INDICADORA:** usada como monitor de las condiciones ambientales del sitio o que describe la formación típica a la que representa.

**ESTRATIFICACIÓN:** arreglo espacial de los elementos que conforman el paisaje en dos planos: estratos verticales y estratos horizontales.

**ESTRUCTURA DEL HÁBITAT:** Relacionado a la relación de localización espacial y temporal de los recursos naturales y otros elementos del paisaje en un hábitat determinado.

**FOLLAJE:** Conjunto de las hojas de los árboles y otras plantas verdes. Las hojas recién desprendidas que han caído a la hojarasca del suelo todavía se consideran follaje, hasta que no empiecen el proceso de humificación.

**FRECUENCIA:** término bioestadístico que refiere a las veces con las que se repite un evento por unidad de tiempo; por tanto, se obtienen distribución de frecuencias de observaciones realizadas o se establece escalas de frecuencia (*i.e.*: abundante, frecuente, común, escaso, raro).

**GÉNERO:** en taxonomía, es una unidad sistemática para la clasificación de organismos. Jerárquicamente, el género es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie; así, un género es un grupo que reúne a varias especies emparentadas, sin embargo, existen algunos géneros que son monoespecíficos (contienen una sola especie).

**HÁBITAT:** lugar en el que puede encontrarse habitualmente los individuos de una especie determinada.

**HUMEDAD RELATIVA:** relación entre la cantidad de vapor de agua existente en el aire y la cantidad que saturaría este aire a una temperatura dada.

**MICROCLIMA:** define el conjunto de condiciones climáticas propias de un punto geográfico o área reducida y que representan una modificación local del clima general del territorio debido a la influencia de distintos factores ecológicos.

**MORFOESPECIE:** El concepto de una especie basado solamente en características morfológicas, sin considerar ningún otro factor biológico.

**MOSAICO DEL PAISAJE:** una mezcla de retazos naturales y manejados por el hombre que varían en tamaño, forma y ordenación espacial.

**MUESTREO:** Técnica especializada para obtención de muestras, mediante la cual se trata de establecer una relación cuantitativa frente al fenómeno investigado.

**NEOTROPICAL:** región geográfica que comprende la parte sur de América del norte, Centroamérica, Antillas, Bahamas, y de toda la América del sur.

**REFUGIO PLEISTOCENICO:** durante los periodos más secos los bosques húmedos tropicales se redujeron a reductos aislados que actuaron como refugios para la biodiversidad.

**REGENERACIÓN:** Proceso por el cual se retoman las características originales del sistema luego de una fuerte interferencia o disturbio. La sucesión ecológica es un tipo de regeneración natural de los ecosistemas forestales.

**SOTOBOSQUE:** estrato inferior ubicado sobre el suelo de la selva hasta una altura de dos metros; que contiene tres estratos bien diferenciados que son: arbustivo, herbáceo y rastrero.

**TENSORES:** agentes que incrementan la tensión o estrés de los individuos.

**TERMOFILO:** Organismo que gusta vivir en áreas calientes o medios de temperatura ambiental sostenida.

## RESUMEN

En la Reserva Natural Río Ñambí, se estudio la diversidad de hormigas en estados sucesionales diferentes y se evaluó la teoría del tiempo ecológico propuesta por Pianka, la cual postula que la diversidad se incrementa con la edad de una comunidad y la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat de Bazzas, que asume que los hábitats estructuralmente heterogéneos albergan mayor diversidad porque proporcionan más nichos. Se registraron 129 morfoespecies distribuidas en 43 géneros, representados por seis subfamilias de las cuales *Myrmicinae* fue la más representativa y el género *Pheidole* obtuvo el mayor número de especies. No se encontraron diferencias significativas de la riqueza entre los bosques, sin embargo estas se reflejaron en la composición, debidas a los diferentes requerimientos alimenticios y microclimáticos, a los sitios de anidamiento, a los predadores, competidores y a las barreras de dispersión que las hormigas poseen. Las diversidades entre los bosques presentaron diferencias significativas, estas variaciones no estuvieron asociadas a la heterogeneidad del hábitat y no se demostró la hipótesis del tiempo ecológico, puesto que las variables, temperatura del suelo y ambiente restringen el acceso a los recursos del hábitat, disminuyen el coeficiente de difusión de feromonas, determinan la actividad de forrajeo e influyen en el desarrollo de larvas y pupas, y la humedad relativa disminuyen las poblaciones de hormigas con la altitud, determinando así la estructura de la comunidad de hormigas.

Palabras Claves: Diversidad, hormigas, estados sucesionales, heterogeneidad del hábitat, hipótesis del tiempo ecológico, variables bióticas y abióticas.

## ABSTRACT

In the Ñambí River Natural Reservation, you study the diversity of ants in different successional states and the theory of the ecological time - proposed by Pianka - was evaluated, this theory postulates that the diversity is increased with the age of a community and the hypothesis of the heterogeneity of the habitat of Bazzas, it assumes that the habitats structurally heterogeneous harbor bigger diversity because they provide more niches. We registered 129 morphospecies distributed in 43 genera, represented by six subfamilies of which Myrmicinae was the most representative and the genus Pheidole obtained the biggest number of species. There were not significant differences of the richness among the forests; however they were reflected in the composition, due to the different nutritional requirements and microclimatic, to the nest sites, to the predators, competitors and to the dispersion barriers that the ants possess. The diversities among the forests presented significant differences, these variations were not associated to the heterogeneity of the habitat and the hypothesis of the ecological time was not demonstrated, since the variables, temperature of the floor and ambient restricts the access to the resources of the habitat, they diminish the coefficient of pheromones diffusion, they determine the activity of forage and they influence in the development of larvae and pustules, and the relative humidity diminishes the populations of ants with the altitude, determining this way the structure of the community of ants.

Key words: Diversity, ants, states successional, heterogeneity of the habitat, hypothesis of the time ecological, variable biotics and abiotics.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques húmedos tropicales se caracterizan por ser los ecosistemas de mayor heterogeneidad estructural, estratificación y diversidad de especies en el mundo. Entre las explicaciones que se han dado a este hecho están los procesos de especiación y diversificación ocasionados por la fragmentación de las grandes masas boscosas y persistencia y concentración de especies en los refugios pleistocénicos debido a las fluctuaciones climáticas del cuaternario<sup>1</sup>. A pesar de su importancia, la transformación de los bosques húmedos tropicales en Colombia por la acción antrópica ha avanzado de manera drástica y creciente a partir de los años 60<sup>2</sup>.

Los ecosistemas tropicales presentan abundantes insectos sociales, entre ellos, las hormigas ocupan lugares prominentes en cantidad de especies y número de individuos; su amplia distribución en el mundo en diversos hábitats las convierte en fuertes bioindicadores<sup>3</sup>, aunque en este último aspecto aún existe controversia, puesto que parece que las hormigas no son buenas predictoras de la diversidad de otros taxa<sup>4</sup>. El estudio sobre hormigas es importante puesto que estos insectos son indicadores del estado de la perturbación, permitiendo adquirir información posible para la planificación del uso de la tierra y el manejo de los hábitats. Son importantes por los papeles ecológicos que desempeñan, ya que ellas son especialistas ocupando variedad de niveles tróficos incluyendo los niveles superiores y porque la presencia o ausencia de ciertas especies claves es importante para las interacciones de la comunidad<sup>5</sup>.

Algunos trabajos relacionan la diversidad de hormigas con estados sucesionales, como los de Bustos y Chacón<sup>6</sup>, y Aldana y Chacón<sup>7</sup>, quienes encuentran que con el aumento de la complejidad estructural del ecosistema, aumenta la riqueza y

---

<sup>1</sup> VAN DER HAMMEN, T. 1995. Global change, biodiversity, and conservation of neotropical montane forest: 603-607.

<sup>2</sup> CHÁVEZ, M & N. ARANGO. 1998. Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad 1997\_ Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, PNUMA. Ministerio del Medio Ambiente. Santa Fé, de Bogotá . Vol 3.

<sup>3</sup> ANDRADE, G., M. GONZALO, A. GARCÍA & F. FERNÁNDEZ. 1996. Insectos de Colombia. Estudios escogidos. Editorial Guadalupe. Santa Fe de Bogotá: 415-419

<sup>4</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 424 p.

<sup>5</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco, en el Valle del Cauca, Colombia. Cali. Plan de Magíster En Biología. 120 p.

<sup>6</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1997. Mirmecofauna y Perturbación en un Bosque de Niebla Tropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia). Revista de Biología Tropical 44 (3), 45 (1): 259-266

<sup>7</sup> ALDANA, R. & P. CHACÓN. 1999. Megadiversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la cuenca media del río Calima. Revista Colombiana de Entomología 25 (1-2): 37-47.

diversidad de especies de hormigas, señalando que esta es mayor en bosque primario, puesto que este hábitat les ofrece un mayor número de sustratos aprovechables para anidamiento, permitiendo a ciertas especies ocupar nichos específicos y eludir la competencia.

Por otra parte, Estrada y Fernández<sup>8</sup> en la reserva Natural la Planada no registraron un incremento de la riqueza a medida que avanza la sucesión, pero sí hallaron diferencias en la composición, permitiéndoles utilizar a las hormigas en planes de monitoreo, para evaluar el grado de recuperación del bosque. Pfeiffer<sup>9</sup> *et al*, mencionan que un microclima puede decidir si una especie está presente o ausente en un hábitat, y que las variables abióticas pueden restringir el acceso de estas a los recursos del hábitat; Pirk<sup>10</sup> *et al*, encontraron que la temperatura afecta la actividad de las hormigas, limitándola a tiempos en los cuales las condiciones térmicas les permite mantener su temperatura corporal dentro de rangos fisiológicamente tolerables. Levings<sup>11</sup> propone que la humedad y la escasa radiación solar, por causa de la neblina, son las condiciones responsables de la disminución de poblaciones de hormigas con la altitud.

Por lo tanto, en la Reserva Natural Río Ñambí donde se presenta un mosaico de hábitats como áreas de bosque primario, bosque secundario entresacado, bordes de bosque y claros, se evaluó la teoría del tiempo ecológico de Pianka<sup>12</sup>, la cual postula que la diversidad incrementa con la edad y la madurez de una comunidad, y la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat propuesta por Bazzaz<sup>13</sup>, que asume que hay mayor riqueza en hábitats estructuralmente complejos puesto que proporcionan más nichos.

Así, en este estudio se evaluó la diversidad  $\alpha$  de hormigas en cada estado sucesional y la diversidad  $\beta$  de hormigas entre los estados sucesionales y se

---

<sup>8</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista Biología Tropical*. 47 (1-2): 189-201.

<sup>9</sup> PFEIFFER, M., L. CHIMEDREGZEN & K. ULYKPA. 2003. Community organization and species richness of ants Hymenoptera: Formicidae) in Mongolia along and ecological gradient from steppe to Gobi desert. *Journal of Biogeography* 30: 1921-1935.

<sup>10</sup> PIRK, G., J. LOPEZ & R. POL. 2004. Asociación de hormigas granívoras *Pogonomyrmex pronotalis*, *Pogonomyrmex rastratus* y *Pogonomyrmex inermes* con caminos en el monte central. *Ecología Austral* 14: 65-76.

<sup>11</sup> LEVINGS, S. 1983. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. *Ecological Monographs* 2 (4): 435-455.

<sup>12</sup> PIANKA, E. 1988. *Evolutionary Ecology*. Fourth Edition. The University of Texas at Austin. New York : Harper and Row, Publishers.

<sup>13</sup> BAZZAZ, F. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois, en: TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELB™RGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/ diversity: the importance of Keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92.

determinó si esta presenta relación con la heterogeneidad espacial del hábitat. Se aportó información acerca de los géneros de formicidae que se encuentran en el sitio, convirtiéndose en una base para posteriores estudios en mirmecología, teniendo en cuenta otros factores que pueden influir en la diversidad de hormigas, sin que necesariamente la perturbación sea la causante de la pérdida de esta.

Se encontró que a pesar de que el bosque altamente conservado contiene una mayor heterogeneidad del hábitat, diversidad de alturas, y número de ramas y troncos caídos, la diversidad y riqueza de hormigas en el bosque de más de 15 años de regeneración fue mayor debido a que las variables climáticas influyen en la estructura de las comunidades de hormigas, dentro de las cuales la temperatura ambiente y la temperatura del suelo tienen una mayor influencia, puesto que las altas temperaturas pueden disminuir el coeficiente de difusión de feromonas, hay mayor actividad de forrajeo en algunas especies de hormigas y es un factor que permite desarrollar larvas y pupas.

La variable número de ramas y troncos se relacionó positivamente con la diversidad de hormigas en hojarasca relacionado a que estos aportan más sitios para anidar.

## 1. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la diversidad de hormigas (hymenóptera: formicidae) en diferentes estados sucesionales en la Reserva Natural Río Ñambí, Nariño, Colombia.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar la diversidad de hormigas entre el bosque altamente conservado, secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.

Determinar la diversidad  $\alpha$  de hormigas en cada estado sucesional y determinar la diversidad  $\beta$  de hormigas entre los tres estadios.

Determinar si la diversidad de hormigas esta relacionada con la heterogeneidad espacial del hábitat.

## 2. MARCO TEÓRICO

A partir de la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat, la cual postula que los hábitats con estructuras complejas proporcionan más nichos y diversas formas de aprovecharse de los recursos del medio ambiente, aumentando así la diversidad, se establece la siguiente hipótesis de estudio: La diversidad de hormigas se incrementa con la complejidad estructural del hábitat. Por ello se explican los siguientes conceptos:

### 2.1 DIVERSIDAD

Hace referencia a la variedad de especies que se presentan en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales<sup>14</sup>. El término diversidad también incluye el número y frecuencia de ecosistemas, especies o genes en un ensamblaje dado. La diversidad de especies hace referencia a la variedad de organismos vivos sobre la tierra, conocido como riqueza. Se tiene en cuenta cómo los individuos se reparten los recursos o como se reparte el número de individuos de las diferentes especies; la cuantificación de este aspecto es conocido como equitatividad<sup>15</sup>.

### 2.2 SUCESIÓN ECOLÓGICA

Es una serie de fases de crecimiento de la vegetación cuya estructura y composición cambia con el tiempo<sup>16</sup>. Es el resultado de la interacción de los factores bióticos y abióticos que dan lugar a un ecosistema complejo con lo cual se crean más hábitats y, consecuentemente, aumenta la diversidad de especies, es relativamente estable y maduro. Los ecosistemas maduros no son estáticos, por el contrario están cambiando lentamente a medida que se presentan modificaciones biológicas autodestructivas<sup>17</sup>.

La sucesión la inician perturbaciones, las cuales destruyen la estructura de la comunidad primaria<sup>18</sup>; dado que la perturbación es definida como la extracción de biomasa, para muchos animales es sinónimo de mortalidad<sup>19</sup>.

---

<sup>14</sup> RAMIREZ, A. 1999. Ecología Aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá. Santa Fé de Bogotá: Jorge Tadeo Lozano.

<sup>15</sup> Ibid.

<sup>16</sup> ROLDAN, G., L. VELASQUES & T. MACHADO. 1981. Ecología. Bogotá: Editorial Norma. 264 p.

<sup>17</sup> SUTTON, B. & P. HARMON. 1976. Fundamentos de Ecología. México: Editorial Limusa.

<sup>18</sup> ROLDAN, G., L. VELASQUES & T. MACHADO. 1981. Op. cit., p. 23.

<sup>19</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press. 280 p.

Las hormigas, sin embargo, son organismos modulares y muchos "módulos" (individuos) pueden perderse sin necesariamente amenazar la reproductividad de la unidad (la colonia), por consiguiente, combinando con la protección provista para nidos, especialmente los del suelo la perturbación del hábitat muchas veces no afecta a todas las hormigas a menos que ésta sea severamente extendida causando la destrucción de las colonias<sup>20</sup>.

Los mayores efectos de la perturbación del hábitat son muchas veces indirectos y están relacionados con el estrés, la influencia de la estructura del hábitat, el microclima y el suministro de alimentos<sup>21</sup>.

2.2.1 Sucesión primaria. Es aquella que se desarrolla en una zona carente de comunidad preexistente<sup>22</sup>. Esta sucesión puede observarse, por ejemplo, en una duna de arena, o un flujo de lava recién expuestos; las cadenas tróficas son simples y lineales<sup>23</sup>.

2.2.2 Sucesión secundaria. Desarrollo de comunidades en sitios antes ocupados por comunidades bien desarrolladas o en sitios donde los nutrientes y otras condiciones son favorables<sup>24</sup>. Dentro de bosques naturales también se forman continuamente claros, dejados por la tala de árboles, por acción del hombre o bajo condiciones naturales, estas áreas se ven sometidas por un período a temperaturas un poco más altas y reciben más luz, y el restablecimiento de la misma comunidad es muy rápido<sup>25</sup>.

## 2.3 HIPÓTESIS DEL TIEMPO ECOLÓGICO

La hipótesis del tiempo ecológico asume que la diversidad incrementa con la edad de una comunidad y postula que entre más "madura" una comunidad tropical es más diversa porque esta tiene un largo período sin mayor disturbio<sup>26</sup>, por lo tanto, al presentar mayor diversidad de nichos, creación de más hábitats, la equitabilidad aumenta y la dominancia decrece<sup>27</sup>; cada vez que una etapa sucede a la anterior, el ecosistema se hace más complejo<sup>28</sup>.

---

<sup>20</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>21</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>22</sup> ODUM, E. 1995. Ecología. Peligra la Vida. Interamericana Mc Graw - Hill. Segunda Edición.

<sup>23</sup> ROLDAN, G., L. VELASQUES & T. MACHADO Op. cit., p. 24

<sup>24</sup> ODUM, E. Op. cit., p. 25.

<sup>25</sup> ROLDAN, G., L. VELASQUES & T. MACHADO. 1981. Op. cit., p. 24

<sup>26</sup> PIANKA, E. 1998. Op. cit., p. 22.

<sup>27</sup> SUTTON, B. & P. HARMON. 1976. Op. cit., p. 24

<sup>28</sup> SUTTON, B. & P. HARMON. 1976. Op. cit., p. 24

## 2.4 HETEROGENEIDAD DEL HÁBITAT

La hipótesis de heterogeneidad de hábitat es una de las piedras angulares de la ecología<sup>29</sup>. Esta hipótesis asume que los hábitats estructuralmente complejos pueden proporcionar más nichos y maneras diversas de aprovecharse de los recursos del medio ambiente y así la diversidad de especies aumenta<sup>30</sup>. En la mayoría de los hábitats, las comunidades de plantas determinan la estructura física del ambiente, y por consiguiente, tienen una influencia considerable en las distribuciones e interacciones de los animales<sup>31</sup>. Aunque se han documentado relaciones positivas entre la heterogeneidad del hábitat vegetación-formada y diversidad de especies de animales en balanzas locales y regionales, los estudios han originado resultados contradictorios; dependiendo del grupo taxonómico, el parámetro estructural de la vegetación y la balanza espacial, la diversidad de las especies puede variar y puede depender considerablemente de lo que se percibe como fragmentación del hábitat<sup>32</sup>.

## 2.5 VARIABLES CLIMÁTICAS

Las bajas temperaturas son el tensor primario que controla los parámetros globales de la productividad y la estructura de la comunidad de hormigas. La estructura del hábitat determina el grado de insolación de la superficie de forrajeo y por consiguiente el microclima. El estrés en bajas temperaturas puede ser: alto en climas fríos y en hábitats sombreados, moderado en climas fríos y hábitats abiertos ó en hábitats sombreados y climas cálidos, bajo en climas calidos y hábitats abiertos<sup>33</sup>.

Según Levings<sup>34</sup> la humedad relativa y la escasa radiación solar, por causa de la neblina, son las condiciones responsables de la disminución de poblaciones de hormigas con la altitud, mientras que Kaspari y Weiser<sup>35</sup> afirman que las altas temperaturas y la baja humedad crean riesgos de disecación que pueden transformar la actividad de las hormigas.

---

<sup>29</sup> TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELB™RGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. Op. cit. 24.

<sup>30</sup> BAZZAZ, citado por TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELB™RGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. Op. cit., p. 24

<sup>31</sup> TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELB™RGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. Op. cit., p. 24

<sup>32</sup> TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELB™RGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. cit., p. 24

<sup>33</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>34</sup> LEVINGS, S. 1983. Op. cit., p. 21.

<sup>35</sup> KASPARI, M. & M. WEISER. 1999. Ant activity along moisture gradients in a neotropical forest. *Biotropica* 32 (4): 703- 711.

## 2.6 DISPONIBILIDAD DE SITIOS PARA ANIDAR

La disponibilidad de sitios para anidar (el rango de tipos de sitios de anidamiento y su abundancia), es el segundo factor de estrés; este ejerce una importante influencia en la productividad y en la estructura de las comunidades de hormigas. El rango de tipos de sitios de anidamiento varía con la complejidad estructural del hábitat y contiene el tipo de hormigas que pueden vivir ahí. Estructuralmente la complejidad de hábitats, tal como en bosques tropicales lluviosos, ofrecen sitios de anidamiento (ejemplo, hojarasca, material en descomposición, epifitas) que muchas veces no son disponibles en otros hábitats, y por consiguiente, soportan grupos funcionales de hormigas (ejemplo, crípticas y otras especies arbóreas) que son muchas veces raras o ausentes en otros sitios<sup>36</sup>.

