

ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA DE DOS RELICTOS
DE BOSQUE DE ROBLE (*Quercus humboldtii*, Bonpland) CON DIFERENTE GRADO
DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA



VICTORIA EUGENIA CEBALLOS SARRIA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2007

ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA DE DOS
RELICTOS DE BOSQUE DE ROBLE (*Quercus humboldtii*, Bonpland) CON
DIFERENTE GRADO DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA

VICTORIA EUGENIA CEBALLOS SARRIA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Bióloga

Director
Apolinar Figueroa Casas PhD

Asesora
Maria Cristina Gallego Msc.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2007

Nota de aceptación

Director

Apolinar Figueroa Casas Ph.D

Jurado

Jurado

Fecha de sustentación: Popayán,

RESUMEN

Con el objetivo de examinar la distribución de la macrofauna en dos relictos de bosque de roble con diferente grado de intervención antrópica, se realizó un muestreo de suelos empleando la metodología del Instituto TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Institute, Anderson e Ingram, 1993) en la cuenca del Río Palacé de Popayán, Cauca, en los meses de Julio a Septiembre de 2005. La profundidad de muestreo fue hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. Al mismo tiempo se realizaron análisis físicos y químicos de cada suelo.

La comunidad de macroinvertebrados del suelo principalmente lombrices y artrópodos (hormigas y coleópteros) varió de acuerdo al grado de intervención del suelo, encontrándose que las actividades antrópicas si han generado cambios en las comunidades de macrofauna edáfica presentes y aunque la diversidad de los dos bosques reportan datos relativamente altos resultaron ser significativamente diferentes, debido a que cada uno de ellos presentó una riqueza y una identidad de especies diferentes entre sí.

El grupo más abundante en ambos bosques fueron las termitas cuya abundancia se atribuye al hecho de que los individuos colectados pertenecían a nidos encontrados en los dos bosques. Además se encontró una clara relación entre la humedad del suelo y la riqueza de la macrofauna del suelo en el bosque más conservado llamado Las Guacas y en el bosque de Clarete que se considero como el más intervenido el aumento de la riqueza se relacionó con la disponibilidad de nutrientes.

INTRODUCCIÓN

El interior del suelo posee condiciones ambientales drásticamente diferentes a la superficie: aun así, los requerimientos esenciales no son muy distintos. Al igual que los organismos que viven fuera del suelo, las comunidades edáficas necesitan espacio vital, oxígeno, alimento y agua. Sin la presencia y la intensa actividad de los seres vivos, el suelo no se desarrollaría como lo hace (Smith & Smith, 2001).

Los habitantes del suelo, desde los micro, meso y macroorganismos juegan un papel muy importante en los procesos de formación de los suelos y en la fertilidad de los mismos. Entre las funciones de los organismos del suelo están la regulación en los ciclos de nutrientes, descomposición de la materia orgánica, el flujo de energía y de materia al interior del ecosistema, la diseminación y control de la microbiota, el modelamiento de las características físicas del suelo, y además presentan ecológicamente una característica muy importante por su potencial como excelentes indicadores del estado y calidad del suelo debido a su limitada tolerancia a los cambios en las condiciones medioambientales (Marshall *et al*, 1982).

Se ha formulado que la diversidad y abundancia de la fauna de artrópodos del suelo dependen directamente de la cantidad de materia orgánica que se deposita en él; se ha planteado además la idea que las abundancias de estos grupos de organismos pueden reaccionar como un conjunto frente a diversos factores del ecosistema tales como, temperatura, humedad, materia orgánica, etc., y de manera independiente de sus dinámicas poblacionales. (Eisenbeis & Wichard, 1987; Covarrubias *et al.*, 1992; citados por Berrios, P, 2002).

Actualmente el uso inapropiado de las diferentes prácticas tradicionales en el suelo, ha provocado alteraciones drásticas en la estructura de la macrofauna, disminución en la abundancia y el número de especies, cambios en su distribución vertical y horizontal a causa de la pérdida de hábitats naturales, eliminación de las fuentes de alimento, compactación del suelo y cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo; por lo tanto se ha ido cambiando el equilibrio que debe existir entre los organismos del suelo, las plantas y las propiedades del suelo.

El objetivo de este trabajo es realizar un aporte sobre la distribución y abundancia de la macrofauna de los bosques de roble con diferente grado de perturbación antrópica, estimar los patrones de distribución y las relaciones de similitud, diversidad y dominancia entre dichas comunidades y su relación con las características físicas y químicas de cada suelo.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Generalidades

Reyes (1992), indica que entre el 50 y 60% del total de especies descritas en el mundo son insectos, porcentaje que aumenta a 90 si sólo consideramos a las especies terrestres. Los insectos son uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia de la biota terrestre y su alto grado de diversidad es un reflejo directo de sus características biológicas y de su gran habilidad de respuesta hacia la heterogeneidad ambiental. Estudios recientes han demostrado que el 85% de los órdenes pasan por estado de larva o ninfa en su desarrollo. Pero aún es más importante, que el 60% de las plagas que atacan las plantas y animales de importancia económica pasan por estado de larva y en este estado producen los mayores daños, como en lepidoptera, Coleoptera, hymenoptera, díptera y sifonóptera.

Casi todos los grupos de animales y vegetales viven en el suelo y actúan sobre él modificando su composición, su estructura y su funcionamiento. La estructura del suelo es el resultado de las acciones combinadas de biota y clima en el sustrato mineral. Usualmente los animales ayudan a diseminar, buscar y transportar reservas orgánicas para la activación de los microorganismos y éstos, a su vez, transforman complejos orgánicos en moléculas asimilables y de gran valor para la meso y la macrofauna edáfica (Lavelle y Colman, 1984, citados por IGAC, 1995).