## 2.7 GENERALIDADES SOBRE HORMIGAS

El estudio global de la ecología de hormigas en bosques lluviosos, requiere del entendimiento de las respuestas de las hormigas al estrés ambiental y al disturbio, donde el estrés es definido como algún factor que limita la productividad y el disturbio como algún factor que remueve la biomasa, entre los que se encuentran, el suministro de alimentos, la estructura del hábitat y la captura del recurso. Los grupos funcionales ayudan a comprender el comportamiento de las hormigas bajo condiciones de estrés y disturbio, sin embargo para el neotrópico, estas relaciones no son claramente conocidas<sup>37</sup>.

2.7.1 Suministro de alimentos. La disponibilidad de alimentos determina la distribución de las especies con dietas especializadas, tales como cosechadoras de semillas y predadoras especialistas, sin embargo muchas especies de hormigas son carroñeras, predadoras generalistas, colectoras de miel del rocío, o una combinación de estas<sup>38</sup>.

2.7.2 La estructura del microhabitat y la captura del recurso. La complejidad estructural de la superficie de forrajeo ejerce una mayor influencia en la habilidad de las especies para capturar el alimento. Por ejemplo, la hojarasca reduce la eficiencia para la defensa, la localización y recuperación de los recursos<sup>39</sup>.

2.7.3 Grupos funcionales en hormigas. Estos están basados en estudios sobre hormigas de Australia y nuevo mundo.

2.7.3.1 Dominante Dolichoderinae. Desde una perspectiva global, competitivamente son taxas dominantes, son por definición predominantes en ambientes con bajo nivel de estrés y disturbio. En regiones de clima caliente *Linepithema* tiene un

---

<sup>36</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>37</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>38</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>39</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

comportamiento dominante en hábitats abiertos. Dolichoderinae no esta universalmente distribuida, a menudo están ausentes en hábitats con estrés moderado<sup>40</sup>.

2.7.3.2 Subordinada Camponotine. Camponotine, Formicines, especialmente especies de Camponotus, son muy diversas y abundantes. Muchas son de comportamiento subdominantes respecto a Dolichoderinae, son ecológicamente segregadas y frecuentemente forrajean en la noche.<sup>41</sup>

2.7.3.3 Especialistas del clima. Estos taxos están distribuidos en exceso en zonas áridas (especialistas de clima caliente), en los trópicos (especialistas de clima tropical), regiones de clima frío (especialistas de clima frío). Las especialistas de clima frío y tropical son características de hábitats donde la dominancia de Dolichoderinae es baja. Las especialistas de clima caliente, son características de sitios donde Dolichoderinae son abundantes; poseen un rango fisiológico, morfológico y especialización del comportamiento relacionado con la ecología del forrajeo, la cual reduce su interacción con otros taxos. Ellas incluyen taxos termofilicos y especialistas cosechadoras de semillas (incluyendo especies de *Monomorium* y *Pogonomyrmex*).<sup>42</sup>

2.7.3.4 Especies crípticas. Estas son pequeñas a diminutas especies, predominantemente Myrmicines y Ponerines, que anidan y forrajean principalmente en el suelo, hojarasca y en troncos podridos. Son más diversas en bosque y en hojarasca<sup>43</sup>.

2.7.3.5 Oportunistas. No son especialistas y son pobremente competitivas. La distribución parece ser fuertemente influenciada por la competición de otras hormigas. Tienen una amplia distribución del hábitat, pero predominan solamente en sitios donde el estrés o el disturbio limita la diversidad y la productividad de hormigas. El comportamiento dominante es bajo (*Myrmica*, *Paratrechina*).<sup>44</sup>

2.7.3.6 Generalista Myrmicinae. Especies de *Crematogaster*, *Monomorium* y *Pheidole*, son ubicuos miembros de la comunidad de hormigas; se encuentran en todas las regiones calientes del mundo, están entre las más abundantes.<sup>45</sup>

2.7.3.7 Especialistas predadores. Dentro de este grupo se encuentran especies de tamaño medio a grande; son especialistas predadoras de otros artrópodos. Ellas comprenden forrajeras solitarias, tales como *Pachycondila*, ó grupos invasores tal como las especies de *Leptogenys*. Excepto para enfrentar predadores directos,

---

<sup>40</sup>HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. Responses of ants to disturbance in Australian, with particular reference to fuctional groups. *Austral ecology* 28: 444-464.

<sup>41</sup> *Ibid.* 26.

<sup>42</sup>HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. *Op. cit.*, p. 27

<sup>43</sup>HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. *Op. cit.*, p. 27

<sup>44</sup>HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. *Op. cit.*, p. 27

<sup>45</sup>HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. *Op. cit.*, p. 27

ellos tienden a tener poca interacción con otras hormigas debido a su dieta especializada y típicamente baja densidad poblacional<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup> HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. Op. cit., p. 27

### 3. ANTECEDENTES

En el gradiente sucesional se ha realizado estudios con la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae, Aphodiinae): como el de Escobar y Chacón<sup>47</sup> (2000), quienes estudiaron la distribución espacial y temporal de estos animales en un gradiente sucesional: bosque primario, bosque secundario y pastizal, en la Reserva Natural La Planada. Encontraron que la riqueza y la abundancia de escarabajos decrecieron en el bosque secundario y en zonas abiertas con respecto al bosque nativo, y que el 60% del total de las especies no se encontraron en pastizal. Ellos observaron que, para la mayoría de las especies típicas del interior del bosque, las áreas abiertas constituyen una barrera para el movimiento de sus poblaciones, y que la respuesta de éstos, a los cambios ambientales puede estar afectada por factores como: el grado de cobertura vegetal, la estratificación vertical y la densidad de la vegetación.

Estrada y Fernández<sup>48</sup>, estudiaron en la Reserva Natural la Planada la diversidad de hormigas en diferentes estados sucesionales: potrero, pastizal, dos bosques de diez años, uno de 20, un bosque entresacado de 15 años de regeneración y un bosque maduro; el mayor número de especies se encontró en pastizal y en el bosque entresacado (con 25 y 26 especies respectivamente), el bosque de diez años presentó el número más bajo de especies (12). No hallaron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza y diversidad de especies entre los muestreos ni entre los lugares de estudio, aunque la composición de especies de hormigas sí cambio entre los diferentes estadios sucesionales, con esto propusieron la utilización de las hormigas en planes de monitoreo utilizando la composición de especies como parámetro indicador para evaluar el grado de recuperación del bosque en la reserva natural La Planada (Nariño Colombia).

En el valle del Cauca, Ramírez y Enríquez<sup>49</sup>, compararon la riqueza y diversidad de hormigas entre un fragmento de bosque seco y dos sistemas silvopastoriles, uno de pasto estrella asociado con árboles de algarrobo y otro de pasto estrella asociado con arbustos de leucaena. Se determinó que el manejo que se le da a cada ecosistema esta influenciando directamente a las comunidades de hormigas, de modo que la conversión de bosques en pasturas produce un impacto negativo sobre la diversidad; sin embargo, este efecto se ve reducido al implementar sistemas silvopastoriles dentro de áreas productivas.

---

<sup>47</sup> ESCOBAR, F. & P. CHACÓN. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño - Colombia. *Biología Tropical* 48 (4): 961-975.

<sup>48</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p 21.

<sup>49</sup> RAMÍREZ, M. & M. ENRÍQUEZ. 2004. Importance and diversity of ants in silvopastoral systems in the Cauca Valley, Colombia; *Livestock Research for Rural Development* 15 (1).

Lawton<sup>50</sup> *et al*, examinaron un gradiente desde bosque primario, bosque secundario y plantaciones de árboles hasta completar claros. Encontraron que la riqueza de especies de hormigas incrementó a medida que se regeneraron los bosques. Otros trabajos como los de Bustos y Chacón<sup>51</sup>, Aldana y Chacón<sup>52</sup>, y Andersen<sup>53</sup> *et al*, reflejan al igual que el anterior, un aumento de la diversidad de hormigas a medida que avanza la sucesión y la presencia de algunas especies restringidas a un solo estado sucesional o sitio de rehabilitación. Los autores mostraron que la perturbación es la causante de la disminución de hormigas.

Schonberg<sup>54</sup> *et al*, estudiaron la riqueza de especies de hormigas arbóreas en bosque primario, bosque secundario y pasto, en Monte Verde, Costa Rica; colectaron 21 especies en bosque primario, nueve especies en bosque secundario y 20 en pasto. Los resultados mostraron que el dosel del bosque secundario tiene baja densidad de especies comparado con los árboles de bosque primario y los árboles de pastura; a través del gradiente la composición fue similar. La similitud entre el bosque primario y el relicto de pastura indicaron que el dosel de los árboles pueden mantener el microhábitat y las características estructurales necesarias para las hormigas de bosque primario, a pesar de la exposición mayor a la luz del sol.

En Santa Bárbara, Brasil, Marinho<sup>55</sup> *et al*, realizaron un estudio sobre la diversidad de hormigas en áreas de monocultivo de eucalipto y de vegetación nativa. Como resultados encontraron que la diversidad de hormigas se redujo en monocultivos y casi todas las especies encontradas en vegetación nativa también se encuentran en eucalipto, sugiriendo que la fauna de hormigas nativas de Cerrado de cierta forma se preservan en los monocultivos de eucalipto.

Schulz y Wagner<sup>56</sup>, evaluaron la influencia del tipo de bosques y especies de árboles en las hormigas de dosel, estudiando diferentes bosques: bosque primario, bosque de pantano primario, y bosque secundario, en la Reserva Forestal de Bundongo en África. La diversidad de hormigas encontrada en los dos bosques de tipo primario fue similar, pero baja en bosque secundario; en promedio la riqueza de

---

<sup>50</sup>LAWTON, J., D. BIGNELL, B. BOLTON, G. BLOEMERSI, P. EGGLETON, P. HAMMOND, M. HODDA, R. HOLT, T. LARSEN, N. MAWDSLEY & N. STORK. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature Macmillan Publishers* 391: 72-76.

<sup>51</sup>BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1997 *Op. cit.*, p. 20

<sup>52</sup>ALDANA R. & P. CHACÓN. 1999. *Op. cit.*, p. 20

<sup>53</sup>ANDERSEN, A., B. HOFFMANN & J. SOMES. 2003. Ants as indicators of minesite restoration sites in central Queensland. *Ecological Management and Restoration* 4: 12-19.

<sup>54</sup>SCHONBERG, L., J. LONGINO, N. NADKARNI, S. YANOVIK & J. GERING. 2004. Arboreal ants species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropica* 36 (3): 402-409.

<sup>55</sup>MARINHO, C., R. ZANETTI, J. DELABIE, M. SCHLINDWEIN & L. RAMOS. 2002. Diversidade de formigas (hymenoptera: formicidae) de serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 31 (2): 187-195.

<sup>56</sup>SCHULZ, A. & T. WAGNER. 2002. Influence of forest type and tree species on canopy ants (hymenoptera: formicidae) in Budongo Forest, Uganda. *Oecologia* 133: 224-232.

especies de hormigas fue alta en bosque primario. Los autores explican que estos resultados se debieron a que la disponibilidad y la cualidad de los sitios para anidar, la comida y la edad de los árboles, pueden ser los factores más importantes para la distribución de hormigas y no la estructura del bosque. La madera muerta, una alta corteza estructurada, y una densa cobertura con epifitas, tiene condiciones microclimáticas y abióticas favorables para especies y colonias de hormigas; esta estructura fue menos disponible en bosques secundarios, donde los árboles por lo general son jóvenes y tienen pocas epifitas. Los árboles pequeños (jóvenes) refugiaron en promedio pocas especies de hormigas en comparación con los árboles altos y viejos encontrados en bosque primario y bosque secundario; sin embargo, en el bosque de pantano, los árboles viejos eran generalmente más pequeños, pero tenían una capa más densa de musgo, líquenes y otras epifitas.

El estudio realizado por Floren y Linsenmair<sup>57</sup>, en el Parque Nacional de Kinabalu en Malasia-Borneo, en bosque primario, bosques perturbados de cinco, 15 y 40 años, que habían sido cortados para plantaciones y se dejaron en regeneración natural, determinó que la abundancia y la diversidad cambiaron con el disturbio, e indicó diferencias altamente significativas en el número estimado de especies entre bosques. El análisis indicó que las comunidades de hormigas en bosques de 15 y 40 años fueron diferentes en estructura y diversidad, y las comunidades de cinco y 15 años fueron similares. Los resultados indicaron que los cambios en la comunidad de hormigas son independientes de los efectos específicos de los árboles y principalmente son causados por la perturbación. Argumenta que el bosque de cinco años obtuvo el menor número de especies de hormigas debido a que se encontró poca madera muerta y ninguna cavidad en los tallos de los árboles pioneros pequeños que podrían ser usados por hormigas que anidan en el lugar.

Fernández<sup>58</sup>, menciona que la presencia de una especie determinada, puede indicar una buena integridad ecológica de un sitio, pero su ausencia no necesariamente significa lo contrario; que el conocimiento de la composición de las comunidades de hormigas es todavía incipiente, y por eso, el poder predictivo a nivel específico es bajo y aunque en el neotrópico se ha dedicado un buen esfuerzo a la identificación de especies y grupos de especies indicadoras de diferentes estadios de sucesión, el principal problema es la falta de generalidad que no permite hacer comparaciones entre comunidades de hábitats diferentes, en donde cada especie o grupo de especies indicadoras se vuelve específica para las condiciones de cada estudio, cambiando un poco el propósito inicial del uso de indicadores; sugiere que se debe cambiar el enfoque de los estudios y realizar análisis que busquen patrones de respuesta de grupos funcionales que estén por encima de las identidades de las especies, permitiendo hacer generalizaciones y comparaciones. Agosti<sup>59</sup> *et al*, afirman que para elegir el sujeto de estudio

---

<sup>57</sup> FLOREN, A. & E. LINSENMAIR. 2005. The importance of primary tropical rain forest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example. *Ecosystems* 8: 559-567.

<sup>58</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

<sup>59</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULT. 2000. Op. cit, p. 24

adecuado hace falta un buen conocimiento biológico y ecológico de las especies, lo cual para las hormigas en el neotrópico es deficiente.

Floren y Linsenmair<sup>60</sup> estudiaron la comunidad de hormigas arbóreas a lo largo de un gradiente de perturbación en el Parque nacional Kinabalu, en la sabana de Malasia en Borneo en bosque primario y tres bosques perturbados de cinco, 15 y 40 años que habían sido usados para la agricultura y luego se dejaron en regeneración. Ellos encontraron que la diversidad de hormigas incrementó con el tiempo de regeneración del bosque, 195 especies de hormigas fueron encontradas en bosque primario y 78 en los demás bosques estudiados.

MacArthur y MacArthur<sup>61</sup> presentaron evidencia de que en los bosques deciduos la diversidad de aves, en estado reproductivo, dependen de la diversidad de la altura del follaje. Dichos autores determinaron que los hábitats del mismo perfil estructural presentan la misma diversidad de especies de aves, al margen de si este está compuesto por pocas o muchas especies de plantas. Dada la importancia del trabajo de estos autores, muchos estudios posteriores sobre la organización de las comunidades de aves se han enfocado en la relación entre la complejidad vertical de la vegetación y la diversidad de aves<sup>62</sup>.

Para hormigas, Vasconcelos<sup>63</sup> *et al* afirman que áreas con alta densidad de árboles y por consiguiente con árboles pequeños, son usualmente más iluminados debido al número más pequeño de capas de follaje en el dosel y que variaciones en la cobertura del dosel afectan la actividad de las hormigas, la abundancia, riqueza, uniformidad y composición posiblemente debido a directos e indirectos efectos de la cobertura del dosel sobre el microclima, la habilidad para comer y el resultado de las interacciones entre la competencia de las especies, pero no encuentran diferencias significativas entre la estructura de la vegetación como medida del área basal, la cobertura, y la densidad de árboles entre la diversidad de especies en diferentes regiones topográficas.

Naranjo y Chacón<sup>64</sup>, encontraron que la densidad de plantas se correlacionó positiva y significativamente con la riqueza y diversidad de insectos, aunque la riqueza y diversidad de aves no exhibieron ninguna correlación significativa, tendiendo a disminuir en relación con el incremento en la densidad total de plantas

---

<sup>60</sup> FLOREN, A., A. FREKING, M. BIEHL & K. LINSENMAIR. S.F. Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ants communities.

<sup>61</sup> MACARTHUR, R. & J. MACARTHUR. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.

<sup>62</sup> GULLISON, S. 1999. Evaluación de La factibilidad del Modelado de los impactos del manejo forestal sobre la biodiversidad en la Concesión de Taruma. Documento técnico. Nissan Catalyst Forestry Inc.

<sup>63</sup> VASCONCELOS, H., A. MACEDO & J. VILHENA. 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna y Environment* 38 (2): 115-124

<sup>64</sup> NARANJO, G. & P. CHACÓN. 1997. Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque en hábitats perturbados en selva lluviosa tropical. *Caldasia* 19 (3): 507-520.

del sotobosque. En Risaralda, Gallego<sup>65</sup>, encontró una relación positiva entre la cobertura vegetal y la heterogeneidad vertical, en relación a la diversidad de hormigas, sugiriendo que al aumentar la cobertura vegetal, la diversidad de estratos medios del hábitat aumenta, repercutiendo en una diversidad mayor de microambientes que permiten el establecimiento de una mayor diversidad de hormigas, y una complejidad vertical, conduce a una complejidad de la fauna asociada.

Pfeiffer<sup>66</sup> *et al*, mencionan que un microclima pequeño puede decidir si una especie esta presente o ausente en una localidad, y que patrones de gran escala ambiental pueden tener fuertes influencias, debido a que las variables abióticas pueden restringir el acceso a los recursos del hábitat, en especial para especies ectotermas. Ruano<sup>67</sup> *et al* encontraron que la temperatura influye en la evolución y en el mantenimiento de señales químicas relacionadas con la habilidad de reclutamiento para explorar recursos alimenticios, puesto que las feromonas que se depositan en el suelo y son altamente volátiles, las altas temperaturas del suelo pueden reducir el coeficiente de difusión. En Argentina, Pirk<sup>68</sup> *et al*, estimaron la densidad de colonias activas de *Pogonomyrmex inermes*, *Pogonomyrmex pronotalis*, y *Pogonomyrmex rastratus*; ellos encontraron que la temperatura afecta la actividad de las hormigas, la cual suele estar restringida a periodos en los cuales las condiciones térmicas les permite mantener su temperatura corporal dentro de rangos fisiológicamente tolerables. Estrada y Fernández<sup>69</sup>, mencionan que es un factor importante para el desarrollo de larvas y pupas.

Levings<sup>70</sup> propone que la humedad y la escasa radiación solar, por causa de la neblina, son las condiciones responsables de la disminución de poblaciones de hormigas con la altitud. Pranschke y Hooper<sup>71</sup> determinaron la influencia de la humedad relativa, la temperatura ambiente, la variación de la temperatura, el aumento de la humedad del suelo (aumento del agua por peso), el aumento de las dimensiones del nido (longitud, altura, y ancho) en *Solenopsis invicta* (hormiga de fuego); ellos encontraron que las hormigas responden a la temperatura, a los cambios de humedad y a la estabilidad del ambiente del interior de la tierra. Las obreras mueven las crías en respuesta a la temperatura y a los cambios de humedad localizando una temperatura que proporcione el mantenimiento de la

---

<sup>65</sup> GALLEGO, M. 2005. Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de hormigas generalistas. Boletín del Museo de Entomología de la universidad del Valle 6 (2): 16-29.

<sup>66</sup> PFEIFFER, M., L. CHIMEDREGZEN & K. ULYKPA., Op. cit., p. 21

<sup>67</sup> RUANO, F., A. TINAUT & J. SOLER. 2000. High surface temperatures select for individual foraging in ants. Behavioral Ecology 11 (4): 396-404.

<sup>68</sup> PIRK, G., J. LOPEZ & R. POL. 2004. Op. cit., p. 21

<sup>69</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., 21.

<sup>70</sup> LEVINGS, S. 1983. Op. cit., p. 21

<sup>71</sup> PRANSCHKE, A. & L. HOOPER. 2003. Influence of abiotic factors on red imported fire ant (hymenoptera: formicidae) mound population ratings in Louisiana. Environmental Entomology 32 (1): 204-207.

colonia al máximo, llevándolos dentro de la tierra a temperaturas más frescas para perfeccionar la actividad, el metabolismo y el desarrollo de las crías.

Bestelmeyer<sup>72</sup> en la provincia de Salta Argentina, observó la actividad y el comportamiento de hormigas forrajeras de suelo y omnívoras en hábitats de bosques abiertos y cerrados, durante diferentes estaciones y tiempos del día, para caracterizar las respuestas de los taxos de hormigas a la variación en el microclima y competidores, encontrando que hay variabilidad de la actividad por temperaturas bajas y eventos de lluvia. El comportamiento dominante de las hormigas es más activo en altas temperaturas, donde especies subordinadas son activas en temperaturas extremas, cuando ellas tienen acceso exclusivo a los recursos.

Coelho y Ribeiro<sup>73</sup> en el parque Estatal del Río Dance, en el estado de Minas Gerais, en Brasil, estudiaron los efectos de la heterogeneidad ambiental y estacional en hormigas de suelo en bosque primario, bosque bajo y abierto y bosque secundario con pasturas abiertas. Como resultado obtuvieron que muchas especies con bajas densidades muestran una restringida distribución a un determinado hábitat y estación. En todos los bosques hubo mayor riqueza en la estación lluviosa que en la estación seca y no encontraron diferencias en abundancia entre estaciones. Estos datos sugieren que la pérdida de especies en el suelo debido a la deforestación posiblemente fue mucho más grande debido a factores como la heterogeneidad de hábitats que ofrecen nichos más potenciales que hábitats simples, la temperatura del suelo, la luz solar, y microhábitats.

En Barro Colorado (Panamá), Kaspari y Weiser<sup>74</sup> evaluaron cómo la actividad de las hormigas, el tamaño y la diversidad varía en microhábitats a lo largo de gradientes de humedad. Encontraron que la actividad de las hormigas incrementa el 200% a través del gradiente de humedad, el 25% de la estación seca a la húmeda y el 15% desde el día a la noche, siendo estos parámetros consistentes con la hipótesis que las hormigas forrajea evitando la desecación.

Fernández<sup>75</sup>, menciona que debido a las diferencias en cuanto al tipo de organización social y al tamaño de la colonia hace difícil realizar análisis con hormigas sobre fluctuaciones poblacionales relacionadas con cambios ambientales y que la organización social también les permite crear su propio microambiente dentro del nido, por lo cual no se puede esperar una correlación muy estrecha entre

---

<sup>72</sup> BESTELMEYER, B. 2000. The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community. *Journal of Animal* 69 (6): 998-1009.

<sup>73</sup> COELHO, I. & S. RIBEIRO. 2006. Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 35 (1):19-29 [cited 31 January 2007]. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-566X2006000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2006000100004&lng=en&nrm=iso)>.

<sup>74</sup> KASPARI, M & M. WEISER. 1999. Ant activity along moisture gradients in a neotropical forest. *Biotropica* 32 (4a): 703- 711.

<sup>75</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

los cambios ambientales y las poblaciones de hormigas, a menos que sean muy drásticos, ya que algunas especies poseen colonias que termorregulan y logran mantener la temperatura interna del nido constante a pesar del cambio de temperatura exterior; por ejemplo, algunas especies del género *Formica*.

Herbers<sup>76</sup> considera la abundancia de sitios de anidamiento, tal como las cavidades de plantas en bellotas y ramas, como una clave para limitar el factor temperatura. En hábitats estructuralmente simples, donde muchas especies de hormigas anidan en el suelo, el tipo de suelo tiene una mayor influencia en la productividad y en la estructura de la comunidad; a lo largo de Australia por ejemplo, el alto grado de riqueza y abundancia de hormigas se encuentra muchas veces en suelos arenosos, y es baja en suelos de textura pesada<sup>77</sup>.

En un agroecosistema de Café, Armbrecht<sup>78</sup> *et al*, examinaron la correlación entre la diversidad de ramas y la diversidad de hormigas; como resultados encontraron 228 colonias de hormigas agrupadas en 22 especies, nueve estaban presentes en las muestras de un solo árbol y 20 en ocho árboles diferentes. El experimento mostró que la diversidad de recursos para anidar afecta la diversidad de hormigas que anidan en ramas, aunque estas especies parecen no tener especialización en particular por las especies de árboles, muchas colonias de hormigas y muchas especies de hormigas colonizan diversas series de ramas que un mismo número de ramas de una sola especie.

Armbrecht<sup>79</sup> *et al*, examinaron la limitación de los recursos para anidar por hormigas de hojarasca y hormigas que anidan en ramas como un mecanismo de pérdida de diversidad a través de un gradiente de intensificación de cafetales en Colombia; seleccionaron doce granjas y las clasificaron dentro de cuatro grupos de manejo: bosques, cafetales poligenéricos de sombra, cafetales monogenéricos de sombra y cafetales soleados. En cada granja se realizaron cuatro tratamientos: aumento de ramas de bambú, aumento de hojarasca, aumento de ramas y hojarasca, y ninguna manipulación del control. Los resultados mostraron significativamente más colonias de hormigas en bosques y en cafetales monogenéricos de sombra aumentando la hojarasca después de cuatro meses. La riqueza de especies de hormigas que anidan en hojarasca fue más alta en todos los sistemas de sombra que en el cafetal soleado; muchas hormigas anidaron en los tratamientos que se adicionaron recursos y más especies de hormigas se encontraron en bosques. Este hecho se atribuye a que la pérdida de árboles de sombra puede producir una escasez de sitios y recursos para anidar, como ramitas, leños, raíces, semillas, y corteza, y a

---

<sup>76</sup> HERBERS, J. 1989. Seasonal structuring of a north temperature ant: temporal and spacial variation. *Oecologia* 81: 201-211.

<sup>77</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit, p. 24

<sup>78</sup> ARMBRECHT, I., I. PERFECTO & J. VANDERMEER. 2004. Enigmatic biodiversity correlations: ants diversity responds to diverse resources. *Science* 304: 284-286.

<sup>79</sup> ARMBRECHT, I., I. PERFECTO & E. SILVERMAN. 2006. Limitation of nesting resources for ants in Colombian forests and coffee plantations. *Ecological Entomology* 31: 403-410.

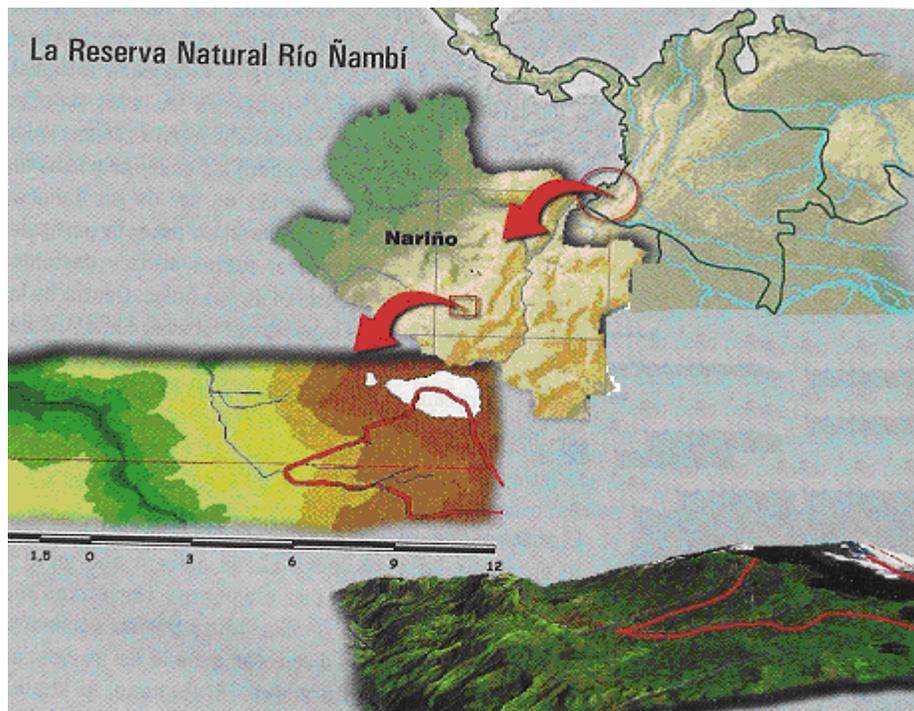
cambios en las condiciones del microhábitat llevando a la reducción de la diversidad de hormigas, desde el bosque hasta las granjas de café cuando son transformadas dentro de cafetales sin sombra.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural Río Ñambí, ubicada en la vereda El Barro, corregimiento de Altaquer, municipio de Barbacoas, departamento de Nariño, al sur-occidente de Colombia, entre 1°18 N y 78°05 W. El área se sitúa sobre la vertiente pacífica del Nudo de los Pastos en la Cordillera de los Andes, entre los 1100 y los 1900 msnm., en el rango central del Choco Biogeográfico<sup>80</sup> (Figura 1). La Precipitación promedio anual es de 7160 mm, con un comportamiento bimodal. Presenta picos de 951 mm en Mayo y en Octubre de 721 mm y descensos en Febrero de 590 mm y en Septiembre de 233 mm. La temperatura promedio es de 19.3 °C, presentando un máximo de 23.8°C en Febrero y un mínimo de 15.4 °C en Agosto<sup>81</sup>(Figura 2).

Figura.1. Ubicación geográfica y características topográficas de la Reserva Natural Río Ñambí, en rojo los limites de la Reserva.

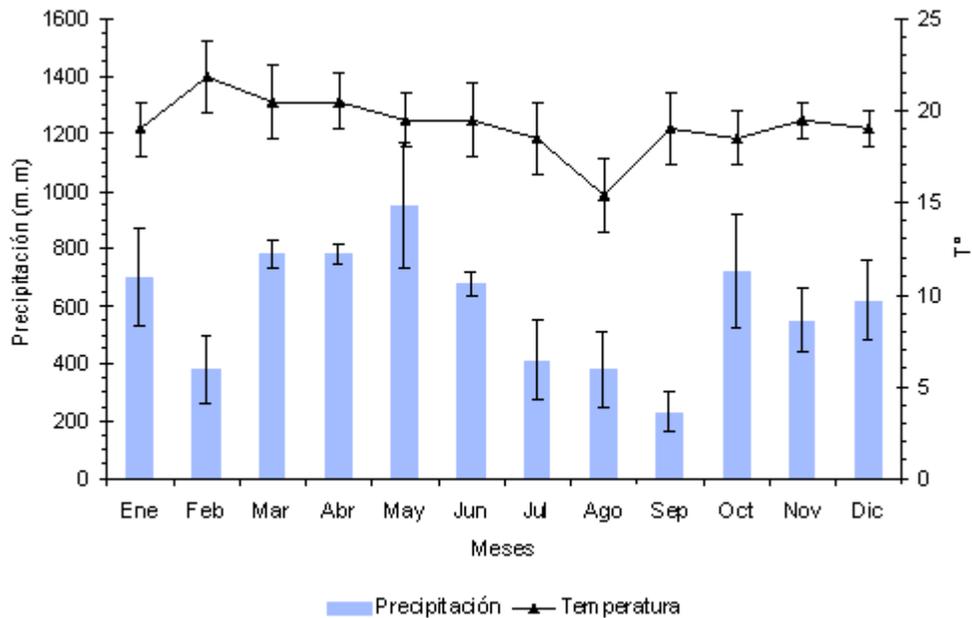


Tomado de Gutiérrez et al, 2004).

<sup>80</sup> GUTIERREZ, A., E. CARRILLO & S. ROJAS. 2004. Guía Ilustrada de los Colibríes de la Reserva Natural Río Ñambí.

<sup>81</sup> SALAMAN, P. 2001. The study of an understorey avifauna community in an andean premontane pluvial forest. Thesis for the degree (Doctor of Philosophy). Wolfson College, University of Oxford.

Figura 2. Precipitación y temperatura en la Reserva Natural Río Ñambí.



La Reserva tiene un área aproximada de 1400 ha. Debido a su ubicación geográfica funciona como un ecotono entre el bosque húmedo tropical por debajo de los 1000 m, y el bosque montano por encima de los 1800 m. La alta diversidad vegetal y animal que habita la reserva se debe al mosaico de hábitats que ésta incluye, en donde es posible encontrar pequeñas áreas de bosque secundario entresacado, borde de bosque y claros, inmersas dentro de la matriz de bosque conservado<sup>82</sup>.

#### 4.2 SITIOS DE MUESTREO

El estudio se realizó durante seis meses; una vez por mes se visitó los tres bosques correspondientes a bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración. El bosque altamente conservado, llamado "Qualsbi", está ubicado a una altura de 1450 +/- 20m; la vegetación está caracterizada por una alta dominancia de palmas *Welfia regia* y *Wettinia castanea* (Arecaceae), presenta heterogeneidad de coberturas, con relativamente pocos árboles de dosel, principalmente *Quararibea foenigraceae* (Bombacaceae) y árboles no emergentes<sup>83</sup>. El bosque secundario entresacado, llamado "El Cansado", está ubicado a una altura de 1330 +/- 20m; se caracteriza por contener árboles emergentes, *Protium sp* (Burseraceae) de 30 m y pocas palmas; presenta distribución irregular de Rubiaceae y Melastomataceae<sup>84</sup>. El bosque de más de 15

<sup>82</sup> GUTIERREZ, A., E. CARRILLO & S. ROJAS. 2004. Op. cit., p. 38.

<sup>83</sup> SALAMAN, P. 2001. Op. Cit., p. 38

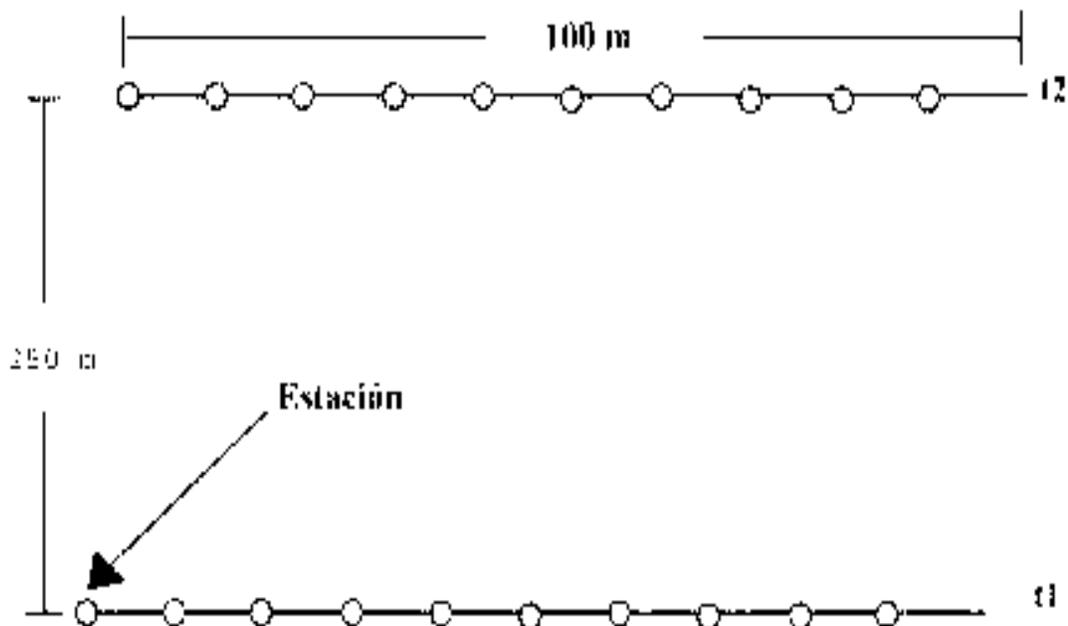
<sup>84</sup> SALAMAN, P. 2001. Op. cit., p. 38

años de regeneración, llamado "El Espingo"; se encuentra ubicado a una altura 1250 +/- 8 m. La vegetación está dominada por áreas de *Heliconia spp* y algunas plantas leñosas, principalmente *Psychotria sp* y *Miconia sp*<sup>85</sup>.

#### 4.3 UNIDADES DE MUESTREO

En cada zona de estudio se trazaron dos transectos lineales de 100 metros cada uno separados entre sí por 250 metros (Figura 3). En cada transecto se dispusieron diez estaciones separadas por una distancia de diez metros entre sí. En cada estación se ubicó una trampa de caída y tres cebos corner con atún y azúcar localizados en cada estrato: un cebo arbóreo, un hipogeo y un epigeo (Figura 4). Para cada zona de estudio se tomó como unidades muestrales los transectos<sup>86</sup>.

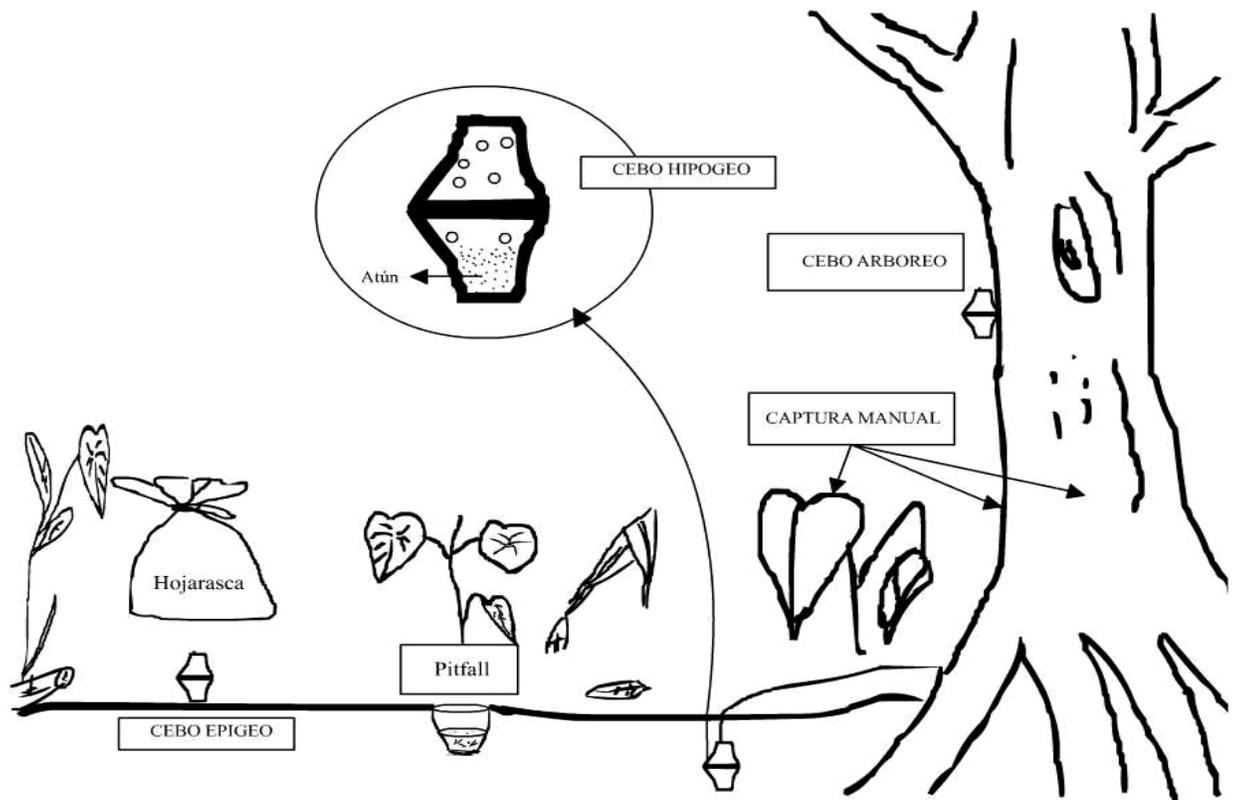
Figura 3. Esquema del diseño de los transectos usado en el estudio.



<sup>85</sup> SALAMAN, P. 2001. Op. cit., p. 38

<sup>86</sup> ALDANA, R. & P. CHACÓN. 1999. Op. cit., p. 20

Figura 4. Esquema de una estación de muestreo.



Tomada de Armbrecht. 1996<sup>87</sup>.

#### 4.4 TRABAJO CON HORMIGAS

En cada transecto, entre trampa y trampa se realizaron inspecciones de colecta manual, en un tiempo fijo de 15 minutos en sitios como la hojarasca, los troncos caídos y bajo las piedras<sup>88</sup> para un total aproximado de dos horas y media / una persona por día. Para realizar colecta de hormigas en hojarasca se tomaron diez muestras de esta, en cada transecto, utilizando una cuadrícula de un metro de lado<sup>89</sup> en cada estación. De la hojarasca se extrajeron los especímenes mediante sacos winkler, los cuales fueron expuestos durante 60 horas.

Las trampas de caída, (vasos desechables de 14 onzas), se instalaron a ras del suelo y se llenaron con alcohol al 70% hasta un tercio de su capacidad (figura. 5);

<sup>87</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>88</sup> VILLAREAL, VILLAREAL H., M. ÁLVAREZ, S. CÓRDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA & A. M. UMAÑA. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos. Alexander von Humboldt. Bogotá. 236 p.

<sup>89</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p 21

en estas, las hormigas que forrajean sobre la superficie del suelo, ya sea durante el día o durante la noche, caen por accidente en el vaso<sup>90</sup>. Las hormigas que cayeron en este tipo de trampas fueron colectadas después de 24 horas<sup>91</sup>.

Figura 5. Arreglo de las trampas de caída en campo. Vaso desechable a ras del suelo (a), vaso con palos para soportar las hojas (b) y vaso cubierto con hojas (c).



a

b

c

Se ubicaron trampas con cebo en vasos desechables pequeños provistos en su interior de atún con azúcar en troncos de árboles a 1.50 metros de altura para las trampas arbóreas, enterrados aproximadamente a diez centímetros de profundidad para las trampas hipogea y en la superficie del suelo las trampas epigeas (Figura. 6); las hormigas que cayeron en este tipo de trampa fueron colectadas después de cuatro horas, y posteriormente se conservaron de manera individual (por trampa) en alcohol al 70%<sup>92</sup>.

Figura 6. Ubicación de la trampa arbórea (a), hipogea (b) y epigea (c)



a

b

c

<sup>90</sup> ANDRADE, G., M. GONZALO, A. GARCÍA & F. FERNÁNDEZ. 1996. Op. cit., p. 20.