Según Amat y Vargas (1991), una de las posibles explicaciones a la diversidad de especies de artrópodos en los páramos de alta montaña es la heterogeneidad espacial, de la cual se pueden considerar dos tipos: una heterogeneidad macroespacial, definida por diferencias en el relieve y otra microespacial relacionada con diferencias tanto en la arquitectura de la vegetación en pequeños espacios, como en la arquitectura del conjunto de las formas de la vida de las especies que conforman un tipo de vegetación.

Chamorro (2001), afirma que la edafofauna en Colombia está agrupada en cinco phylum, 11 clases, 54 órdenes y 274 familias. En la Orinoquia la clase Insecta alcanza la máxima distribución; en el Bosque Amazónico, Insecta y Arácnida y en la zona Andina, especialmente en los páramos, Díptera, Collémbola y Acarina. Annelida frecuente suelos intervenidos mejorando sus características físico-químicas y promoviendo la fertilidad del suelo mediante la formación de humus.

1.2. Clasificación de la fauna del suelo

Swift y Anderson (1979) y Stork & Eggleton (1992) (citados por Marín 2000), hacen una clasificación basada en el tamaño:

Microfauna: incluye organismos menores de 0.2 mm de largo, los cuales viven en el agua libre del suelo, usualmente son microdepredadores de microorganismos y otros microinvertebrados o parásitos de plantas; el rango espacial de sus actividades es de micro a milímetros. Los más representativos de este grupo son los protozoa, nematodos y rotíferos.

Mesofauna: incluye microartrópodos, enquitreidos, collémbolos, tisanura y diplura que miden entre 0.2 y 2 mm de largo, los cuales viven y se mueren en el mantillo, hendiduras del suelo y poros. Se alimentan del mantillo y microorganismos.

Macrofauna: incluye lombrices de tierra, termitas, hormigas, coleópteros, diplópodos, dípteros y moluscos que miden más de 2 mm. Son activos en la superficie del suelo, pero se pueden mover o vivir en su interior, para lo cual construyen galerías temporales o semitemporales para su movimiento; además transportan suelo y residuos orgánicos en todo el perfil y crean diversas y conspicuas estructuras. Por este motivo, también son conocidos como los ingenieros del ecosistema (Lavelle *et al.*, 1994).

Los macroinvertebrados también se pueden agrupar en categorías de acuerdo con los recursos que utilizan y su distribución vertical en el suelo. Según Anderson e Ingram (1993), los macroinvertebrados pueden ser:

Epigéicos: que viven y se alimentan del mantillo y cadáveres de otros invertebrados; fragmentan, dispersan y digieren parte de la materia orgánica que llega al suelo participando en su descomposición. En este grupo se incluyen artrópodos saprófagos y pequeñas lombrices pigmentadas; también predadoras de otras especies como chilópodos, hormigas y algunos coleópteros.

Anéxicos: consumen suelo y mantillo pero viven en las capas profundas del suelo, además pueden distribuir cantidades considerables de suelo, elementos minerales y materia orgánica, también realizan excavaciones subterráneas y nidos que le sirven de refugio. Este grupo incluye algunas lombrices pigmentadas y la mayoría de especies de termitas.

Endogéicos: viven en el suelo y se alimentan en su mayor parte de él (geófagos) o de raíces vivas o muertas. Los dos grupos principales son las lombrices no pigmentadas y termitas húmicas. Se subdividen en tres categorías de acuerdo con la cantidad de materia orgánica que ingieren: **Polihúmicos:** su alimento está constituido en su mayor parte por altos contenidos de materia orgánica tomada de los primeros 15 cm del suelo. **Mesohúmicos:**

consumen material con contenidos medios de materia orgánica que son tomadas del mismo medio que las anteriores.

Oligohúmicos: el alimento ingerido preferiblemente son arcillas y bajos contenidos de materia orgánica.

1.3. Principales Grupos de Organismos del Suelo

Phyllum Arthropoda

Los organismos más representativos tanto de la mesofauna como de la macrofauna edáfica pertenecen a los phylla Arthropoda y Annelida. Ellos contribuyen con su trabajo, al desarrollo del suelo y la conservación de su fertilidad. Los collémbolos y los ácaros constituyen las mayores poblaciones de artrópodos del suelo. Otros grupos importantes son Myriapoda; en insecta se debe resaltar la actividad de los Isópteros, Dípteros, Himenópteros y muy especialmente los Coleópteros (Chamorro, 2001).

Clase Insecta

Brown (1991) (citado por Camero, 1998 y Chamorro, 2001), calcula que aproximadamente la tercera parte de los insectos del mundo se encuentra en el Neotrópico, especialmente en Brasil, Perú y Colombia; la mayoría son especies endémicas aún no estudiadas, que ocupan microhábitats muy dinámicos donde las perturbaciones menores no causan grandes extinciones.

Orden Hymenoptera

Es uno de los más grandes órdenes de insectos, contiene dos grupos de insectos del suelo de gran importancia: las hormigas y avispas que viven en la tierra.

Las hormigas están entre los más prósperos insectos, ya que aparecen en casi todos los hábitats terrestres. Todas las hormigas son coloniales y sociales con al menos tres castas: reinas, machos y obreras. La mayoría anidan en el suelo. Sus hábitos alimenticios son altamente variables incluyen carnívoras, saprófagas, predadoras de semillas, secreciones de plantas, muchas son omnívoras oportunistas, etc (Coleman & Crossley, 1996). A pesar de su importancia ecológica y número de especies (más de 600), la fauna de hormigas de Colombia permanece pobremente estudiada, limitándose a estudios de tipo económico. En Colombia y en la región Neotropical se encuentran siete de las catorce subfamilias de hormigas vivientes (Fernández, 1991).

Las hormigas constituyen un grupo de gran importancia en ecosistemas naturales y alterados por el hombre siendo adecuadas para su uso como indicadores biológicos (Majer,

1983; Mackay *et al.*, 1989; Cabrera & Jaffe, 1993; Brown, 1989; citados por Armbrecht, 1995).