<sup>91</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit., p. 24

<sup>92</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p 21

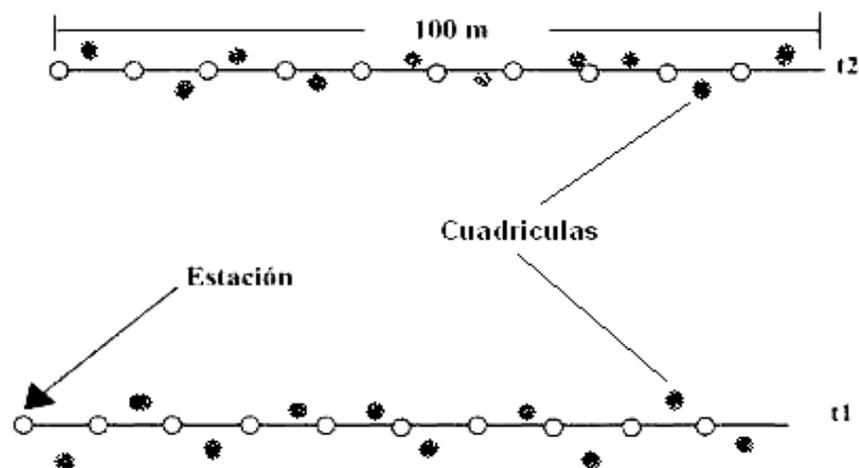
## 4.5 MEDICION DE VARIABLES BIOTICAS Y ABIOTICAS

Para cada bosque de estudio, se midieron una sola vez al final del trabajo de campo las siguientes variables que se ha demostrado afectan la abundancia y diversidad de insectos y ayudan a caracterizar mejor los lugares de estudio<sup>93</sup>:

4.5.1 Heterogeneidad del hábitat. Se aplicó la metodología de Estrada y Fernández<sup>94</sup>; en cada bosque se realizaron tres transectos de vegetación de 30 m de largo por tres metros de ancho. En estos transectos se midió el DAP (diámetro a la altura del pecho) y la altura de todos los árboles y arbustos ubicados dentro del área demarcada. Los valores de DAP fueron agrupados en rangos de cinco centímetros y la altura en rangos de 2.5 metros. Con los valores de DAP se obtuvo el índice de heterogeneidad horizontal del hábitat para cada sitio de muestreo, usando las clases diamétricas como especies y se adaptó el índice de diversidad de Simpson<sup>95</sup>.

4.5.2 Número de ramas y troncos caídos. Se contó el número de ramas y troncos caídos<sup>96</sup> con diámetro mayor a tres centímetros\* en diez cuadrículas de tres metros cuadrados dispuestas al azar en cada estación dentro del transecto para un total de 20 cuadrículas en los dos transectos realizados por bosque de estudio\*\* (Figura 7).

Figura 7. Ubicación de las cuadrículas en las que se realizó el conteo del número de ramas y troncos caídos.



<sup>93</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p. 21

<sup>94</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p. 21

<sup>95</sup> BUSTOS, R. & P. CHACÓN. 1997. Op. cit., p. 20

<sup>96</sup> BUSTOS, R. & P. CHACÓN. 1997. Op. cit., p. 20

\* ARMBRECHT, I. 2005. Comentario Personal. Entomóloga de Insectos Sociales. Docente Universidad del Valle. Cali.

\*\* JIMENEZ, E. 2004. Comentario Personal. Entomóloga Paisajes Rurales. Instituto Alexander Von Humboldt. Armenia.

4.5.3 Altura del dosel. En los mismos transectos en los que se midió los DAP de los árboles y arbustos, también fueron medidas las alturas de éstos. A una distancia de 1.75 m del árbol, se ubicó el observador y con el uso de un inclinómetro se midió el ángulo entre la horizontal y la línea formada por los puntos ubicados en la copa del árbol y el ojo del observador (Figura. 8). La altura del dosel se calculó mediante la fórmula:

$$HA: (\text{tg } \alpha \times DH) + Hc$$

Donde:

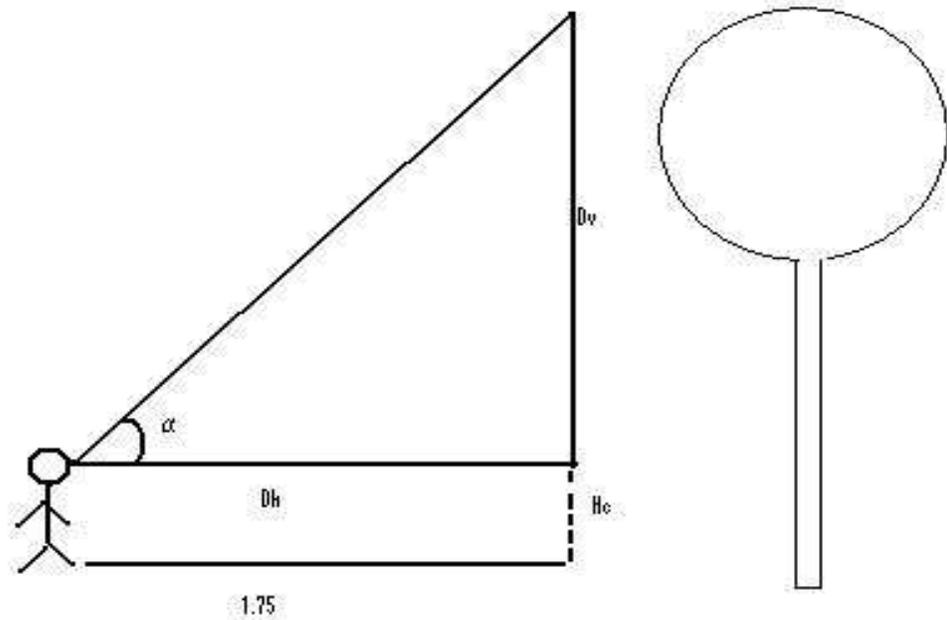
Ha: Altura del dosel

$\alpha$ : Ángulo medido con el clinómetro.

Dh: distancia entre el árbol y la posición del observador (1.75 m constante)

Hc: Altura instrumental (altura del piso a la posición del clinómetro).

Figura 8. Esquema de la metodología para tomar la altura del dosel.



4.5.4 Densidad arbustiva y de herbáceas. En cada tipo de bosque se aplicó la metodología de Ramírez<sup>\*\*\*</sup>: Se ubicó una línea transecta o línea de intercepción de 30 metros, esta línea de intercepción tenía un ancho de un centímetro para hierbas

<sup>\*\*\*</sup> RAMÍREZ, B. 2005. Comentario Personal. Docente de la Universidad del Cauca.

y cinco centímetros para arbustos (Figura. 9). Se realizaron dos repeticiones adicionales de la línea.

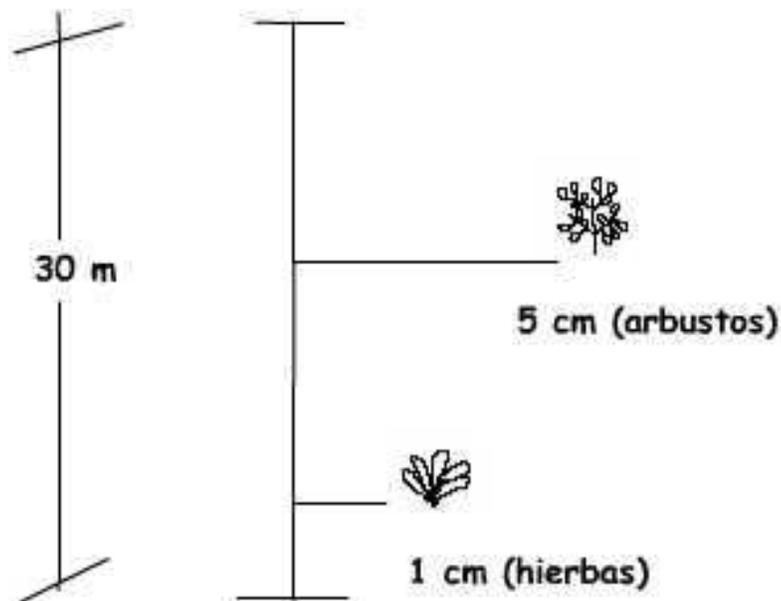
Para cada planta que interceptó la línea se anotó lo siguiente: Anchura máxima en centímetros de la planta en dirección perpendicular a la línea (M). Cada estrato se trató por separado y con la información obtenida se calculó:

$$\sum \frac{1}{M} = \text{Total de los recíprocos de las anchuras máximas}$$

$L$  = Sumatoria de longitudes de todos los transectos trabajados (longitud de la línea)

La densidad será igual a: 
$$D = \frac{\sum \frac{1}{M} (\text{unidad de área deseada})}{L}$$

Figura 9. Esquema de la metodología de la densidad de arbustos y de herbáceas.



4.5.5 Temperatura a nivel del suelo. Se midió cada dos estaciones, con un termómetro de suelo. El termómetro se introdujo en el suelo y se dejó durante tres minutos para luego hacer la lectura respectiva. Para disminuir los sesgos debido a las fluctuaciones diarias de temperatura se hicieron dos tomas en cada punto en dos vueltas, es decir, temprano en la mañana al instalar las estaciones por cada zona de estudio. En horas de la tarde se tomó nuevamente la temperatura<sup>97</sup>.

<sup>97</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

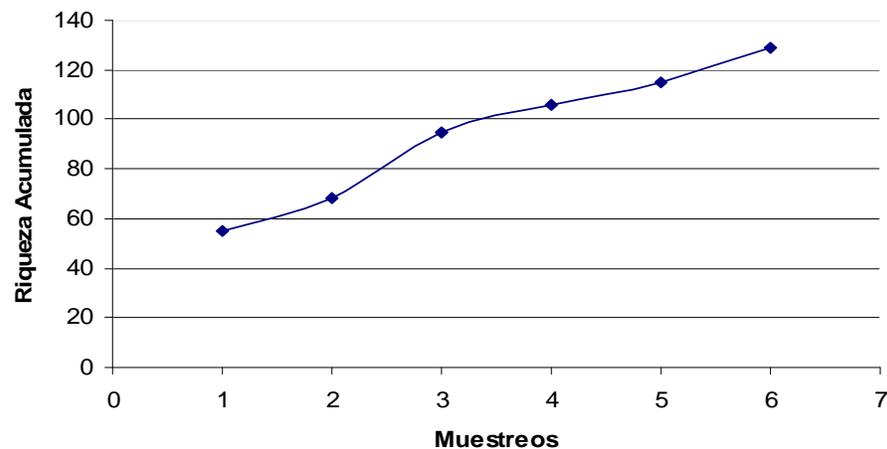
4.5.6 Temperatura Ambiente. Se tomó cada dos estaciones, mediante un termohigrómetro; después de tres minutos se realizó la lectura respectiva. Para disminuir los sesgos por fluctuaciones diarias de temperatura, se realizaron dos tomas, una en la mañana al instalar las estaciones y en horas de la tarde<sup>98</sup>.

4.5.7 Humedad relativa. Se midió cada dos estaciones, por medio de un termohigrómetro; después de tres minutos se realizó la lectura respectiva. Para disminuir los sesgos por fluctuaciones diarias de la humedad relativa, se realizaron dos tomas, una en la mañana al instalar las estaciones y nuevamente en horas de la tarde. Las variables temperatura a nivel del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa, se tomaron en las mismas horas y en cada día de trabajo<sup>99</sup>.

#### 4.6 REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO

La representatividad del muestreo observado mediante las curvas de acumulación de especies, indicaron que se necesita realizar por más tiempo el muestreo de hormigas para conocer el número de especies que se encuentran en la reserva natural Río Ñambí (Figura. 10) y en cada bosque estudiado (Figura. 10.1), puesto que el tiempo en que se realizó esta investigación no fue suficiente para estimar el número de especies potenciales capturables<sup>100</sup>.

Figura 10. Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada de la Reserva Natural Río Ñambí.

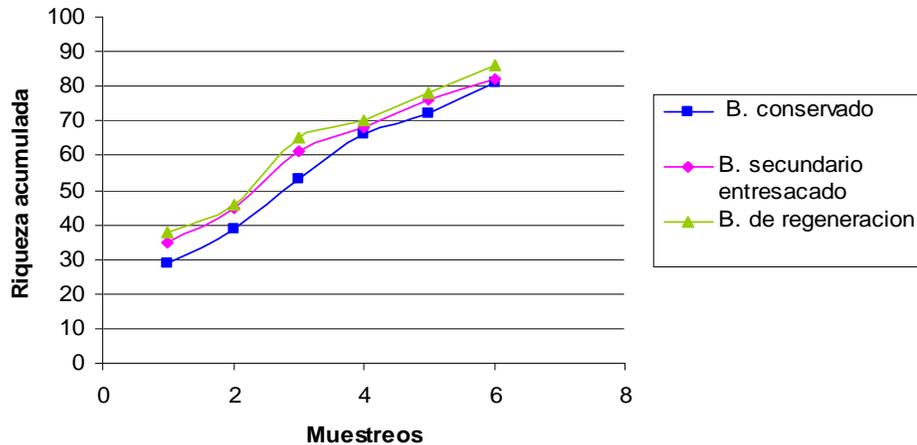


<sup>98</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>99</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>100</sup> RAMIREZ, A. 1996. Op. cit., p. 24.

Figura 10.1. Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada en bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.



#### 4.7 TRABAJO DE LABORATORIO

Los especímenes coleccionados se preservaron en frascos con alcohol al 70%, debidamente rotulados, y posteriormente se separaron por morfoespecies en el laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño; se contó con el apoyo del Doctor Fernando Fernández docente de la Universidad Nacional de Colombia en Bogota para la identificación de las hormigas.

#### 4.8 ANÁLISIS ECOLÓGICO

La abundancia de cada especie de hormiga se estimó con el número de capturas, y no con el número de individuos, debido a que en las trampas con cebo pueden caer cientos de hormigas y pueden sesgar los datos; así puede haber cientos de obreras de la misma especie reclutadas en el cebo de una trampa, pero se cuenta como una sola captura para esa especie<sup>101</sup>.

Los datos de riqueza en cada mes por bosque, se ajustaron a una distribución normal, por esto, para analizar si existían diferencias significativas en la riqueza entre bosques se realizó una ANOVA de un factor mediante el programa Excel. Para determinar si había diferencias significativas en la diversidad entre los bosques se realizó la prueba t- hutchenson por medio del programa Past 3.

Se empleó el índice de Shanon-Wiener para determinar la diversidad de cada bosque y transecto. Las diversidades de cada transecto fueron utilizadas posteriormente para analizarlas con las variables: heterogeneidad del hábitat, diversidad de alturas, densidad de herbáceas y densidad de arbustos. El índice de Simpson calculado por medio del Programa Past 3 se usó para determinar el índice

<sup>101</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

de heterogeneidad del hábitat y la diversidad de alturas. Se determinó la diversidad de hormigas en hojarasca por cada estación dentro de un transecto para analizar estos datos con la variable número de ramas y troncos caídos.

Se calculó los números del Hill y el índice de Pielou para medir la uniformidad, y para medir la diversidad Beta se emplearon el índice de similitud o disimilitud de Jaccard, el índice de reemplazo de especies de Whittaker, y el índice de complementariedad. El dendograma de similitud se realizó mediante el programa Past 3 con el índice de Jaccard. Se calcularon las diversidades de cada mes de muestreo en cada transecto para analizarlas con los promedios de la temperatura ambiental, la humedad relativa y la temperatura del suelo para cada una de las salidas en cada transecto.

Como los datos obtenidos de la heterogeneidad del hábitat, la diversidad de alturas, la densidad de herbáceas y la densidad de arbustos se ajustaron a una distribución normal, para analizarlos con la diversidad de hormigas se realizó el análisis de correlación de Pearson mediante el programa Excel. Los datos obtenidos de la variable número de ramas y troncos caídos, y las variables ambientales no se ajustaron a una distribución normal, por eso para analizarlas con la diversidad de hormigas se realizó la prueba estadística correlación de Spearman con el programa Kyplot.

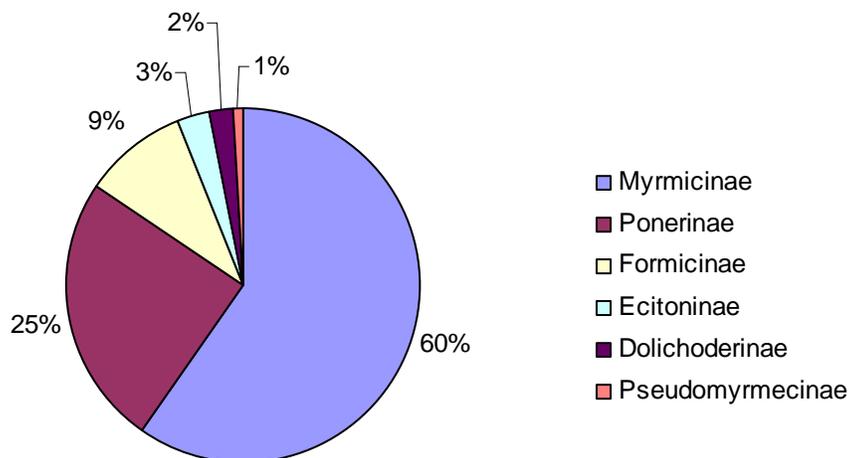
Los datos se estandarizaron a través de transformación lineal restándole a cada dato el promedio y dividiendo entre la desviación estándar. Con los datos estandarizados se calculó la similitud a través de correlación. Mediante un análisis de componentes principales se calcularon los eigen vectores y eigen valores, y se obtuvo la variación explicada por cada componente mediante el programa NTSYS versión 2.1.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LA MIRMECOFAUNA

Se colectó en total 19.041 individuos pertenecientes a 129 Morfoespecies (de aquí en adelante se llamarán especies<sup>102</sup>), de las cuales 11 pueden ser afines a otras especies (Anexo M), sin embargo no hay seguridad de que sean iguales. Las 129 especies representan el 4.6% de las 2.800 especies de formicidae reportadas para el Neotrópico, estas se agrupan en 43 géneros y seis subfamilias. En orden de riqueza se encuentran Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae, Ecitoninae, Dolichoderinae y Pseudomyrmecinae (Figura 11). Se presentó un género desconocido perteneciente a la tribu *Basicerotini* y una nueva especie dentro del género *Acanthognathus*.

Figura 11. Distribución Taxonómica por subfamilia del total de las especies de hormigas encontradas durante el estudio (n= 129)



La subfamilia Myrmicinae es la de mayor representación con 24 géneros, la amplia dominancia de especies de la subfamilia Myrmicinae sobre las demás subfamilias corresponde a la gran diversificación que poseen los myrmicinos y en particular el género *Pheidole* que contiene el mayor número de especies de formicidae<sup>103</sup>, seguida por las subfamilias Ponerinae con 11 géneros y 33 especies, Formicinae con cuatro géneros y 12 especies, Ecitoninae con dos géneros y cuatro especies, Dolichoderinae con un género y tres especies y Pseudomyrmecinae con un género y una especie.

<sup>102</sup> COHELO, I. & S. RIBEIRO. 2006. Op. Cit., p. 35

<sup>103</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

Las subfamilias se distribuyeron en todos los estados sucesionales a excepción de la subfamilia Dolichoderinae la cual fue encontrada en bosque altamente conservado y en bosque de más de 15 años de regeneración y la subfamilia Pseudomyrmecinae hallada en bosque secundario entresacado y en el de regeneración.

Para la Reserva Natural Río Nambí, con respecto a los géneros encontrados por Bustos<sup>104</sup> se hacen otros registros: ***Pyramica*, *Proceratium*, *Acanthoponera*, *Myrmicocrypta*, *Monomorium*, *Lachnomyrmex*, *Prionopelta*, *Basicerus*, *Protalaridris*, *Octostruma*, *Rogeria*, *Hylomirma*, *Adelomyrmex*, *Camponotus*, *Hypoponera*, *Stegomyrmex*, *Discothyrea*, *Paratrechina*, *Simopelta*, *Acanthognatus* y *Stenamma* un género suramericano\*\*\*\*, que fue registrado por primera vez como nuevo para Colombia en la Reserva Natural la Planada<sup>105</sup>. Otros tres géneros que Bustos<sup>106</sup> encontró para la vereda el Barro se incluyen en este estudio para la reserva, los cuales son: ***Atta*, *Apterostigma* y *Pseudomyrmecinae*.****

Teniendo en cuenta la distribución de los géneros en los estados sucesionales, se encuentran algunos que por presentar frecuencias bajas (uno a cuatro), es difícil definir si están restringidas a un hábitat o a un conjunto de hábitats. Entre estos se hallan: ***Stegomyrmex*, *Discothyrea*, *Labidus*, *Mirmelachista*, *Lachnomyrmex*, *Procryptocerus*, *Heteroponera*, *Mirmecocrypta*, *Proceratium*, *Monomorium*, *Linephitema*, *Prionopelta* y *Baciserus*.** En cambio, se presentan otros géneros que por haber encontrado las especies de estos constantemente en las trampas y en las colecciones manuales, pueden tener preferencias por un conjunto de lugares ó condiciones donde habitan. Los pertenecientes a este último grupo pueden dividirse en aquellos que aparecieron en los sitios de la primera y segunda fase de la sucesión (bosque de más de 15 años de regeneración y bosque secundario entresacado) como ***Atta*, *Acantoponera* y *Trachimyrme***; las que prefieren estados de primera fase y tardíos (bosque de más de 15 años de regeneración y bosque altamente conservado) como ***Hylomirma***; las que prefieren sitios de la segunda fase y tardíos (bosque secundario entresacado y bosque altamente conservado) como ***Simopelta* y *Octostruma***; los que aparecieron en todos los estados sucesionales: ***Megalomyrmex*, *Adelomyrmex*, *Gnamptogenys*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Hypoponera*, *Brachymyrme*, *Strumigenys*, *Paratrechina*, *Pachycondila*, *Rogeria*, *Cyphomyrmex*, *Odontomachus*, *Apterostigma*, *Anochetus*, y *Stenamma*.**

---

<sup>104</sup> BUSTOS, J. 1994. Contribución al Conocimiento de la Fauna de Hormigas (Hymenoptera:Formicidae) del Occidente del Departamento de Nariño (Colombia). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 2 (1-2): 19-30.

\*\*\*\* FERNÁNDEZ, F. 2006. Comentario personal. Entomólogo de insectos sociales. Docente Universidad Nacional de Bogotá. Santa Fé de Bogotá.

<sup>105</sup> ESTRADA, C. 1996. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores de perturbación en un bosque montano en la Reserva Natural la Planada (Nariño; Colombia). Santa Fé de Bogotá, Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional. 136 p.

<sup>106</sup> BUSTOS, J. 1994. Op. cit., p. 50

De acuerdo a la distribución de las hormigas que fueron identificadas hasta especie, se encontró que: ***Camponotus tanaemyrmex*** y ***Pachycondila apicalis*** se colectaron únicamente en el bosque de más de 15 años de regeneración, pero no se puede afirmar que ellas están restringidas a este hábitat, puesto que la frecuencia de captura fue de uno y dos respectivamente. Este mismo hecho ocurrió con ***Pyramica raptans***, encontrada en bosque secundario entresacado y ***Acanthognathus teledectus*** colectada en bosque altamente conservado, con frecuencias de dos y uno respectivamente. ***Protalaridris armata*** fue hallada en bosque altamente conservado y ***Magalomyrmex bidentatus*** en bosque altamente conservado y en el de más de 15 años de regeneración. ***Pogonomyrmex striatinodus***, ***Pachycondila obscuricornis***, ***Pachycondila harpax*** y ***Odontomachus mayi***, se distribuyeron a lo largo de los estados sucesionales (Anexo H).

## 5.2 COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EL ÍNDICE DE EQUIDAD ENTRE LOS ESTADOS SUCESIONALES

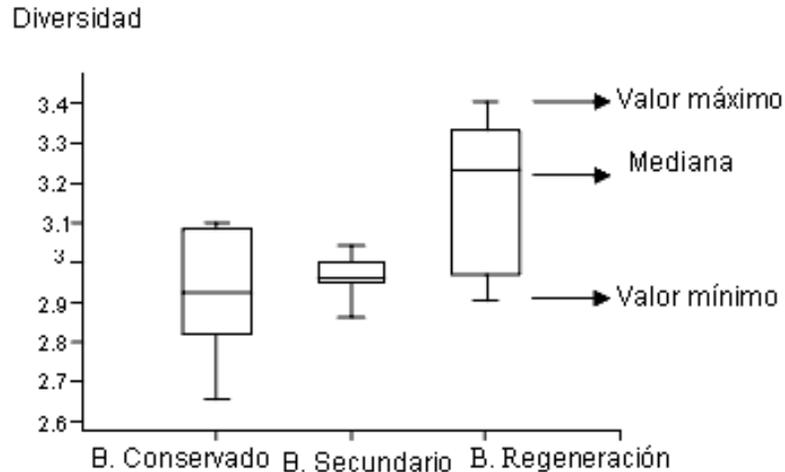
El sitio con mayor riqueza de especies en el estudio fue el bosque de más de 15 años de regeneración, seguido del bosque secundario entresacado y el bosque altamente conservado (tabla 1)(anexo K). Aunque no se encontraron diferencias significativas en la riqueza (ANOVA de un factor  $P_{0.05;2;2} < 0.8468$ ) la composición es la que varía de un lugar a otro.

El t- hutchenson indicó que existen diferencias altamente significativas entre las diversidades del bosque altamente conservado y el de más de 15 años de regeneración ( $P_{0.05;18} < 0.000002^{***}$ ), y las diversidades del bosque secundario entresacado y el de más de 15 años de regeneración ( $P_{0.05;85} < 0.0000008^{***}$ ); estas diferencias también pueden verse en las medianas de la diversidad encontradas (Figura 12). El bosque de más de 15 años de regeneración presentó el mayor índice de diversidad (tabla 1). Los índices de equidad de Pielou indicaron que el bosque de 15 años de regeneración tuvo mayor uniformidad, seguido del bosque altamente conservado y por último el bosque secundario entresacado (tabla 1).

Tabla 1. Medidas de diversidad aplicadas a los estados sucesionales (bosque altamente conservado, secundario entresacado y de más de 15 años de regeneración).

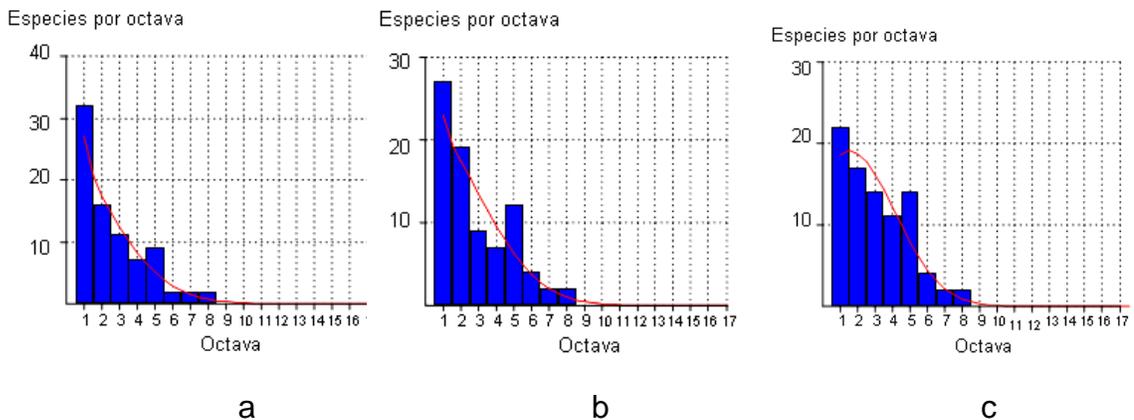
INDICES DE DIVERSIDAD	B. ALTAMENTE CONSERVADO	B. SECUNDARIO ENTRESACADO	B. MAS DE 15 AÑOS DE REGENERACIÓN
S (Riqueza)	81	82	86
SHANNON ( H' )	3.169	3.163	3.435
Equidad de Pielou ( J' )	0.7212	0.7177	0.7711
N1	23.78	23.64	31.03
N2	1.08	1.09	1.07

Figura 12. Medianas de la diversidad de hormigas en bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.



La distribución de las abundancias de las especies, en todos los estados sucesionales se ajustaron a una distribución log normal, en bosque altamente conservado  $P_{0.05} = 0.3232$ , en el bosque secundario entresacado  $P_{0.05} = 0.1896$  y en el de más de 15 años de regeneración  $P_{0.05} = 0.416$ . La mayoría de las especies del bosque altamente conservado y el bosque secundario entresacado estuvieron representadas por un solo individuo; el bosque de más de 15 años de regeneración es el que presenta una distribución de abundancias más equitativa (Figura 13).

Figura 13. Distribución de abundancia de las especies en bosque altamente conservado (a), bosque secundario entresacado (b) y bosque de más de 15 años de regeneración (c).



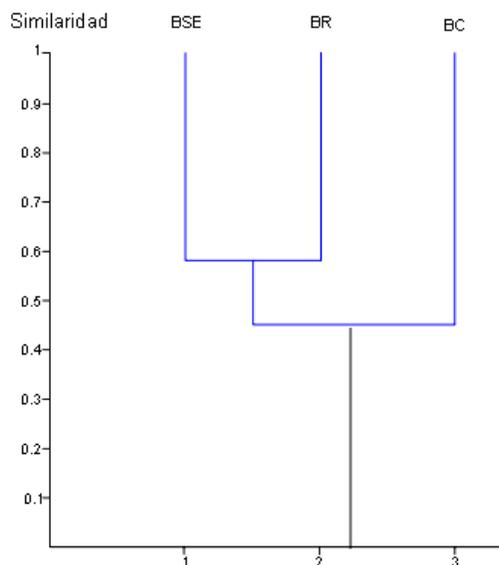
### 5.3 ÍNDICES DE DIVERSIDAD BETA

El índice de Jaccard indicó que hay mayor similitud entre el bosque secundario entresacado y el bosque mayor a 15 años de regeneración (Figura 14) puesto que comparten entre ellos más especies del mismo taxa. El índice de Wittaker es mayor entre el bosque altamente conservado y el bosque mayor a 15 años de regeneración debido a que estos sitios se complementan con unas pocas especies el cual es evidenciado por el índice de complementariedad (Tabla 2). El número de taxa compartidas entre el bosque altamente conservado y el secundario entresacado es menor (Anexo H) con respecto al bosque secundario entresacado y al bosque mayor a 15 años de regeneración en los cuales hay un número superior de especies compartidas (Anexo J). El bosque altamente conservado y el bosque de regeneración comparten un menor número de taxas (Anexo I) (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de los índices de diversidad beta aplicados a los estados sucesionales estudiados. Bosque altamente conservado (BC), bosque secundario entresacado (BSE), bosque de más de 15 años de regeneración (BR).

INDICES DE DIVERSIDAD BETA	BC-BSE	BC-BR	BS-BR
Índice de Jaccard	0.468	0.4396	0.57
Índice de Wittaker	0.362	0.389	0.274
Índice de complementariedad	0.53	0.56	0.429
Número de especies compartidas	52	51	61

Figura 14. Dendograma de similitud de los bosques muestreados (bajado con el índice de Jaccard). BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).



#### 5.4 ESPECIES EXCLUSIVAS DE UN BOSQUE

El bosque altamente conservado obtuvo el mayor número de especies exclusivas (20), seguido del bosque mayor a 15 años de regeneración con 18 especies y el bosque secundario entresacado con 16 especies (Tabla 3). El número de especies de hormigas exclusivas correspondieron a un 39.5% del total de las especies encontradas para la reserva. Se debe tener en cuenta que la frecuencia de algunas de las hormigas es muy baja como para afirmar que es exclusiva de un tipo de bosque, puesto que en los otros sitios no fue colectada, o fueron halladas sólo sus reinas e.g ***Pachycondyla sp1***, ***Monomorium sp1***, ***Linephitema sp1***.

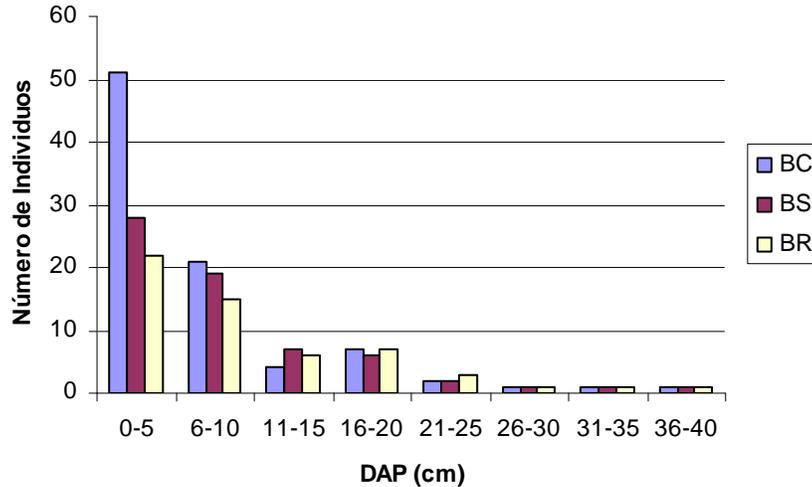
Tabla 3. Especies y morfoespecies exclusivas para cada uno de los bosques.

BOSQUE CONSERVADO	BOSQUE SECUNDARIO	BOSQUE EN REGENERACIÓN
<i>Magalomyrmex sp2</i>	<i>Solenopsis sp3</i>	<i>Camponotus tanaemyrmex</i>
<i>Pheidole sp18</i>	<i>Mirmelachista sp1</i>	<i>Pheidole sp7</i>
<i>Discothyrea sp2</i>	<i>Lachnomyrmex sp1</i>	<i>Pheidole sp8</i>
<i>Protaladris armata</i>	<i>Heteroponera sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp6</i>
<i>Eciton sp1</i>	<i>Piramica raptans</i>	<i>Pachycondila sp1</i>
<i>Mirmecocrypta sp1</i>	<i>Monomorium sp1</i>	<i>Proceratium sp1</i>
<i>Pheidole sp23</i>	<i>Adelomyrmex sp1</i>	<i>Acanthognathus sp1</i>
<i>Labidus sp3</i>	<i>Pheidole sp27</i>	<i>Paratrechina sp4</i>
<i>Acanthognathus teleeductus</i>	<i>Basicerus sp 1</i>	<i>Strumigenys sp2</i>
<i>Rogeria sp3</i>	<i>Solenopsis sp6</i>	<i>Linephitema sp1</i>
<i>Simopelta sp1</i>	<i>Paratrechina sp5</i>	<i>Linephitema sp3</i>
<i>Pheidole sp25</i>	<i>Octostruma sp1</i>	<i>Pachycondila apicalis</i>
<i>Pheidole sp26</i>	<i>Pheidole sp32</i>	<i>Linephitema sp4</i>
<i>Reina Linephitema sp2</i>		<i>Pheidole sp30</i>
<i>Procryptocerus sp2</i>		<i>Pheidole sp31</i>
<i>Prionopelta sp1</i>		<i>Gnamptogenys sp10</i>
<i>Simopelta sp3</i>		<i>Pheidole sp29</i>
<i>Mirmelachista sp2</i>		<i>Piramica sp2</i>
<i>Octostruma sp3</i>		
<i>Pheidole sp33</i>		

#### 5.5 VARIABLES RELACIONADAS CON LA HETEROGENEIDAD DEL HÁBITAT

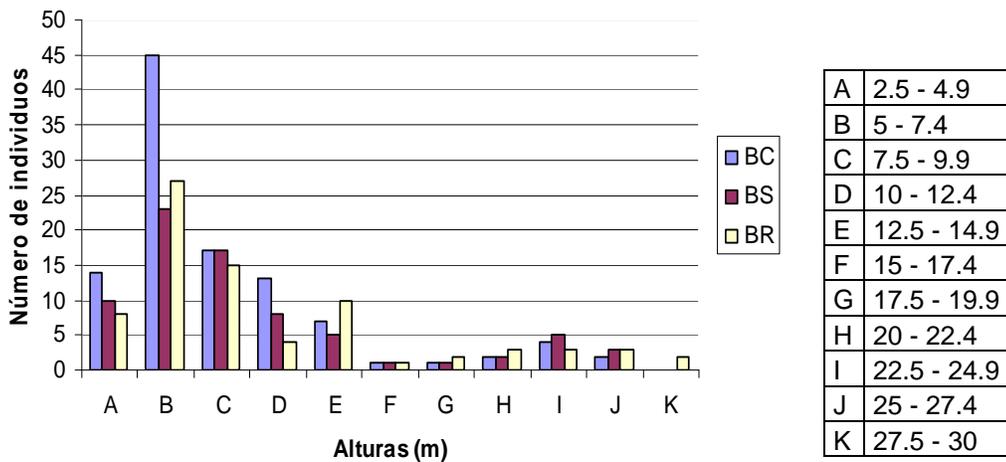
Mediante el índice de diversidad de Simpson se establece que el sitio más heterogéneo es el bosque altamente conservado (0.5979), seguido del bosque secundario entresacado y el bosque de más de 15 años de regeneración cuyos valores son: 0.7270 y 0.743, respectivamente; estos datos muestran un aumento en la heterogeneidad de los bosques estudiados a medida que avanza el tiempo de recuperación de los mismos. De acuerdo con los rangos de DAP obtenidos para cada tipo de bosque (Figura 15), se determinó que la heterogeneidad vertical de estos bosques no está relacionada con la diversidad de hormigas (análisis de correlación de Pearson  $R=0.1456$ ;  $n=6$ ).

Figura 15. Datos del número de individuos que se encuentran agrupados en rangos de DAP para cada bosque estudiado. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración). BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).



Al analizar la diversidad de alturas, obtenida a partir de los datos de frecuencia en cada rango (Figura 16) y la diversidad de hormigas no hubo una relación significativa (análisis de correlación de Pearson  $R= 0.1827$ ;  $n=6$ ).

Figura 16. Datos del número de individuos que se encuentran agrupados en rangos de alturas para cada bosque estudiado. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).



La densidad de herbáceas no estuvo relacionada con la diversidad de hormigas (análisis de correlación de Pearson  $R= 0.5369$ ;  $n= 6$ ) (Figura 17), este mismo

hecho ocurrió con la densidad de arbustos (análisis de Correlación de Pearson  $R=0.0922$ ;  $n=6$ ) (Figura 18).

Figura 17. Relación de la diversidad de hormigas y la densidad de herbáceas en los estados sucesionales.

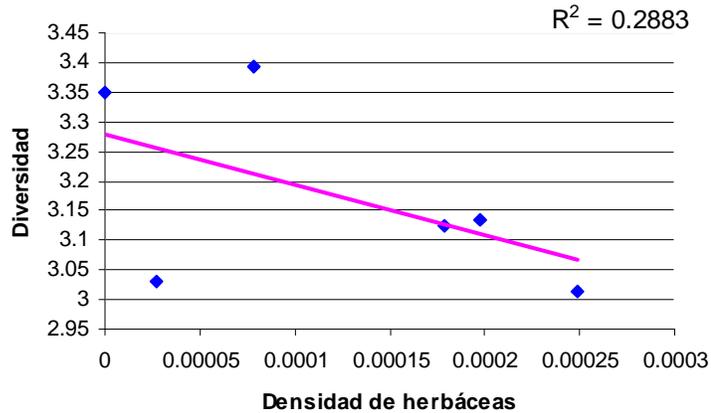
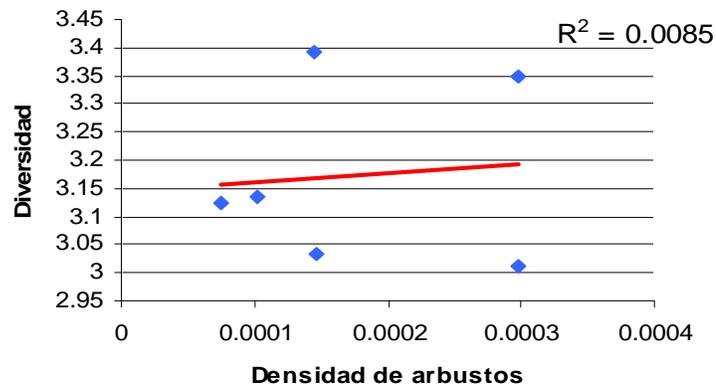
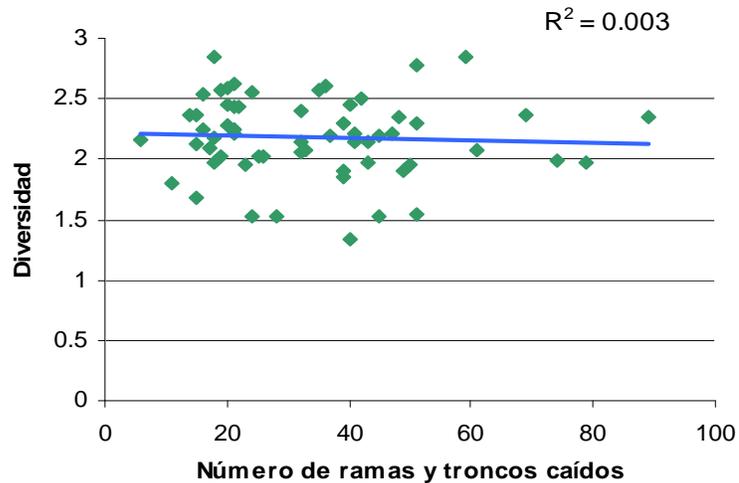


Figura 18. Relación de la diversidad de hormigas y la densidad de arbustos en los estados sucesionales



Al analizar los datos de la diversidad de hormigas en hojarasca con respecto al número de troncos caídos (Figura 19), se encontró que no hubo correlación entre ellas (correlación de Spearman  $P_{0.05;1;(n=60)} < 1.550$ ).

Figura 19. Relación de la diversidad de hormigas en hojarasca y el número de ramas y troncos caídos en los estados sucesionales.



#### 5.6 VARIABLES RELACIONADAS CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS: TEMPERATURA AMBIENTE, HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA DEL SUELO

Durante el muestreo el bosque que presentó la temperatura ambiente más alta fue el de más de 15 años de regeneración con un promedio de 21.6 °c, seguido del bosque secundario entresacado (20.5 °c) y por último el bosque altamente conservado (19.9 °c). Al analizar esta variable utilizando los datos del promedio en los meses de muestreo en cada uno de los bosques y transectos estudiados (Figura 20) con la diversidad de hormigas, se encontró una correlación significativa (correlación de Spearman  $P_{0.05;1;(n=36)} < 0.0299$ ) y positiva, es decir, a mayor temperatura mayor diversidad. Al analizar la humedad relativa utilizando los promedios de esta en los meses de muestreo, en cada uno de los bosques (Figura 21), con la diversidad de hormigas, no se encontró correlación entre ellas (correlación de Spearman  $P_{0.05;1;(n=36)} < 1.3557$ ). La temperatura del suelo al ser analizada mediante el uso de los promedios de esta en los meses de muestreo en cada uno de los bosques (Figura 22) con la diversidad de hormigas presentaron una correlación altamente significativa y positiva (correlación de Spearman  $P_{0.05;1;(n=36)} < 0.0006^{***}$ ).