Orden Coleoptera

Este grupo, con más de 6.000 especies clasificadas taxonómicamente es, al igual que Díptera, el más diverso y abundante de la clase Insecta. Presentan reproducción sexual, en general, y desarrollo holometábolo¹ típico. La duración de sus ciclos de vida, es muy variable: algunas especies tardan varios años en completarlo (Ej. los xilófagos), y otras, tienen de una a varias generaciones al año (Viñuela *et al.*, 1992).

Las larvas de coleoptera se encuentran tanto en sitios terrestres como acuáticos. La gran mayoría son fitófagos, viven dentro o sobre partes de árboles y otras clases de plantas; o en materias en descomposición; o en productos almacenados. Algunas especies son fungívoras, otras son predatoras y un pequeño número parásitos (Eisenbeis & Richard, 1985).

Los coleópteros han colonizado la mayoría de los hábitats donde se encuentran insectos. Debido a su adaptabilidad y diferentes estructuras, los coleópteros tienen hábitats extremadamente diferentes, pero ellos predominan sobre o en el suelo como depredadores o asociados con la materia animal o vegetal en descomposición (Burges & Raw, 1971).

Según Camero y Chamorro (1999), los coleópteros representan en Colombia el 10% de la entomofauna del suelo. En las regiones naturales de Colombia, con excepción del Caribe, se han identificado 51 familias; la mayoría de ellas -mayor diversidad- habita en los bosques altoandinos, pero es en los bosques húmedos tropicales donde se encuentran las poblaciones de mayor riqueza. Estas diferencias en diversidad y riqueza se deben a las características propias de los suelos de cada región, así como al uso y manejo de los ecosistemas.

Pinzón (1976) (citado por IGAC, 1995) realizó un estudio en la Sabana de Bogotá con el escarabajo estercolero, demostrando que la clase de suelo es importante para el desarrollo y actividad de este organismo; sus estados inmaduros y adulto modifican el suelo al abrir canales y túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación; la construcción de crotovinas por dichos organismos incorpora materia orgánica en los horizontes inferiores; además, los materiales excretados por los escarabajos aumentan los niveles de fósforo y potasio aprovechables en la relación suelo-planta.

¹ Que sufren una metamorfosis completa durante el desarrollo, con etapas distintas larvarias, pupales y adultas.

Orden Isoptera

Se conocen aproximadamente 2.500 especies de termitas, las cuales se distribuyen geográficamente entre los 45 grados norte y los 45 grados sur, siempre y cuando el suelo no presente acidez ni saturación de agua extremas, como tampoco ausencia de cobertura vegetal.

Las termitas construyen sus propios hábitats o termiteros hasta de nueve metros de altura y con posibilidades de funcionamiento máximo de 60 años. Esta característica ecológica hace de las termitas grupos dominantes en suelos tropicales, donde introducen modificaciones físicas a través de la selección y redistribución de las partículas minerales; dichos cambios se reflejan en las texturas finas dominantes de los horizontes superficiales y en los materiales para la construcción de sus nidos (Chamorro, 1999).

Las termitas son los mayores descomponedores en ecosistemas tropicales, responsables de la mineralización de aproximadamente el 30% de la producción primaria neta en algunos sistemas y de la descomposición del 60% de la material caído (Brussaard *et al*, 1997). Además son insectos muy frágiles y en ocasiones no soportan prácticas como la tala de la vegetación, quema y establecimiento de cultivos, por lo que han sido identificadas como un grupo clave para indicar cambios en la calidad del suelo (Stork & Eggleton, 1992 y Lavelle, 1996; Feijoo y Knapp., 1998, citados por Marin, 2000).

Orden Lepidoptera

Solamente los estados larvales y pupales de las mariposas tienen relación directa aunque pasiva con el ambiente edáfico. Muchos de ellos, transitorios, pertenecen a las familias Sphingidae, Noctuidae y Aegeriidae. Los estados inmaduros de estas familias, junto con Gelechiidae, Hepialidae e Incurvaridae se alimentan en el suelo con evidencia de hábitos fitófagos (IGAC, 1995). Las larvas se alimentan del follaje, tallos, raíces y frutos de plantas, mientras algunas especies hacen túneles en tallos, frutos y hojas y se denominan minadores. Otras especies son depredadoras de otros insectos, especialmente escamas y piojos de las plantas (Eisenbeis & Richard, 1985).

El desarrollo larvario suele ser rápido y puede haber varias generaciones al año. Generalmente las larvas viven aisladas, pero en algunas especies se asocian, ya sea temporalmente mientras son jóvenes, o durante toda su vida, y en este último caso suelen formar nidos sedosos, en cuyo interior se desarrollan (Viñuela *et al*, 1992).

Clase Arachnida

Los escorpiones, las arañas, los pseudoescorpiones y los ácaros conforman el mayor grupo depredador del suelo; generalmente, habitan el horizonte orgánico cuando existe y la vegetación superficial (Chamorro, 2001).

Orden Acari

Los ácaros constituyen un grupo riquísimo de especies, generalmente pertenecientes a la mesofauna. En su ámbito se reconocen formas que se alimentan de detritos vegetales o de hongos y otras que, en cambio, son depredadoras. Además, de los ácaros, otros grupos de arácnidos de interés edáfico son los pseudoescorpiones, los opiliónidos y los araneidos. Se trata de grupos de régimen carnívoro, a menudo de comportamiento territorial (Parisi, 1979).

Los ácaros son más diversos que ningún otro grupo de artrópodos del suelo, incluyendo insectos, y esto se encuentra reflejado en la diversidad de hábitos alimenticios del grupo. Los ácaros del suborden Oribatida y Gamasida han sido relativamente bien estudiados en Europa en suelos agrícolas (Brussaard *et al*, 1997).

Clase Diplopoda

Los diplópodos son un grupo de saprófagos de amplia distribución. La mayoría son consumidores de materia orgánica en bosques tropicales y también habitan regiones áridas y semiáridas a pesar de su dependencia a la humedad (Coleman & Crossley, 1995).