Figura 20. Promedios de la temperatura ambiente obtenidos en los meses de muestreo para cada uno de los bosques. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).

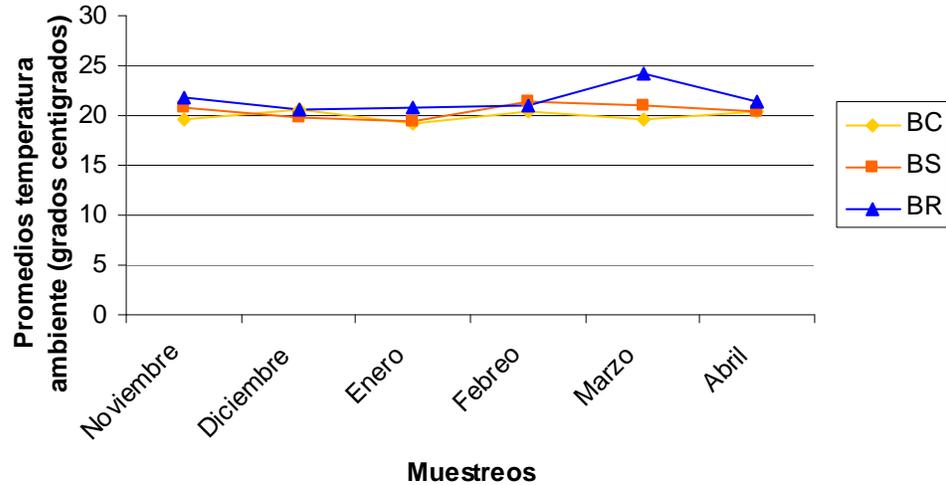


Figura 21. Promedios de la humedad relativa obtenidos en los meses de muestreo para los bosques estudiados. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración)

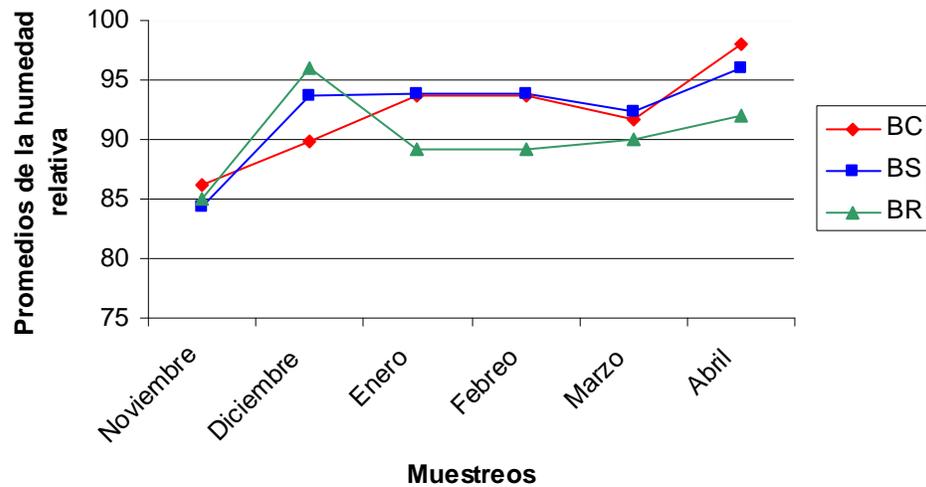
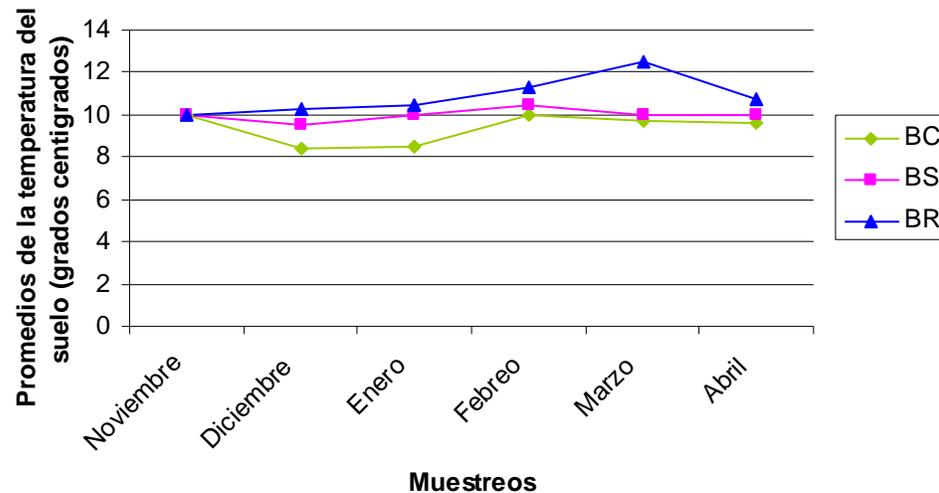


Figura 22. Datos de los promedios de la temperatura del suelo obtenidos en los meses de muestreo para los bosques estudiados. BC (bosque altamente conservado), BSE (bosque secundario entresacado), BR (bosque de más de 15 años de regeneración).

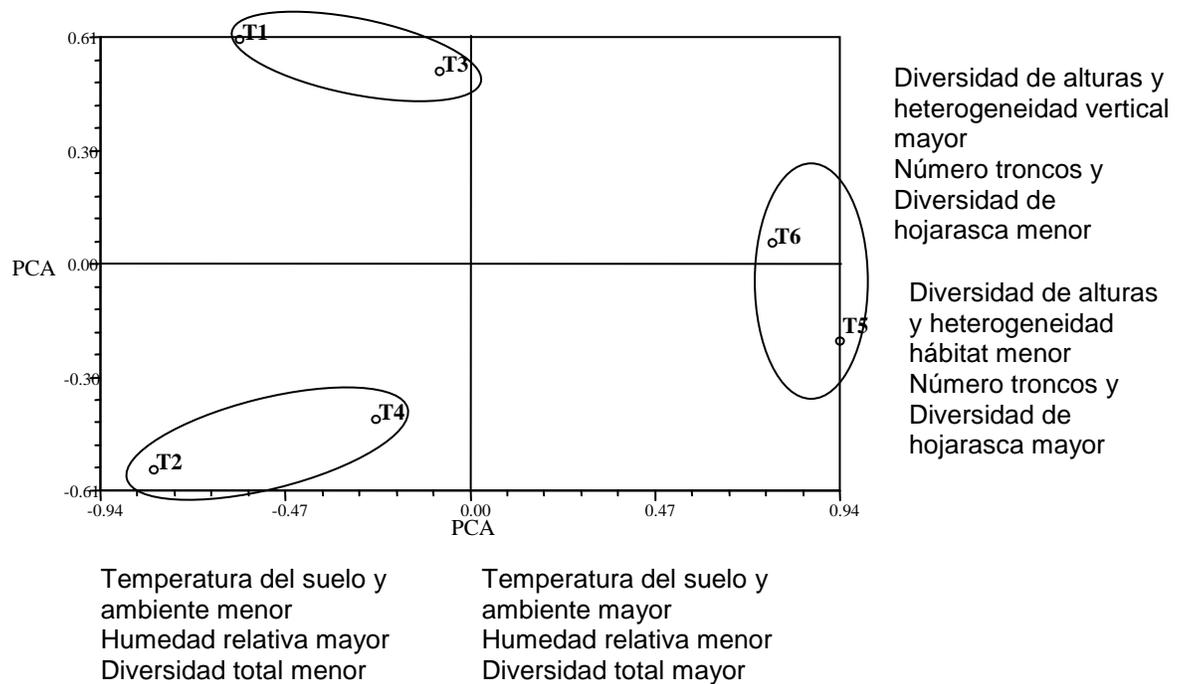


Al realizar el análisis de componentes principales, los eigen valores mostraron que el 50.27 % de las variables están explicadas por el primer componente, el segundo componente explica el 23.33% para un valor acumulado entre los dos componentes del 73.6%, y el tercer componente explica el 15.98%; los tres componentes explicarían el 89.58%. Los eigen vectores del primer componente indicaron, que la diversidad de hormigas es mayor cuando las temperaturas del suelo y del ambiente son mayores, y cuando la humedad relativa es menor; el segundo componente indicó, que la diversidad en hojarasca es menor cuando la diversidad de las alturas y la heterogeneidad del hábitat vertical es mayor, y el número de ramas y troncos caídos es menor (tabla 4). Según estos datos, el análisis de componentes principales, separó los transectos uno y dos, que correspondían al bosque altamente conservado, y a los transectos tres y cuatro, que correspondían al bosque secundario entresacado (Figura 23); la separación de estos transectos, pudo deberse a las variables heterogeneidad del hábitat, diversidad de alturas y número de troncos caídos, cuyos valores fueron cercanos entre sí (Anexo L). Los transectos cinco y seis correspondientes al bosque de más de 15 años de regeneración no se desagruparon (Figura 23).

Tabla 4. Eigen vectores de las variables bióticas, abióticas y diversidad

Variables	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Heterogeneidad del hábitat vertical	0.3992	0.775	0.4695
Diversidad de alturas	0.3259	0.8608	0.0815
Densidad de arbustos	0.1915	0.3697	-0.8733
Densidad de herbáceas	-0.7010	0.4352	0.2803
Numero de troncos caídos	-0.7418	-0.5416	-0.1184
Temperatura ambiente	0.9439	-0.1656	-0.2188
Humedad relativa	-0.9071	-0.0319	0.0039
Temperatura del suelo	0.9649	-0.2007	-0.0869
Diversidad en hojarasca	0.5068	-0.5116	0.678
Diversidad en el muestreo	0.8831	-0.2031	0.0199

Figura 23. Gráfica del análisis de componentes principales, en donde se agrupan los transectos de acuerdo a las variables bióticas y abióticas.



## 6. DISCUSIÓN

Al comparar los resultados de este estudio, en el cual se reportan un total de 129 especies de hormigas con otros realizados en lugares que poseen condiciones físicas similares y que han sido muestreados de forma parecida, pueden indicar el número importante de especies de hormigas encontradas para este estudio. Bustos y Chacón<sup>107</sup> en la Reserva Natural Hato viejo, un bosque nublado a 2.300 msnm., situado en el municipio de Cali encontraron un total de 25 especies de hormigas; Estrada<sup>108</sup>, en la Reserva Natural la Planada, correspondiente a un bosque muy húmedo premontano bajo, encontró 63 especies de hormigas y el realizado por Bustos<sup>109</sup> en la Reserva Natural Río Ñambí en el que encontró 43 especies de hormigas.

La diferencia en el número de especies respecto a los estudios de Estrada, Bustos y Chacón y el de Bustos se deben a tres razones; en primer lugar a que el periodo de muestreo de estos con respecto a esta investigación, fue menor. Estrada y Bustos y Chacón lo realizaron en cuatro y tres meses, respectivamente; y las diferencias con el estudio de Bustos, se debe a que este se ejecutó en dos meses de muestreo y uno esporádico, solo fue realizado en la parte media de la reserva y no se hizo muestreo en hojarasca.

En segundo lugar, la Reserva Natural Río Ñambí por ubicarse geográficamente entre el bosque húmedo tropical y el bosque montano<sup>110</sup>, contiene más nichos en los que albergaría una mayor riqueza de especies que los otros bosques estudiados y en tercer lugar, teniendo en cuenta que la riqueza de especies decrece con el incremento de la altitud<sup>111</sup>, la Reserva Natural Río Ñambí al encontrarse ubicada a una menor altitud que la Reserva Natural la Planada<sup>112</sup>, presenta una mayor riqueza.

Respecto a la riqueza de hormigas en cada estado sucesional, Floren<sup>113</sup> *et al*, Aldana y Chacón<sup>114</sup>, Bustos y Chacón<sup>115</sup>, encontraron un aumento gradual de esta a medida que avanza la edad del bosque, sin embargo, en esta investigación no se encontró esta misma relación, puesto que el bosque de más de 15 años de

---

<sup>107</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN, 1998. Op. cit., p. 20

<sup>108</sup> ESTRADA, C. 1997., Op. cit., p. 50

<sup>109</sup> BUSTOS, J. 1994. Op. cit., p. 50

<sup>110</sup> SALAMAN, P. 2001. Op. cit., p. 38

<sup>111</sup> SANDERS, J. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25:25-32.

<sup>112</sup> SALAMAN, P. 2001. Op. cit., p. 38

<sup>113</sup> FLOREN, A., A. FREKING, M. BIEHL & K. LINSENMAIR. SF, Op. cit. 33

<sup>114</sup> ALDANA, R. & P. CHACÓN, 1999. Op. cit., p. 20

<sup>115</sup> BUSTOS, J & P. CHACÓN, 1998. Op. cit., p. 20

regeneración contuvo la mayor riqueza, seguido del bosque secundario entresacado y por último el bosque altamente conservado. Al igual que el trabajo de Estrada y Fernández<sup>116</sup>, no se encontraron diferencias significativas en la riqueza entre bosques, sin embargo las diferencias se notan en la composición.

Estrada y Fernández<sup>117</sup> y Bustos y Chacón<sup>118</sup> establecen una alta asociación entre las posibles especies indicadoras y su respectivo estado sucesional, sin embargo, en esta investigación, aunque se reporta que el 39.5% del total de las hormigas fueron exclusivas, no puede considerarse a todas como únicas para un tipo de bosque, puesto que algunas especies presentan frecuencias bajas, tales como: ***Camponotus tanaemyrmex***, ***Pachycondila apicalis***, ***Pyramica raptans*** y ***Acanthognathus teledectus***.

Serna<sup>119</sup>, en la zona Porce en Antioquia, realizó un estudio con hormigas en estados sucesionales tales como: pastizal, rastrojo bajo, rastrojo alto y bosque intervenido, y según la composición de hormigas en cuanto a subfamilias encontró a ***Dolichoderinae***, ***Myrmicinae*** y ***Ponerinae*** en ecosistemas cerrados o de poco disturbio relativo, a ***Pseudomyrmecinae*** en sitios abiertos, a ***Formicidae*** y ***Ecitoninae*** desde sitios perturbados a un poco cerrados, mientras que en esta investigación se encontró a ***Dolichoderinae*** en bosque altamente conservado y en el de más de 15 años de regeneración, a ***Pseudomyrmecinae*** en bosque secundario entresacado y en el de más de 15 años de regeneración, y a ***Myrmicinae***, ***Ponerinae***, ***Formicidae*** y ***Ecitoninae*** en bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado, y en bosque de más de 15 años de regeneración.

De acuerdo a la distribución de géneros, Armbrecht<sup>120</sup>, Estrada<sup>121</sup> y Bustos y Chacón<sup>122</sup>, encontraron a ***Megalomyrmex***, ***Trachymyrmex***, ***Adelomyrmex***, ***Cyphomyrmex*** y ***Simopelta***, en bosques y en estados tardíos de la sucesión; a ***Gnamptogenys***, ***Rogeria*** y ***Octostruma*** en las primeras fases de la sucesión y en pastizales. Estrada<sup>123</sup> y Armbrecht<sup>124</sup> encontraron a ***Solenopsis*** en pastizal y en la primera fase de sucesión, en cambio, Bustos y Chacón<sup>125</sup> lo hallaron en Bosques primarios; el género ***Odontomachus*** fue colectado en la primera fase y estados

---

<sup>116</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p. 21

<sup>117</sup> ESTRADA, C & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p 21

<sup>118</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1998. Op. cit., p. 20

<sup>119</sup> SERNA, F. 1999. Las hormigas, bioindicadoras de la salud de los ecosistemas terrestres. Tesis de Magister en Entomología. Universidad nacional de Medellín. Aconteceres entomológicos: 233-256.

<sup>120</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>121</sup> ESTRADA, C., 1997 Op. cit., p. 50

<sup>122</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN, 1998. Op. cit., p. 20

<sup>123</sup> ESTRADA, C. 1997. Op. cit., p. 50

<sup>124</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>125</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1998. Op. cit., p. 20

tardíos de la sucesión y *Crematogaster* fue colectada por Armbrecht<sup>126</sup> en pastizales; *Brachymyrmex* y *strumigenys* fueron encontradas en pastizal por Armbrecht<sup>127</sup> y en bosques primarios por Bustos y Chacón<sup>128</sup>; *Hypoponera* y *Pachycondila* se colectaron en bosques y *Pheidole* fue hallada por Armbrecht<sup>129</sup> en pastizales y en las primeras fases de la sucesión por Estrada<sup>130</sup>, en cambio Bustos y Chacón<sup>131</sup>, lo encontraron en todos los estados sucesionales, en este estudio se encontró a *Trachymyrmex* en bosque de más de 15 años de regeneración y en bosque secundario entresacado, a *Simopelta* y *Octostruma* en bosque secundario entresacado y en bosque altamente conservado, y en todos los estados sucesionales a: *Megalomyrmex*, *Adelomyrmex*, *Gnamptogenys*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Hypoponera*, *strumigenys*, *Pachycondila*, *Rogeria*, *Cyphomyrmex* y *Odontomachus*.

Las diferencias encontradas respecto a la distribución de las subfamilias y los géneros en los estados sucesionales es explicado de acuerdo a lo mencionado por Fernández<sup>132</sup>, el cual afirma que existe una falta de generalidad en los estudios, ya que cada autor realiza investigaciones con hormigas en estados sucesionales pertenecientes a bosques o a sitios de perturbación diferentes, los cuales no permiten hacer comparaciones entre comunidades de hábitats distintos debido a que cada especie o grupo de especies indicadoras se vuelve específica para las condiciones de cada sitio.

Como lo menciona Fernández<sup>133</sup>, la dificultad en la identificación de las hormigas registradas en este estudio a nivel de especie, hace difícil su pronóstico como bioindicadores, y más aún, por los motivos que explican Agosti<sup>134</sup> *et al*, que los reportes sobre el conocimiento biológico y ecológico de las especies de hormigas es deficiente, sobre todo para el neotrópico; por estas razones no se pueden hacer generalizaciones sobre las hormigas como bioindicadores de los estados de perturbación en otros sitios, no obstante, se encuentran similitudes con otros estudios como el de Mariano<sup>135</sup> *et al*, en el cual encontró a *Camponotus tanaemyrmex* en lugares antropizados y el de Wild<sup>136</sup>, en el que reporta a *Pachycondila apicalis* en los estados tempranos de la sucesión.

<sup>126</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>127</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>128</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1998 Op. cit., p. 20

<sup>129</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>130</sup> ESTRADA, C. 1997. Op. cit., p. 50

<sup>131</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1998. Op. cit., p. 20

<sup>132</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

<sup>133</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

<sup>134</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit., p. 24

<sup>135</sup> MARIANO, C., J. DELABIE & I. NASCIMENTO. 1998. Preferencias de hábitat dos subgéneros de *Camponotus* (hymenoptera, Formicidae, Formicinae) na regio sul da Bahia. XVII congresso Brasileiro de entomología, Rio de Janeiro.

<sup>136</sup> WILD, A. 2002. The genus *pachycondyla* (hymenoptera: formicidae) in Paraguay. Bol. Museo Nacional de historia natural Paraguay. 14 (1- 2):1-18

La diversidad  $\alpha$  de hormigas fue mayor en bosque de más de 15 años de regeneración, seguido del bosque altamente conservado y por último el bosque secundario entresacado; teniendo en cuenta estos resultados, la diversidad de hormigas no incrementó de acuerdo al patrón sucesional esperado, tal como lo mencionan Sutton y Harmon “la diversidad incrementa, cuando el ecosistema se va volviendo complejo”<sup>137</sup>, o como sucede con las investigaciones realizadas por Floren et al<sup>138</sup>, Aldana y Chacón<sup>139</sup>, Bustos y Chacón<sup>140</sup> en las que se hallan un incremento de esta con la edad del bosque, argumentando que los bosques primarios les ofrece a las hormigas un mayor número de sustratos aprovechables para anidamiento, permitiendo a ciertas especies ocupar nichos específicos y eludir la competencia.

En este estudio, el eigen vector del segundo componente, obtenido mediante el análisis de componentes principales mostró que la diversidad de hormigas es mayor cuando la heterogeneidad vertical del hábitat es menor; este hecho se debió a lo expuesto por Armbrrecht<sup>\*\*\*\*</sup> quien indica que la diversidad de hormigas en hojarasca es más frecuentemente evaluada con el número de ramas y troncos caídos, puesto que las hormigas que se encuentran en hojarasca anidan en ellos, por esta razón, posiblemente este parámetro no está reflejando la realidad al analizarlo con la heterogeneidad del hábitat. Según estos datos y teniendo en cuenta que la diversidad  $\alpha$  fue mayor en bosque de más de 15 años de regeneración y no en bosque altamente conservado, no se demuestra la hipótesis del tiempo ecológico propuesta por Pianka<sup>141</sup>, en donde comunidades con mayores edades y más maduras contienen mayor diversidad.