Los diplópodos consumen hojas de poco valor nutritivo y excretan sus residuos sin ningún cambio químico relativo, pero en tal grado de fragmentación, que son fácilmente colonizadas y aprovechadas por los microorganismos; ellos son descomponedores primarios (Davis y Sutton, 1977; citados por IGAC, 1995).

Clase Chilopoda

Los chilopodos son depredadores comunes en el suelo y hojarasca, pero algunos pueden ingerir hojarasca ocasionalmente, son rápidos corredores y capturan pequeñas presas como collembolos. Como los diplópodos, los chilopodos pierden agua a través de su cutícula en bajas humedades relativas. Ellos evitan la desecación buscando hábitats húmedos y ajustando su actividad diurna a periodos húmedos (Coleman & Crossley, 1995).

Phylla Annelida

Se conocen alrededor de 4.500 especies de lombrices de tierra identificadas taxonómicamente; el 92% son endémicas o de distribución restringida y solamente el 8% son peregrinas o de amplia distribución en el globo terráqueo; las zonas desérticas y los nevados son prácticamente las únicas limitantes naturales para su migración (Chamorro, 2001). Las especies endémicas o nativas requieren para su adaptación y permanencia sistemas edáficos equilibrados, los cuales generalmente están preservados geográficamente por cuerpos de agua (lagos, ríos) y relieves montañosos (Chamorro, 1999).

Debido a su cuerpo frágil, su modo de vida, y su limitada movilidad espacial las lombrices son altamente susceptibles a un número de factores bióticos y abióticos que afectan sus condiciones de vida y su actividad en el suelo. Los factores más importantes son suministro de comida (energía y nutrientes), regímenes de humedad y temperatura, y textura y estado químico del suelo (Makeschin, 1997).

Las lombrices tienen pronunciados efectos en la estructura del suelo como consecuencia de sus actividades de excavación y también por su ingestión de suelo. Son responsables de una considerable mezcla de las capas superiores del suelo –bioturbación²–, una actividad donde rivalizan solo con hormigas y termitas (Daniel & Anderson, 1992; citado por Coleman & Crossley, 1995).

Además de las funciones atribuidas a las lombrices de tierra, éstas son consideradas indicadores biológicos de alta sensibilidad ante la presencia de contaminantes, especialmente agroquímicos.

Phylla Mollusca

En realidad, en muchos suelos, los moluscos (gasterópodos pulmonados) presentan biomasa desdeñables o poco importantes. Sin embargo, en diversos biótupos desempeñan papeles notables en la red trófica y sirven para caracterizar determinadas condiciones microambientales (Parisi, 1979).

La importancia edáfica de estos organismos, radica en el aporte de grandes cantidades de residuos vegetales desmenuzados, macerados y pre-digeridos, como un preámbulo al desarrollo de los ciclos bioedafológicos. Los gasterópodos omnívoros y zoófagos contribuyen a enriquecer las cadenas alimenticias del sistema, en tanto que los carroñeros incorporan materia orgánica al suelo; la producción de sus abundantes secreciones mucosas propicia la formación de agregados del suelo muy bien estructurados y estables a la acción del viento y del agua; en estas condiciones el material mucoso se convierte en un medio propicio para el asentamiento y desarrollo de la microflora del suelo (Chamorro, 2001).

La acidez o alcalinidad del suelo probablemente tienen un escaso efecto directo sobre la distribución de los caracoles y babosas. El factor esencial, que afecta a los animales, es el suplemento de iones calcio en el alimento de las plantas, y la aparente relación entre el pH del suelo y la distribución de los caracoles y babosas se debe a que las plantas que crecen en los suelos ácidos contienen poco calcio. Así pues, la eficacia con que las plantas de las que se alimentan pueden extraer el calcio del suelo, más que el pH del suelo, pueden influir en la distribución de algunos moluscos terrestres (Newell, 1971).

² Mezcla del suelo que realizan los organismos que viven en él.

1.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son un conjunto de herramientas (equipos y programas) que tienen la capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales de aquellos que tengan referencias geográficas (coordinadas), que pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en el diseño de mapas o coberturas temáticas que permitan visualizar y analizar de forma integrada los datos originales y no como entidades individuales. Los dos tipos de datos que constituyen toda característica geográfica (espacial y descriptiva) son combinados en los SIG permitiendo analizar su interacción dentro de un mapa o entre varios mapas, y obtener uno nuevo con características propias. (Cigliano, *et al.*, 1999).

1.4.1 Aplicaciones de un SIG en el medio ambiente.

Las soluciones a muchos de los problemas ambientales requieren procesar diferentes tipos de información. Los SIG permiten almacenar y manipular la información usando la geografía como enlace, para descubrir patrones, relaciones y tendencias en la información, cuyo análisis contribuye a tomar mejores decisiones (Parra *et al.*, 1997).

Los SIG se están aplicando en el medio ambiente y en el estudio de la biodiversidad, haciendo de estos una herramienta fundamental para las Corporaciones Regionales y demás entidades ambientales en la toma de decisiones. Los SIG son utilizados para soportar las estrategias de protección para medio ambiente; también para producir mapas, inventarios de especies, medidas de impacto ambiental, caracterización de escenarios y otras como son (Parra *et al.*, 1997): estudio y manejo de ecosistemas, manejo de basuras, administración de emergencias, monitoreo de áreas de protección, distribución de especies, manejo de áreas costeras, monitoreo de la calidad de las aguas. En los últimos años se han usado imágenes de satélite para inventariar y monitorear los cultivos, lo que permite hacer análisis de crecimiento, de producción, predicciones de demanda y abastecimiento, conflictos en el uso del suelo etc.

2. ANTECEDENTES

Se han realizado numerosos estudios sobre la fauna edáfica de bosques en las regiones templadas. Algunos de los primeros estudios citados por Burges y Raw (1971) son: Ramann (1911) quien hizo un estudio preliminar de la fauna de algunos bosques alemanes; Pillai (1922) estudió la fauna del mantillo de un bosque de pinos de Baviera y Pfitzen (1925) en Alemania. Ulrich (1933) comparó la fauna edáfica de un bosque de abetos³ en el que el mantillo se descomponía muy lentamente, en comparación con un bosque de hayas⁴ y robles mezclados en el cual el mantillo se descomponía con mayor rapidez; Bornebusch (1930) estudió la fauna edáfica de los bosques de roble, hayas y abetos en Dinamarca encontrando que las comunidades edáficas de los suelos de bosques están estrechamente asociadas con un tipo particular de suelo y su vegetación. La fauna de los bosques de hoja caduca (roble y haya) con una formación de humus mull⁵, estaba caracterizada por las lombrices de tierra que constituían el 50-80% de la biomasa total. Los grupos dominantes de artrópodos eran los Diplópodos, Júlidos y Gloméridos; los Isópodos y Coleópteros, Carábidos, Estafilinidos y larvas de Elatéridos.

La información sobre los artrópodos de bosques tropicales es relativamente escasa. Williams (1941) (citado por Burges y Raw, 1971) describió la fauna del suelo de una pluviselva⁶ de Panamá en la cual encontró representantes de siete clases de artrópodos, crustáceos, arácnidos, paurópodos, diplópodos, quilópodos, sílfidos e insectos. En conjunto fueron determinadas 289 especies, incluidas 67 especies nuevas, 20 géneros nuevos y una familia nueva y se supuso que, como mínimo, habían 100 especies más todavía no identificadas.

García y Chamorro (1994) encontraron que en la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate-Colombia el mayor porcentaje del total de individuos lo constituyeron Acarí (63%), Collémbola (8.1%), Díptera (6%) y Coleoptera (5%). El perfil de suelo con mayor densidad de organismos fue el horizonte orgánico y la distribución temporal de la edafofauna probablemente fue influenciada por la precipitación, entre otros factores.

³ Pertenecen a la familia de las Pináceas, son árboles de gran desarrollo (en ejemplares adultos, 40 m o más), de forma normalmente cónica.

⁴ Pertenecen a la familia de los robles, las Fagáceas, tienen un porte robusto y de gran talla, alcanzando los 35 ó 40 metros con un tronco recto.

⁵ Suelo en el cual la materia orgánica se encuentra íntimamente mezclada con el suelo mineral.

⁶ Formación boscosa caracterizada por una vegetación exuberante y temperaturas y precipitaciones relativamente altas durante todo el año

En otro estudio llevado a cabo en la misma región por Salamanca y Chamorro (1994) se encontró que en el nivel epigeo (perfil orgánico) fue donde se albergó la mayor cantidad de organismos (88.84%) compuesta principalmente por artrópodos.

En el Valle geográfico del Río Cauca, se realizó una comparación de la mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) en siete fragmentos de bosque seco tropical, por Armbrecht, (1995) donde reportó que el número de especies fue mayor en los bosques que en sus matrices vecinas. De las 3006 capturas realizadas, 2093 se llevaron a cabo en bosque y 913 en matriz, siendo el número total de especies 137.

Un estudio basado únicamente en poblaciones de lombrices se realizó entre 1995-1997 en áreas de ladera del Departamento del Cauca, por Feijoo *et al.* ellos compararon la diversidad, abundancia y biomasa de las lombrices de la selva de más de 40 años y el pastizal de *Pennisetum clandestinum* en suelos de laderas, y encontraron 17 especies de lombrices, la riqueza fue siempre mayor en la selva y la densidad fue mayor en el pastizal.

Decaëns *et al.*, (2001) encontraron en los suelos de los llanos Orientales que las lombrices, las termitas y las hormigas fueron, generalmente, los tres componentes dominantes de las comunidades de macrofauna en las sabanas nativas y en los bosques de galería del Centro de Investigación Agropecuaria Carimagua.

En la última década se han realizado interesantes aportes al tema de los escarabajos copronecrófagos los cuales presentan gran interés ecológico por su rol como degradadores en zonas intervenidas. Uno de estos trabajos fue realizado en un remanente de bosque seco al Norte del Tolima, por Escobar, (1997) donde capturo 30 especies en 4 subfamilias, se registraron cambios en la abundancia de las especies entre los períodos de muestreo (época seca y lluviosa) y en la composición de especies entre zonas con cobertura boscosa y potreros.

Un estudio en el que utilizaron escarabajos saprófagos por su sensibilidad ante los cambios de hábitat, fue realizado por Narváez, (2002) en el Parque Nacional Natural Munchique, Cauca, donde se estudió comparativamente la diversidad y abundancia de los escarabajos en selva y potrero encontrando 11 géneros y 19 especies de Scarabaeinae. La selva expresó la mayor riqueza (18 especies) y abundancia, comparado con el potrero donde se encontraron 13 especies.

Otros de los estudios sobre coleópteros son:

Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de bosque seco tropical y agroecosistemas de Zambrano (Bolívar, Colombia), realizado por Martínez y Rodríguez entre 1993 y 1994. Concluyeron que el bosque seco secundario fue la unidad con mayor número de especies y de individuos superando ampliamente a lo encontrado en plantaciones de *Gmelina* y *Bombacopsis*.

Bioedafología del orden Coleoptera en tres regiones naturales de Colombia, realizado por Camero y Chamorro (1997) caracterizaron hasta nivel de familia los coleópteros colectados en suelos de tres Regiones Naturales de Colombia y los relacionaron con la cobertura vegetal, el uso del suelo y los factores bióticos y abióticos del ecosistema.

Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaenidae) en transeptos de borde-interior de un bosque de la cordillera oriental de los Andes Colombianos, llevado a cabo por Ardila y Fagua. El estudio se realizó entre 1999 y 2000, observaron la dificultad que presentan las especies típicas de bosque para desplazarse a zonas abiertas y los altos índices de abundancia encontrados en el borde.