La menor diversidad  $\alpha$  presente en el bosque secundario entresacado, no es fácil de explicar si se tiene en cuenta que está localizado entre el bosque altamente conservado y el de más de 15 años de regeneración, de donde podrían migrar las especies que habitan estos sitios y considerando, que según los resultados encontrados en este estudio en cuanto a las relaciones positivas entre la diversidad de hormigas y la temperatura ambiente y del suelo, y a la relación negativa con la humedad relativa, este bosque presenta un mayor número de troncos caídos que el bosque de más de 15 años de regeneración en los cuales podrían anidar una mayor cantidad de especies de hormigas, sumado a que la temperatura del suelo y del ambiente son mayores y a que la humedad relativa es menor con respecto al bosque altamente conservado, lo que permitiría albergar una mayor diversidad de hormigas.

---

<sup>137</sup> SUTTON, B. & P. HARMON. 1976. Op. cit., p. 24

<sup>138</sup> FLOREN, A., A. FREKING, M. BIEHL & K. LINSENMAYER. SF. Op. Cit., p. 33

<sup>139</sup> ALDANA, R. & P. CHACÓN. 1999. Op cit. 20

<sup>140</sup> BUSTOS J. & P. CHACON. 1997. Op. Cit. 20

<sup>\*\*\*\*</sup> ARMBRECHT, I. 2005 Comentario Personal. Entomóloga de Insectos Sociales. Docente Universidad del Valle. Cali.

<sup>141</sup> PIANKA, E. 1998. Op cit., p. 21

La menor diversidad y uniformidad en este bosque, puede deberse a que en este sitio domina ***Megalomyrmex sp1***, la cual, tal como lo señala Fernández<sup>142</sup>, por ser una especie dominante puede tener un comportamiento territorial agresivo y recluta el alimento de una manera rápida, dificultando la colonización de otras especies de hormigas desde los bosques cercanos, en este caso el de 15 años de regeneración y el bosque altamente conservado, por esto, no pueden competir contra la abundancia y distribución de esta especie en los tres estados sucesionales, aunque con menor dominancia en bosque altamente conservado, puesto que en este sitio, la especie más dominante paso a ser ***Gnamptogenys sp1***. La alta dominancia de ***Megalomyrmex sp1***, también es explicada a lo descrito por Ramírez<sup>143</sup>, quien indica que las especies presentan un punto ambiental óptimo, en el cual son más abundantes.

Aunque la heterogeneidad del hábitat fue mayor en bosque primario, en este estudio, la diversidad de hormigas para este sitio fue menor, debido a que son otros factores los que están influenciando esta variación, tales como la temperatura del suelo y del ambiente, las cuales tienen mayor influencia en la diversidad de hormigas.

Experimentos de campo, como el de Agosti *et al*<sup>144</sup> muestran que la temperatura juega un papel importante en la productividad y la estructura de la comunidad de hormigas; Pfeiffer<sup>145</sup> *et al*, afirman que estas pueden restringir el acceso a los recursos del hábitat, sobre todo para especies ectotermas. Las temperaturas altas, según Ruano<sup>146</sup> *et al*, pueden disminuir el coeficiente de difusión de las feromonas que se depositan en el suelo, y que son altamente volátiles, permitiendo un menor costo en la producción de señales químicas para las hormigas que forrajean en el suelo.

Pirk<sup>147</sup> *et al*, afirman que la temperatura determina la actividad de forrajeo, en donde a mayores temperaturas del suelo, algunas especies de hormigas tienen mayor actividad; Estrada y Fernández<sup>148</sup>, mencionan que es un factor importante para el desarrollo de larvas y pupas.

Agosti<sup>149</sup> *et al*, afirman que el estrés para hormigas a bajas temperaturas es alto, de acuerdo con esto, se explica que hay mayor diversidad de hormigas en el bosque de más de 15 años de regeneración, ya que en este sitio por presentar un mayor grado de radiación solar, el estrés para hormigas en este hábitat es bajo; se debe

---

<sup>142</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

<sup>143</sup> RAMIREZ, A. 1999. Op. cit., p. 24

<sup>144</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit., p. 24

<sup>145</sup> PFEIFFER, M., L. CHIMEDREGZEN & K. ULYKPA. 2003. Op. cit., p. 21

<sup>146</sup> RUANO, F., A. TINAUT & J. SOLER. 2000. Op. cit., p. 34

<sup>147</sup> PIRK, G., J. LOPEZ, & R. POL. 2004. Op. cit., p. 21

<sup>148</sup> ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ. 1998. Op. cit., p. 21

<sup>149</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Op. cit., p. 24

tener en cuenta que la organización social a las hormigas les ha permitido crear su propio microambiente dentro del nido, y no necesariamente se debe esperar una correlación muy estrecha entre los cambios ambientales y las poblaciones de hormigas, como lo menciona Fernández<sup>150</sup>.

La humedad relativa fue otro factor que influyó en que el bosque de más de 15 años de regeneración presentara la mayor diversidad  $\alpha$  de hormigas y que esta decreciera con el avance de los estados sucesionales, puesto que tal como lo propone Levings<sup>151</sup>, es responsable de la disminución de las poblaciones de hormigas con la altitud, debido a que por la neblina hay menor radiación solar, y no como muestran Kaspari y Weiser<sup>152</sup>, que la actividad de forrajeo de las hormigas es mayor cuando la humedad incrementa, para evitar la desecación; sin embargo se debe tener en cuenta que este último estudio se realizó en desiertos, por lo cual estos efectos no necesariamente se producen en los ecosistemas tropicales donde la temperatura es relativamente constante.

El índice de diversidad  $\beta$  fue mayor entre el bosque altamente conservado y el bosque de más de 15 años de regeneración, debido posiblemente a que estos dos sitios se encuentran más alejados entre sí; el menor índice de complementariedad entre los bosques altamente conservado y secundario entresacado, y el bosque secundario entresacado y el de 15 años de regeneración se debe posiblemente a la cercanía de los sitios, permitiéndoles a las especies que los contienen colonizar los sitios correspondientes.

El aislamiento, no es el único factor que pudo haber determinado la variación de la composición de hormigas a través de los estados sucesionales, también puede atribuirse a los diferentes requerimientos alimenticios, y microclimáticos que las hormigas poseen, tal como lo consideran Bustos y Chacón<sup>153</sup>, a los sitios de anidamiento, a los predadores, competidores y a las barreras de dispersión, como lo menciona Estrada<sup>154</sup>, a las variaciones altitudinales y el suelo, según Coelho y Ribeiro<sup>155</sup>, así mismo estos autores mencionan que estos factores pueden determinar la exclusividad y la abundancia de las especies de hormigas en un determinado hábitat, puesto que tal como lo afirma Ramírez<sup>156</sup>, algunas especies son capaces de tolerar rangos ambientales amplios, presentando una extensa distribución, mientras que para otras, estos rangos son estrechos, lo que las hace únicas para cada bosque.

---

<sup>150</sup> FERNÁNDEZ, F. 2003. Op. cit., p. 20

<sup>151</sup> LEVINGS, S. 1983. Op. cit., p. 20

<sup>152</sup> KASPARI, M. & M. WEISER. 1999. Op. cit., p. 35

<sup>153</sup> BUSTOS, J. & P. CHACÓN. 1998. Op. cit., p. 20

<sup>154</sup> ESTRADA, C. 1997. Op. cit. 50

<sup>155</sup> COHELO, I & S. RIBEIRO. 2006. Op. cit. 35

<sup>156</sup> RAMÍREZ, A. 1999. Op. cit., p. 24

Teniendo en cuenta la distribución de las abundancias en términos de partición de recursos, así como Armbrrecht<sup>157</sup>, en este estudio, se encontró que los bosques menos diversos exhibieron una ocupación alta de recursos divididos desigualmente y con baja equitabilidad. El dendograma de similitud (Figura 14) realizado en esta investigación, relacionó al igual que Estrada<sup>158</sup>, los sitios con respecto al grado de recuperación y también se observó que el bosque altamente conservado es muy diferente en su composición de hormigas, a partir de este dato, se indica el efecto de la perturbación sobre el equilibrio de las especies que habitan este tipo de bosques.

En este estudio, mediante el segundo componente de los eigen vectores obtenido a partir del análisis de componentes principales muestra una relación positiva entre la diversidad en hojarasca y el número de ramas y troncos caídos, debido a que el aumento de estos puede proporcionar más sitios de anidamiento para hormigas, tal como lo muestran Armbrrecht<sup>159</sup> *et al*, y Armbrrecht<sup>160</sup> *et al*.

Las variables densidad de arbustos y de herbáceas posiblemente no se relacionaron con la diversidad de hormigas porque las variables ambientales y el número de ramas y troncos caídos son los factores que están determinando estas diferencias.

Por otro lado, así como lo menciona Armbrrecht<sup>\*\*\*\*</sup> la falta de relación puede explicarse por varias razones. En primer lugar, que los arbustos y las herbáceas no proveen suficientes nichos ecológicos para las hormigas, si la fuente de recurso es monoespecífica; en segundo lugar, a que las hormigas sean más vulnerables a la extinción, o la acción de invasoras, las cuales pudieron desplazar a las nativas compitiendo por homópteros y a que el ambiente puede ser muy homogéneo favoreciendo a unas pocas especies de hormigas. A menos que se hagan estudios detallados, obtener la respuesta exacta es difícil, ya que todo depende de la identidad de las plantas (arbustos y herbáceas) y de las hormigas.

---

<sup>157</sup> ARMBRECHT, I. 1996. Op. cit., p. 20

<sup>158</sup> ESTRADA, C. 1997. Op. cit., p.49

<sup>159</sup> ARMBRECHT, I., I. PERFECTO & J. VANDERMEER. 2004. Op. cit., p. 36

<sup>160</sup> ARMBRECHT, I., I. PERFECTO & E. SILVERMAN. 2006. Op. cit., p. 36

\*\*\*\* ARMBRECHT, I. 2005. Op. cit., p. 65

## 7. CONCLUSIONES

En la Reserva Natural Río Ñambí, hay 43 géneros y 129 especies de hormigas. La subfamilia **Myrmicinae** fue la más representativa porque presenta una gran diversificación y a que el género **Pheidole** contiene el mayor número de especies.

Existen diferencias significativas en la diversidad entre los estados sucesionales estudiados. El bosque que presenta un mayor índice de diversidad es el de más de 15 años de regeneración, y no el altamente conservado.

El índice de diversidad  $\beta$  es mayor entre el bosque altamente conservado y el de más de 15 años de regeneración.

Las diferencias de la composición de hormigas a través de los estados sucesionales, se deben a los diferentes requerimientos alimenticios y microclimáticos, a los sitios de anidamiento, a los predadores, competidores y a las barreras de dispersión que las hormigas poseen.

La diversidad de hormigas no se relaciona con la heterogeneidad del hábitat y no se demuestra la teoría del tiempo ecológico.

Las variables temperatura ambiente y temperatura del suelo se relacionan positivamente con la diversidad de hormigas, ya que estas restringen el acceso a los recursos del hábitat, disminuyen el coeficiente de difusión de feromonas, determinan la actividad de forrajeo e influyen en el desarrollo de larvas y pupas.

La variable humedad relativa se relaciona negativamente con la diversidad de hormigas.

La diversidad de hormigas en hojarasca es mayor cuando hay un número mayor de ramas y troncos caídos porque proporcionan más sitios de anidamiento para hormigas.

## 8. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos en mimercología se recomienda realizar estudios acerca de la biología y la ecología a nivel de especies, y trabajar en la taxonomía de grupos específicos, enfocados a hormigas del Neotrópico, en especial en el departamento de Nariño, los cuales permitirán responder y reforzar el entendimiento de la dinámica de la estructura de las comunidades de hormigas a través de estados sucesionales y planear estudios para la conservación de los recursos y el medio ambiente de la región y el país en general.

Se recomienda realizar estudios con hormigas en estados sucesionales con condiciones similares a los realizados por otras investigaciones, con el fin de hacer comparaciones más acertadas sobre la presencia o ausencia de las especies de hormigas para usarlas como bioindicadores del estado de recuperación de los bosques.

Se recomienda explorar áreas en la Reserva Natural Río Ñambí donde no se hayan realizado estudios afines para aportar otros datos acerca de la composición de especies y diversidad de hormigas.

Se recomienda realizar muestreos en el dosel de los árboles, el cual no se hizo en este estudio, para así, obtener una información más completa sobre la composición y diversidad de hormigas para la Reserva Natural Río Ñambí.

Teniendo en cuenta que el 39.5% del total de hormigas presentes en la Reserva Natural Río Ñambí son exclusivas, la diversidad de cada uno de los estados sucesionales, y que cada sitio contiene ciertas especies, todos los estados sucesionales aportan a la diversidad de la reserva, por tanto los tres sitios se deben conservar.

## BIBLIOGRAFIA

AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ. 2000. Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press. Washington. 280 p.

ALDANA, R. & P. CHACÓN. 1999. Megadiversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la cuenca media del río Calima. *Revista Colombiana de Entomología* 25 (1-2): 37-47.

ANDERSEN, A., B. HOFFMANN & J. SOMES. 2003. Ants as indicators of minesite restoration sites in central Queensland. *Ecological Management and Restoration*. 4: 12-19.

ANDRADE, G., M. GONZALO, A. GARCÍA & F. FERNÁNDEZ. 1996. Insectos de Colombia. Estudios escogidos. Editorial Guadalupe. Santa Fe de Bogotá: 415-419.

ARMBRECHT, I. 1996. Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco, en el Valle del Cauca, Colombia. Cali, 120 p. Plan de Magíster En Biología.

ARMBRECHT, I., I. PERFECTO & J. VANDERMEER. 2004. Enigmatic biodiversity correlations: ants diversity responds to diverse resources. *Science* 304: 284-286.

ARMBRECHT, I, I. PERFECTO & E. SILVERMAN. 2006. Limitation of nesting resources for ants in Colombian forests and coffee plantations. *Ecological Entomology* 31: 403-410.

ARMBRECHT, I. 2005. Comentario Personal. *Entomóloga de Insectos Sociales*. Docente Universidad del Valle. Cali.

BESTELMEYER, B. 2000. The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community. *Journal of Animal* 69 (6): 998-1009.

BUSTOS, J. 1994. Contribución al Conocimiento de la Fauna de Hormigas (Hymenoptera:Formicidae) del Occidente del Departamento de Nariño (Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 2 (1-2):19-30.

BUSTOS, J. & P. CHACON. 1997. Mirmecofauna y Perturbación en un Bosque de Niebla Tropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical* 44 (3), 45 (1): 259-266.

CHÁVEZ, M. & N. ARANGO. 1998. Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad 1997\_ Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, PNUMA. Ministerio del Medio Ambiente. Santa Fé, de Bogotá. Vol. 3.

COELHO, I. & S. RIBEIRO. 2006. Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 35 (1): 19-29. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-66X2006000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-66X2006000100004&lng=en&nrm=iso)>.

ESCOBAR, F. & P. CHACÓN. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphondiinae) en un bosque tropical montano, Nariño - Colombia. *Biología Tropical* 48 (4): 961-975

ESTRADA, C. 1996. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores de perturbación en un bosque montano en la Reserva Natural la Planada (Nariño; Colombia). Santa Fé de Bogotá, 136 p. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional.

ESTRADA, C. & F. FERNÁNDEZ, 1998. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista Biología Tropical* 47 (1-2):189-201.

FERNÁNDEZ, F. 2003. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

FERNÁNDEZ, F. 2006. Comentario personal. Entomólogo de insectos sociales. Docente Universidad Nacional de Bogotá. Santa Fé de Bogotá.

FERNÁNDEZ, F. & S. SENDOYA. 2004. Número monográfico: Lista de las hormigas neotropicales. *Biota Colombiana* 5 (1): 3-93.

FLOREN, A., A. FREKING, M. BIEHL & K. LINSENMAIR. S.F. Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ants communities.

FLOREN, A. & E. LINSENMAIR. 2005. The importance of primary tropical rain forest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example. *Ecosystem* 8: 559-567.

GALLEGO, M. 2005. Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de hormigas generalistas. *Boletín del Museo de Entomología de la universidad del Valle* 6 (2): 16-29.

- GUTIERREZ, A., E. CARRILLO & S. ROJAS. 2004. Guía Ilustrada de los Colibríes de la Reserva Natural Río Ñambí. Primera Edición.
- GULLISON, S. 1999. Evaluación de La factibilidad del Modelado de los impactos del manejo forestal sobre la biodiversidad en la Concesión de Taruma. Documento técnico. Nissan Catalyst Forestry Inc..
- HERBERS, J. 1989. Seasonal structuring of a north temperature ant: temporal and spacial variation. *Oecologia* 81: 201-211.
- HOFFMAN, B. & A. ANDERSEN. 2003. Responses of ants to disturbance in Australian, with particular reference to functional groups. *Austral ecology* 28: 444-464.
- JIMENEZ, E. 2004. Comentario Personal. Entomóloga Paisajes Rurales. Instituto Alexander Von Humboldt. Armenia.
- KASPARI, M. & M. WEISER. 1999. Ant activity along moisture gradients in a neotropical forest. *Biotropica*. 32 (4a): 703- 711.
- LAWTON, J., D. BIGNELL, B. BOLTON, G. BLOEMERSI, P. EGGLETON, P. HAMMOND, M. HODDA, R. HOLT, T. LARSEN, N. MAWDSLEY & N. STORK. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature Macmillan Publishers*. 391: 72-76.
- LEVINGS, S. 1983. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduos tropical forest: some causes of patchy species distributions. *Ecological Monographs*. 2 (4): 435-455.
- MACARTHUR, R. & J. MACARTHUR. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- MARIANO, C, J. DELABIE & I. NASCIMENTO. 1998. Preferencias de habitat dos subgéneros de *Camponotus* (hymenoptera, Formicidae, Formicinae) na regioa sul da Bahia. XVII congresso Brasileiro de entomología, Rio de Janeiro.
- MORENO, C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza.
- MARINHO, C. *et al.* 2002. Diversidade de formigas (hymenoptera: formicidae) de serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 31(2): 187-195.
- NARANJO, G. & P. CHACÓN. 1997. Diversidad de insectos y aves insectívoras de

sotobosque en hábitats perturbados en selva lluviosa tropical. *Caldasia* 19 (3):507-520.

ODUM, E. 1995. *Ecología. Peligra la Vida*. Interamericana Mc Graw - Hill. Segunda Edición.

PFEIFFER, M., L. CHIMEDREGZEN & K. ULYKPA. 2003. Community organization and species richness of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mongolia along an ecological gradient from steppe to Gobi desert. *Journal of Biogeography* 30: 1921-1935.

PIANKA, E. 1988. *Evolutionary Ecology*. Fourth Edition. The University of Texas at Austin. New York : Harper and Row, Publishers.

PIRK, G., J. LOPEZ & R. POL. 2004. Asociación de hormigas granívoras *Pogonomyrmex pronotalis*, *Pogonomyrmex rastratus* y *Pogonomyrmex inermes* con caminos en el monte central. *Ecología Austral* 14: 65-76.

PRANSCHKE, A. & L. HOOPER. 2003. Influence of abiotic factors on red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mound population ratings in Louisiana. *Environmental Entomology* 32 (1): 204-207.

RAMIREZ, A. 1999. *Ecología Aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Fundación Universidad de Bogotá . Jorge Tadeo Lozano. Santa Fé de Bogotá.

RAMÍREZ, M. & M. ENRÍQUEZ. 2004. Importance and diversity of ants in silvopastoral systems in the Cauca Valley, Colombia; *Livestock Research for Rural Development* 15 (1).

RAMÍREZ, B. Comentario Personal. 2005. Docente de la Universidad del Cauca.

ROLDAN, G., L. VELASQUES & T. MACHADO. 1981. *Ecología*. Editorial Norma. Bogotá. 264 p.

RUANO, F., A. TINAUT, & J. SOLER. 2000. High surface temperatures select for individual foraging in ants. *Behavioral Ecology* 11 ( 4): 396-404.

SALAMAN, P. 2001. The study of an understory avifauna community in an Andean premontane pluvial forest. Thesis for the degree (Doctor of Philosophy). Wolfson College. University of Oxford.

SCHONBERG, L., J. LONGINO, N. NADKARNI, S. YANOVIK & J. GERING. 2004. Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropical* 36 (3): 402-409.

SCHULZ, A. & T. WAGNER. 2002. Influence of forest type and tree species on canopy ants (hymenoptera: formicidae) in Budongo Forest, Uganda. *Oecologia*. 133: 224-232.

SERNA, F. 1999. Las hormigas, bioindicadoras de la salud de los ecosistemas terrestres. Tesis de Magister en Entomología. Universidad nacional de Medellín. Aconteceres entomológicos.

SUTTON, B. & P. HARMON. 1976. Fundamentos de Ecología. Editorial Limusa. México.

TEWS, J., U. BROSE, V. GRIMM, K. TIELBÖRGER, M. WICHMANN, M. SCHWAGER & F. JELTSCH. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/ diversity: the importance of Keystone structures. *Journal of Biogeography* 3: 79-92.

VASCONCELOS, H., A. MACEDO & J. VILHENA. 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna y Environment* 38 (2): 115-124.

VILLAREAL H., M. ÁLVAREZ, S. CÓRDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA & A. M. UMAÑA. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos. Alexander von Humboldt. Bogotá.

WILD, A. 2002. The genus *pachycondyla* (hymenoptera: formicidae) in Paraguay. *Bol. Museo Nacional de historia natural Paraguay* 14, (1-2): 1-18.

VAN DER HAMMEN, T. 1995. Global change, biodiversity, and conservation of neotropical montane forest: 603-607.