Sevilla *et al.*, (2002) encontraron que la estructura del orden Coleoptera y su abundancia varió significativamente de acuerdo a los tipos de suelos evaluados, aunque las cifras no muestran una tendencia clara en los siete hábitats. Las especies depredadoras de escarabajos fueron más abundantes en ambientes mejor conservados o estructurados, que en los más impactados.

Muchos de los estudios sobre macrofauna edáfica han sido llevados a cabo en agroecosistemas, algunos son:

Entomofauna asociada a una parcela agroforestal *Borojoa patinoi* Cuatr., *Cedrela odorata* L., *Apeiba aspera* Aubl. e *Inga spectabili* Willd., en la granja de la Universidad del Chocó, Llevado a cabo por Neita, *et al.*, (2000). En total identificaron 126 especies de insectos, de las cuales solamente el 6% es común en las cuatro especies vegetales, la diversidad fue alta y *Borojoa patinoi* fue la especie mejor representada.

Otro trabajo realizado en esta área fue titulado Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la Cuenca alta del río Guamues, Pasto por Coral, (1998). Donde evaluaron la biomasa, abundancia, distribución vertical y diversidad de la macrofauna asociada a tres agroecosistemas (selva secundaria, pradera de kikuyo y cultivo de cebolla). La mayor abundancia se encontró en la selva secundaria y estuvo representada principalmente por miriápodos; la población se encontró principalmente en las capas de mantillo y la diversidad fue mayor que en los otros agroecosistemas.

Marín, (2000) cuantificó la macrofauna en un vertisol bajo cuatro sistemas de labranza en el valle del Cauca. Este estudio permitió reconocer el papel de la macrofauna del suelo como un grupo sensible al impacto de diferentes tipos de labranza.

Uno de los aportes más importantes al conocimiento de las comunidades de edafofauna en Colombia se ha venido realizando en la Universidad Nacional, con la colaboración del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” IGAC y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, en cada una de las regiones Naturales de Colombia:

Orinoquía: sector de Caño Limón (Zuluaga, Arenas y Sánchez, 1992), Bosques Amazónicos: sectores del Bosque Húmedo Tropical Amazónico (Caquetá, Vaupés) en condiciones de no intervención antrópica e intervenidos (caatinga, chacra de yuca brava y pastizal) (IGAC, 1993, 1996), en la zona Andina Sierra Nevada de Santa Marta (Camero, 1998) y en los páramos que circundan Bogotá (citados por Chamorro, C, 1999).

El conocimiento logrado hasta el presente indica que la edafofauna está agrupada en cinco phylum, 11 clases, 52 órdenes y 274 familias. Arthropoda, el phylum más diverso, constituye con Annelida el de más amplia distribución geográfica. Díptera y Coleoptera son los taxa de mayor riqueza.

En cuanto a la diversidad bioedáfica, el conocimiento disponible ubica al bosque húmedo tropical como el ambiente edáfico de mayor importancia comparado con otros ambientes y regiones como el páramo, la Orinoquía y el bosque alto andino.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar la distribución de la macrofauna edáfica de dos relictos de bosque de roble con diferente grado de intervención antrópica.

Objetivos específicos

- Determinar la macrofauna edáfica presente en los parches de bosque de roble.
- Estimar los patrones de distribución y las relaciones de similitud y dominancia entre las comunidades y su interacción con las características fisicoquímicas del suelo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

El corregimiento Las Piedras municipio de Popayán, está localizado a 15 Km al Oriente de la ciudad sobre las cuencas hidrográficas de los ríos Palacé y Cauca, comprende un área de 6.322 ha y lo conforman las veredas Clarete, El Cabuyo, Guacas y San Isidro.

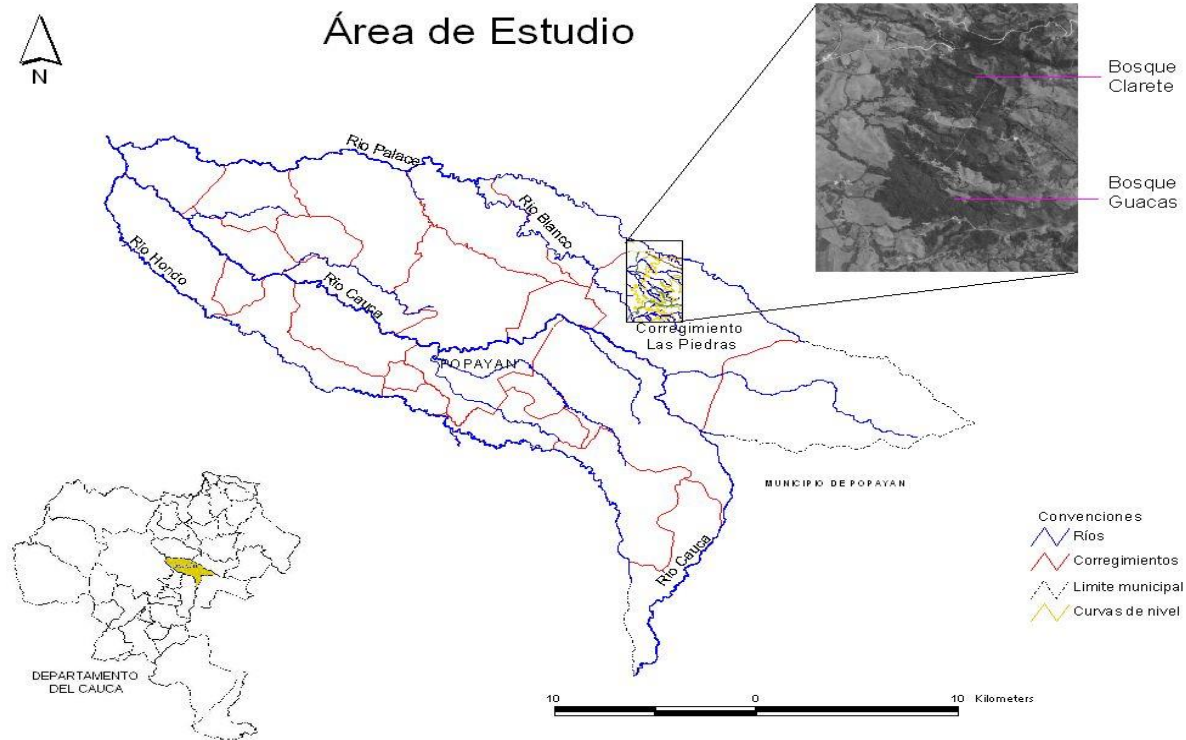
La ventana de estudio para realizar los muestreos de macroinvertebrados edáficos se delimito sobre las veredas Guacas y Clarete entre las coordenadas máximas N: 770.220 – W: 1.059.335 y mínimas N: 765.320 – W: 1.062.581, con un área aproximada de 1585.35 ha, un rango altitudinal de 1800 a 2000 m.s.n.m. En estas cuatro veredas se localizan los bosques naturales con predominio de roble, siendo de mayor área los que se encuentran sobre las microcuencas de Clarete y Río Blanco.

Las veredas Guacas y Clarete se encuentran en un rango altitudinal 1800-2000 m.s.n.m. haciendo parte de la selva subandina según Cuatrecasas (1986), con una temperatura promedio que oscila entre los 16 a 24° C y una precipitación promedio de 2500 mm al año.

Uno de los bosques localizado en la vereda Las Guacas se encuentra a 12 Km al Nor–Este de la ciudad de Popayán, localizado dentro de los predios de la Hacienda Río Blanco, en la vía que de Popayán conduce a la vereda El Cabuyo, con un área de 150 ha y a 1.932 msnm.

El otro bosque localizado en la vereda Clarete, en la vía que de Popayán conduce al municipio de Totoró, ingresando por la finca El Cortijo. Este bosque se extiende desde los predios de la finca ya mencionada hasta la vereda Clarete. Tiene un área de 60ha y a se ubica a los 1900 m.s.n.m (figura 1).

Figura 1. Mapa de localización de la ventana de estudio y de los bosques Guacas y Clarete



4.2 MÉTODOLÓGÍA DE MUESTREO

4.2.1 Localización de los sitios de muestreo

Los dos bosques fueron divididos en tres tipos de macrohábitat: plano, pendiente y cerca de un cuerpo de agua (CCA) para así lograr un muestreo más representativo. Además el muestreo en cada macrohábitat fue al azar y estratificado, de esta manera también se realizó el análisis de la diversidad por cada macrohábitat en general y por estrato.

El trabajo de campo se realizó cada quince días durante tres meses y los puntos de muestreo fueron distribuidos al azar, los cuales debían tener las mismas condiciones de los tres macrohábitats escogidos en cada bosque y donde se tomaban otras tres repeticiones, así obteniendo un total de dieciocho monolitos por bosque cada 30 días.

Los puntos de muestreo se muestran en los mapas a continuación:

Figura 2. Localización de los puntos de muestreo del bosque Las Guacas

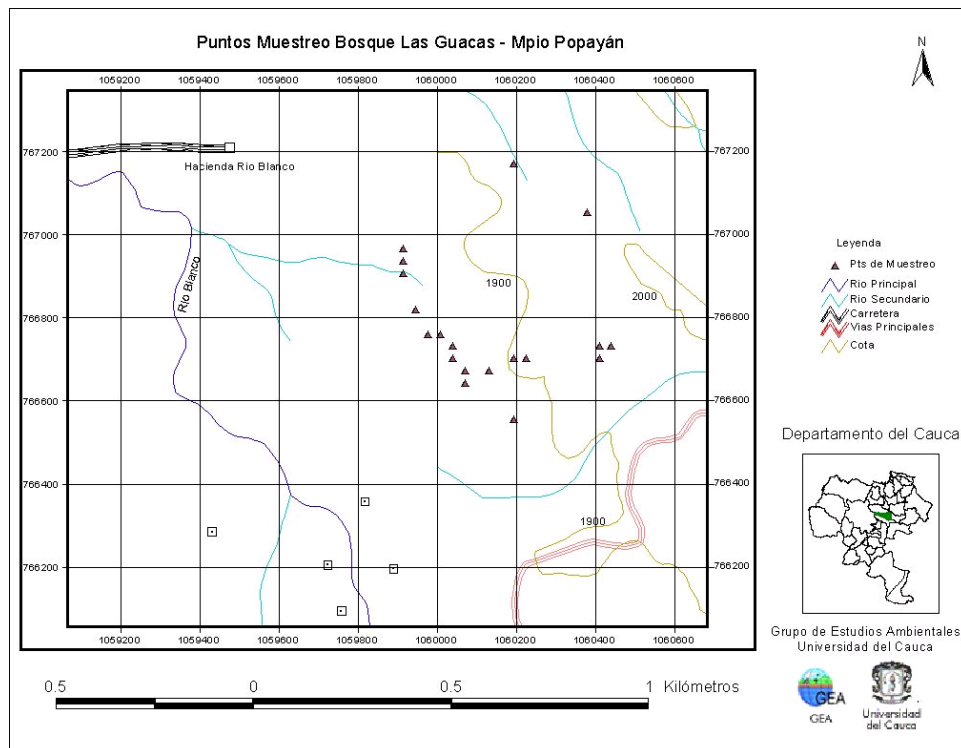
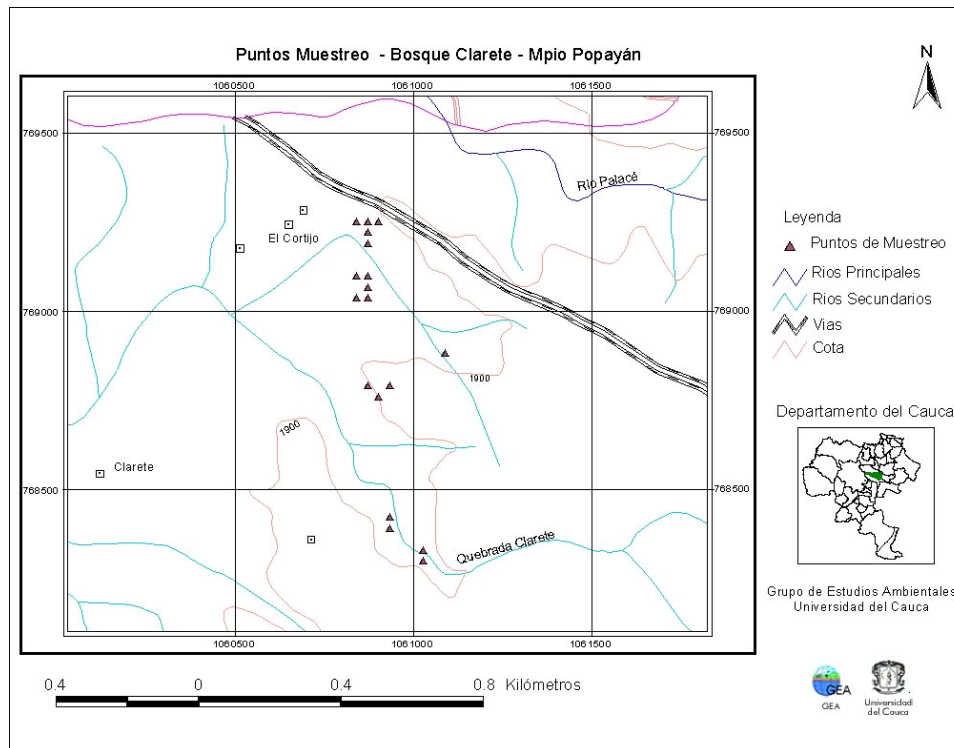