## ANEXOS

Anexo A. Cálculo del índice de diversidad de Shannon Wiener. Este se refiere al número y a las diferentes clases de individuos en un hábitat determinado. Donde  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$ . El rango de valores entre los cuales se maneja va de 0.0 a 5.0; determinando que si los valores obtenidos se encuentran en un rango menor de 1.0 la diversidad de especies es baja, entre 1.0 a 3.0 la diversidad de especies es media y entre 3.0 a 5.0 la diversidad es alta<sup>161</sup>.

$$H = -\sum p_i \ln p_i ; \text{ donde } P_i = \frac{n_i}{N}$$

$n_i$ = Número de individuos de la especie  $i$

$N$ = Número total de individuos en la muestra.

Para este estudio se tomo a  $n_i$  como la frecuencia de captura de la especie  $i$ , y a  $N$  como la frecuencia del número total de individuos en la muestra.

Anexo B. Cálculo del índice de Simpson. Se refiere a la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos organismos de especies diferentes, donde  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$ <sup>162</sup>.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Anexo C. Cálculo de los números de diversidad de Hill. Identificados como:  $N_1$  y  $N_2$ , los cuales miden el “número efectivo de especies” presentes en una muestra y permiten comparar el número de especies que dominan cuantitativamente en cada sitio de estudio. Según lo siguiente:

$$N_1 = e^{H'}$$

Donde  $H'$  es el índice de diversidad de Shannon. Este número de diversidad mide el número de especies abundantes en la muestra.

$$N_2 = \frac{1}{\lambda}$$

---

<sup>161</sup> MORENO, C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol.1. 84 p.

<sup>162</sup> Ibid.

Donde  $\lambda$  es el índice de Simpson. Este es el número de especies muy abundantes en la muestra<sup>163</sup>.

Anexo D. Cálculo de la equidad de Pielou. Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes<sup>164</sup>.

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}, \text{ donde } H'_{\max} = \ln(S)$$

Anexo E. Cálculo del índice de Jaccard (IJ). Se refiere a las especies comunes que se encuentran en dos lugares muestreados, expresándose por porcentajes. De esta manera demostrará si hay o no similitud entre las zonas.

$$IJ = \frac{c}{a + b - c}$$

- a: Número de especies presentes en el sitio A
- b: Número de especies presentes en el sitio B
- c: Número de especies presentes en ambos sitios A y B

Anexo F. Cálculo del índice de Wittaker. Donde, S: Número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gama) y  $\alpha$ : Número promedio de especies en las muestras (alfa promedio).

$$\beta = \left( \frac{s}{\alpha} \right) - 1$$

Anexo G. Cálculo del índice de complementariedad. El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas. Para obtener el valor de complementariedad, se calcula:

1. La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$S_{AB} = a + b - c$$

donde;  $a$ : es el número de especies del sitio A;  $b$ : es el número de especies del sitio B;  $c$ : es el número de especies en común entre los sitios A y B.

---

<sup>163</sup> MORENO, C. 2001. Op. cit., p. 75

<sup>164</sup> MAGURRAN, A. Ecological diversity and its measurement, en MORENO, C., Op. cit. 75

2. El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$U_{AB} = a + b - 2c$$

A partir de los datos obtenidos se calculará la complementariedad de los sitios A y B mediante la fórmula:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

La complementariedad varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas<sup>165</sup>.

Anexo H. Especies encontradas en bosque altamente conservado y secundario entresacado.

BOSQUE CONSERVADO- BOSQUE SECUNDARIO			
<i>Megalomyrmex sp1</i>	<i>Pachycondila harpax</i>	<i>Brachymirmex sp3</i>	<i>Hypoconera sp3</i>
<i>Adelomyrmex sp 2</i>	<i>Gnamptogenys sp3</i>	<i>Gnamptogenys sp5</i>	<i>Hypoconera sp4</i>
<i>Solenopsis sp1</i>	<i>Camponotus sp1</i>	<i>Pheidole sp20</i>	<i>Gnamptogenys sp4</i>
<i>Pheidole sp1</i>	<i>Pheidole sp10</i>	<i>Pheidole sp21</i>	<i>Labidus sp1</i>
<i>Solenopsis sp2</i>	<i>Pheidole sp11</i>	<i>Apterostigma sp1</i>	<i>Pheidole sp16</i>
<i>Pheidole sp2</i>	<i>Solenopsis sp4</i>	<i>Paratrechina sp3</i>	<i>Cyphomyrmex sp2</i>
<i>Pheidole sp22</i>	<i>Rogeria sp1</i>	<i>Anochetus sp2</i>	<i>Pheidole sp19</i>
<i>Gnamptogenys sp1</i>	<i>Cyphomyrmex sp1</i>	<i>Rogeria sp2</i>	<i>Hypoconera sp2</i>
<i>Pogonomyrmex striatinodus</i>	<i>Paratrechina sp2</i>	<i>Gnamptogenys sp8</i>	<i>Discothyrea sp1</i>
<i>solenopsis sp5</i>	<i>Stenamma sp1</i>	<i>Simopelta sp2</i>	<i>Brachymirmex sp1</i>
<i>Hypoconera sp1</i>	<i>Pheidole sp13</i>	<i>Pachycondila sp3</i>	<i>Brachymirmex sp2</i>
<i>Crematogaster sp1</i>	<i>Pachycondila obscuricornis</i>	<i>Magalomyrmex sp2</i>	<i>Strumigenys sp1</i>
<i>Pheidole sp4</i>	<i>Odontomachus mayi</i>	<i>Pheidole sp6</i>	<i>Paratrechina sp1</i>

<sup>165</sup> COLWEL & CODDINGTON. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation, en MORENO, C. 2000. Op. cit., p. 75.

Anexo I. Especies encontradas en bosque altamente conservado y bosque de más de 15 años de regeneración.

BOSQUE CONSERVADO- BOSQUE EN REGENERACIÓN			
<i>Megalomyrmex sp1</i>	<i>Brachymyrmex sp2</i>	<i>Pheidole sp13</i>	<i>Apterostigma sp1</i>
<i>Adelomyrmex sp 2</i>	<i>Pheidole sp5</i>	<i>Odontomachus mayi</i>	<i>Paratrechina sp3</i>
<i>Solenopsis sp1</i>	<i>Hylomirma sp1</i>	<i>Hypoponera sp3</i>	<i>Anochetus sp1</i>
<i>Pheidole sp1</i>	<i>Strumigenys sp1</i>	<i>Hypoponera sp4</i>	<i>Anochetus sp2</i>
<i>Solenopsis sp2</i>	<i>Paratrechina sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp4</i>	<i>Rogeria sp2</i>
<i>Pheidole sp2</i>	<i>Pheidole sp6</i>	<i>Pheidole sp14</i>	<i>Pachycondila sp3</i>
<i>Pheidole sp22</i>	<i>Pachycondila harpax</i>	<i>Pheidole sp16</i>	<i>Magalomyrmex sp2</i>
<i>Gnamptogenys sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp3</i>	<i>Paratrechina sp2</i>	<i>Cyphomyrmex sp2</i>
<i>Pogonomyrmex striatinodus</i>	<i>Camponotus sp1</i>	<i>Stenamma sp1</i>	<i>Pheidole sp19</i>
<i>Pachycondila obscuricornis</i>	<i>Pheidole sp10</i>	<i>Gnamptogenys sp9</i>	<i>Brachymyrmex sp3</i>
<i>Magalomyrmex bidentatus</i>	<i>Pheidole sp11</i>	<i>Brachymyrmex sp1</i>	<i>Pheidole sp20</i>
<i>Hypoconera sp1</i>	<i>Solenopsis sp4</i>	<i>solenopsis sp5</i>	<i>Stegomyrmex sp1</i>
<i>Pheidole sp4</i>	<i>Rogeria sp1</i>	<i>Hypoconera sp2</i>	

Anexo J. Especies encontradas en bosque secundario entresacado y bosque de más de 15 años de regeneración.

BOSQUE SECUNDARIO- BOSQUE EN REGENERACIÓN			
<i>Megalomyrmex sp1</i>	<i>Pheidole sp4</i>	<i>Pheidole sp11</i>	<i>Hypoconera sp4</i>
<i>Adelomyrmex sp 2</i>	<i>Hypoconera sp2</i>	<i>Pheidole sp12</i>	<i>Gnamptogenys sp4</i>
<i>Solenopsis sp1</i>	<i>Brachymyrmex sp1</i>	<i>Acantoponera sp1</i>	<i>Pheidole sp 15</i>
<i>Pheidole sp1</i>	<i>Brachymyrmex sp2</i>	<i>Solenopsis sp4</i>	<i>Pheidole sp16</i>
<i>Solenopsis sp2</i>	<i>Strumigenys sp1</i>	<i>Rogeria sp1</i>	<i>Pheidole sp17</i>
<i>Pheidole sp2</i>	<i>Gnamptogenys sp2</i>	<i>Paratrechina sp2</i>	<i>Basicerotini sp 1</i>
<i>Pheidole sp22</i>	<i>Atta sp1</i>	<i>Stenamma sp1</i>	<i>Cyphomyrmex sp2</i>
<i>Gnamptogenys sp1</i>	<i>Paratrechina sp1</i>	<i>Pseudomyrmex sp1</i>	<i>Pheidole sp19</i>
<i>Pogonomyrmex striatinodus</i>	<i>Pheidole sp6</i>	<i>Hypoconera sp5</i>	<i>Brachymyrmex sp3</i>
<i>Pachycondila obscuricornis</i>	<i>Pachycondila harpax</i>	<i>Pheidole sp24</i>	<i>Pheidole sp20</i>
<i>Hypoconera sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp3</i>	<i>Pheidole sp13</i>	<i>Apterostigma sp1</i>
<i>Pheidole sp3</i>	<i>Camponotus sp1</i>	<i>solenopsis sp5</i>	<i>Gnamptogenys sp7</i>
<i>Rogeria sp2</i>	<i>Pheidole sp9</i>	<i>Odontomachus mayi</i>	<i>Paratrechina sp3</i>
<i>Labidus sp2</i>	<i>Pheidole sp10</i>	<i>Hypoconera sp3</i>	<i>Procryptocerus sp1</i>
<i>Trachymyrmex sp1</i>	<i>Magalomyrmex sp2</i>	<i>Pachycondila sp3</i>	<i>Anochetus sp2</i>
<i>Pheidole sp28</i>			

Anexo k. Ubicación habitacional de las morfoespecies en los estados sucesionales. Presencia (1), ausencia (0).

Morfoespecie	BOSQUES			Morfoespecie	BOSQUES		
	Conservado	Secundario	Regeneración		Conservado	Secundario	Regeneración
<i>Megalomyrmex sp1</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp13</i>	1	1	1
<i>Adelomyrmex sp 2</i>	1	1	1	<i>Pachycondila obscuricornis</i>	1	1	1
<i>Solenopsis sp1</i>	1	1	1	<i>Odontomachus mayi</i>	1	1	1
<i>Pheidole sp1</i>	1	1	1	<i>Hypoponera sp3</i>	1	1	1
<i>Solenopsis sp2</i>	1	1	1	<i>Hypoponera sp4</i>	1	1	1
<i>Pheidole sp2</i>	1	1	1	<i>Gnamptogenys sp4</i>	1	1	1
<i>Pheidole sp22</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp14</i>	1	0	1
<i>Gnamptogenys sp1</i>	1	1	1	<i>Magalomyrmex bidentatus</i>	1	0	1
<i>Pogonomyrmex striatinodus</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp 15</i>	0	1	1
<i>solenopsis sp5</i>	1	1	1	<i>Labidus sp1</i>	1	1	0
<i>Camponotus tanaemyrmex</i>	0	0	1	<i>Pheidole sp16</i>	1	1	1
<i>Hypoconera sp1</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp17</i>	0	1	1
<i>Solenopsis sp3</i>	0	1	0	<i>Basicerotini sp 1</i>	0	1	1
<i>Pheidole sp3</i>	0	1	1	<i>Cyphomyrmex sp2</i>	1	1	1
<i>Crematogaster sp1</i>	1	1	0	<i>Pheidole sp18</i>	1	0	0
<i>Pheidole sp4</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp19</i>	1	1	1
<i>Hypoconera sp2</i>	1	1	1	<i>Brachymirmex sp3</i>	1	1	1
<i>Stegomyrmex sp1</i>	1	0	1	<i>Discothyrea sp2</i>	1	0	0
<i>Reina Discothyrea sp1</i>	1	1	0	<i>Protaladris armata</i>	1	0	0
<i>Brachymirmex sp1</i>	1	1	1	<i>Gnamptogenys sp5</i>	1	1	0
<i>Brachymirmex sp2</i>	1	1	1	<i>Eciton sp1</i>	1	0	0
<i>Pheidole sp5</i>	1	0	1	<i>Pheidole sp20</i>	1	1	1

Morfoespecie	BOSQUES			Morfoespecie	BOSQUES		
	Conservado	Secundario	Regeneración		Conservado	Secundario	Regeneración
<i>Magalomyrmex sp2</i>	1	0	0	<i>Mirmelachista sp1</i>	0	1	0
<i>Hylomirma sp1</i>	1	0	1	<i>Pheidole sp21</i>	1	1	0
<i>Strumigenys sp1</i>	1	1	1	<i>Gnamptogenys sp6</i>	0	0	1
<i>Gnamptogenys sp2</i>	0	1	1	<i>Apterostigma sp1</i>	1	1	1
<i>Atta sp1</i>	0	1	1	<i>Gnamptogenys sp7</i>	0	1	1
<i>Paratrechina sp1</i>	1	1	1	<i>Paratrechina sp3</i>	1	1	1
<i>Pheidole sp6</i>	1	1	1	<i>Lachnomyrmex sp1</i>	0	1	0
<i>Pachycondila harpax</i>	1	1	1	<i>Procryptocerus sp1</i>	0	1	1
<i>Pheidole sp7</i>	0	0	1	<i>Reina Pachycondila sp1</i>	0	0	1
<i>Gnamptogenys sp3</i>	1	1	1	<i>Anochetus sp1</i>	1	0	1
<i>Camponotus sp1</i>	1	1	1	<i>Heteroponera sp1</i>	0	1	0
<i>Pheidole sp8</i>	0	0	1	<i>Mirmecocrypta sp1</i>	1	0	0
<i>Pheidole sp9</i>	0	1	1	<i>Proceratium sp1</i>	0	0	1
<i>Pheidole sp10</i>	1	1	1	<i>Acanthognathus sp1</i>	0	0	1
<i>Pheidole sp11</i>	1	1	1	<i>Anochetus sp2</i>	1	1	1
<i>Pheidole sp12</i>	0	1	1	<i>Rogeria sp2</i>	1	1	1
<i>Acantoponera sp1</i>	0	1	1	<i>Labidus sp2</i>	0	1	1
<i>Solenopsis sp4</i>	1	1	1	<i>Trachymirmex sp1</i>	0	1	1
<i>Rogeria sp1</i>	1	1	1	<i>Gnamptogenys sp8</i>	1	1	0
<i>Cyphomyrmex sp1</i>	1	1	0	<i>Piramica raptans</i>	0	1	0
<i>Paratrechina sp2</i>	1	1	1	<i>Pheidole sp23</i>	1	0	0
<i>Stenamma sp1</i>	1	1	1	<i>Piramica sp2</i>	0	0	1
<i>Labidus sp3</i>	1	0	0	<i>Simopelta sp2</i>	1	1	0
<i>Pseudomyrmex sp1</i>	0	1	1	<i>Pheidole sp27</i>	0	1	0
<i>Hypoponera sp5</i>	0	1	1	<i>Pachycondila sp2</i>	1	0	0

Morfoespecie	BOSQUES			Morfoespecie	BOSQUES		
	Conservado	Secundario	Regeneración		Conservado	Secundario	Regeneración
<i>Reina Monomorium sp1</i>	0	1	0	<i>Pheidole sp28</i>	0	1	1
<i>Gnamptogenys sp9</i>	1	0	1	<i>Pachycondila apicalis</i>	0	0	1
<i>Acanthognathus teledectus</i>	1	0	0	<i>Pachycondila sp3</i>	1	1	1
<i>Adelomyrmex sp1</i>	0	1	0	<i>Simopelta sp3</i>	1	0	0
<i>Rogeria sp3</i>	1	0	0	<i>Magalomyrmex sp2</i>	1	1	1
<i>Paratrechina sp4</i>	0	0	1	<i>Pheidole sp29</i>	0	0	1
<i>Simopelta sp1</i>	1	0	0	<i>Basicerus sp 1</i>	0	1	0
<i>Pheidole sp24</i>	0	1	1	<i>Linephitema sp4</i>	0	0	1
<i>Pheidole sp25</i>	1	0	0	<i>Pheidole sp30</i>	0	0	1
<i>Strumigenys sp2</i>	0	0	1	<i>Solenopsis sp6</i>	0	1	0
<i>Linephitema sp1</i>	0	0	1	<i>Mirmelachista sp2</i>	1	0	0
<i>Pheidole sp26</i>	1	0	0	<i>Pheidole sp31</i>	0	0	1
<i>Reina Linephitema sp2</i>	1	0	0	<i>Paratrechina sp5</i>	0	1	0
<i>Procryptocerus sp2</i>	1	0	0	<i>Octostruma sp1</i>	0	1	0
<i>Prionopelta sp1</i>	1	0	0	<i>Octostruma sp2</i>	1	0	0
<i>Linephitema sp3</i>	0	0	1	<i>Octostruma sp3</i>	1	0	0
<i>Gnamptogenys sp10</i>	0	0	1	<i>Pheidole sp32</i>	0	1	0
<i>Pheidole sp33</i>	1	0	0				

Anexo L. Matriz de los datos de las variables bióticas y abióticas en los transectos del bosque altamente conservado, bosque secundario entresacado y el bosque de más de 15 años de regeneración.

VARIABLES	B. altamente conservado		B. secundario entresacado		B. de 15 años de regeneración	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Heterogeneidad del Hábitat	0.7297	0.6282	0.7975	0.6759	0.745	0.7029
Diversidad de altura de los árboles	0.8015	0.7258	0.856	0.725	0.77	0.8223
Densidad de arbustos	0.00029768	0.00010245	0.00007435	0.00014714	0.00014549	0.00029851
Densidad de herbáceas	0.00024841	0.00019802	0.00017889	0.00002667	0.00007865	0.00000016
Número de troncos caídos	313.00000000	568.00000000	286.00000000	366.00000000	216.00000000	296.00000000
Temperatura ambiente	19.85916667	20.00166667	20.39166667	20.59166667	21.42166667	21.87583333
Humedad Relativa	92.21666667	92.66666667	92.29166667	92.83333333	90.01333333	90.88833333
Temperatura del suelo	9.37500000	9.38333333	9.83333333	10.16666667	10.90166667	10.86000000
H' hojarasca	2.761	3.06	3.079	3.085	3.391	2.926
H' total	3.013	3.135	3.123	3.032	3.393	3.348

Anexo M. Especies afines a las morfoespecies encontradas en la Reserva Natural Río Ñambí.

MORFOESPECIES	ESPECIES AFINES
Solenopsis sp1	Solenopsis sp4 Pheidole sp29 Solenopsis sp3
Gnamptogenys sp3	Gnamptogenys sp4 Gnamptogenys sp5 Gnamptogenys sp10
Pheidole sp13	Pheidole sp19
Pheidole sp28	Pheidole sp5
Pheidole sp30	
Hypoconera sp1	Hypoconera sp2 Hypoconera sp4 Hypoconera sp5

Anexo N. Caracteres morfológicos usados para la separación de las morfoespecies.

CARACTER MORFOLOGICO	DESCRIPCIÓN
Cabeza	La forma puede ser distinta, presencia o ausencia de espinas o crestas.
Mandíbulas	Forma, cantidad y disposición de los dientes.
Clípeo	Forma del margen anterior y esculpturación.
Lóbulo antenal	La forma en que se extienden en la parte dorsal.
Escapo antenal	Diferencias en la longitud respecto a la cabeza.
Carina frontal	Puede tener distinta forma, especialmente en el margen externo, el cual se puede prolongar.
Ojos	Forma, tamaño, posición en la cabeza, presentes o ausentes, simples o compuestos.
Esquina occipital	Puede ser distinta, presencia de lóbulos, dientes u otra esculpturación.
Mesosoma	En la parte dorsal se nota la presencia o ausencia de suturas presonotales y surcos mesonotales. La forma del mesosoma en vista lateral puede ser de forma convexa, o tiene ángulos en diferentes partes. En el pronoto se puede hallar dentículos o ángulos a lo largo del margen ventral. La orilla anteroventral de la mesopleura esta frecuentemente bordeada por una carina que puede presentar diferencia en tamaño. Presencia o ausencia de dientes en el propodeo.
Patatas	Diferencias por la cantidad de pilosidad, el tamaño del radio puede ser más ancho, presencia o ausencia de espinas en la tibia o en el tarso.
Peciolo y Postpeciolo	Pueden variar en la forma, en la ausencia o presencia de un pedúnculo. En el borde anteroventral pueden tener o no, un lóbulo o diente.
Gáster	Diferencias en la forma, especialmente en vista lateral, puede ser bastante distintivo si presenta esculpturación. El área ventral se cierra en la unión con el postpeciolo, o puede apoyarse en el primer esternito. Se pueden ver diferencias en la esculpturación, en la parte basal y apical de algún tergito.

Basado en Agosti, D., D. Jonathan, E. Leeanne & T. Schultz<sup>166</sup>

<sup>166</sup> AGOSTI, D., D. JONATHAN, E. LEEANNE & T. SCHULTZ, Op. cit, p. 23