Figura 3. Localización de los puntos de muestreo del bosque Clarete



En la fase de campo se realizaron los muestreos de la siguiente manera:

4.2.2 Muestras de suelo

Se extrajeron muestras del suelo de cada bosque para los análisis de laboratorio, las cuales fueron tomadas de acuerdo con la metodología del manual para toma de muestras del laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca (Bravo y Giraldo, 2003) que consiste en recoger por cada macrohábitat escogido el mismo número de muestras y volumen de suelo las cuales se unifican y así se obtienen muestras compuestas por cada macrohábitat y por cada bosque.

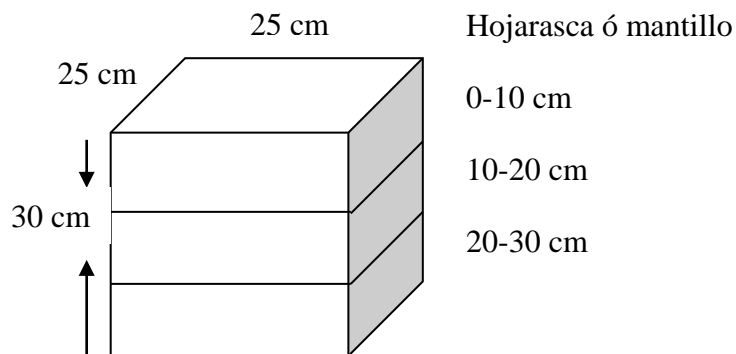
4.2.3 Muestreo de la macrofauna edáfica

El método de muestreo es el recomendado por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993) el cual consiste en:

Delimitar un área de 25 x 25cm llamada monolito (figura 4), luego abrir una zanja alrededor del área para evitar que los animales escapen. Muestrear inicialmente el estrato de la hojarasca de cada monolito colectando manualmente los macroinvertebrados que se

observaban, luego extraer cada 10 cm el volumen de suelo (25x25cm) hasta 30 cm de profundidad. Los organismos se separaron del suelo y se conservaron en bolsas plásticas resellables etiquetadas y con alcohol al 70%.

Figura 4. Metodología de captura de macrofauna edáfica



4.2.4 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de todos los organismos encontrados en los dos bosques se les efectuaron índices de diversidad, similitud y complementariedad para comparar las comunidades de edafofauna presentes y además se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar si existían diferencias significativas entre los datos de diversidad reportados en cada bosque.

Para el índice de Diversidad se utilizó la ecuación de Shannon Wiener (1949) (Moreno, 2001)

$$H' = -\sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

Donde: ni: Número de individuos por género

N: Número total de individuos

El resultado de la aplicación de esta ecuación se confronta con los siguientes valores de diversidad: 0.0-1.5 baja diversidad; 1.6-3.0 mediana diversidad y de 3.1-5.0 alta diversidad.

Para determinar la similitud se empleo la ecuación de Sorensen (Coeficiente de similitud – cualitativo), este índice relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios.

$$S = C / A + B - C$$

Donde: C: Número de especies comunes para dos ecosistemas
A: Número de especies del ecosistema A
B: Número de especies del ecosistema B

Para realizar las curvas de acumulación de especies se utilizó el estimador Chao1 (Escalante, 2003) el cual se basa en la abundancia. Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra.

El estimador se basa en la presencia de especies raras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (*singletons*), y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos (*doubletons*):

$$S_{est} = S_{obs} + F^2/2G$$

Donde:

S_{est} es el número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer.

S_{obs} es el número de especies observado en una muestra.

F es el número de *singletons*

G es el número de *doubletons*.

Para obtener la complementariedad que se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas. Se obtienen primero dos medidas:

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, y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

2. El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios: $U_{AB} = a + b - 2c$

A partir de estos valores se calcula la complementariedad de los sitios A y B

$$C_{AB} = U_{AB}/S_{AB}$$

La complementariedad varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas (Moreno, 2001).

A los datos del análisis físico químico de los suelos se les realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando el programa STATISTICA (versión 5.1, 1997).

Adicionalmente, los muestreos de los diferentes macrohábitats y estratos, fueron comparados para determinar los macrohábitats y estratos de cada bosque con similares abundancias

proporcionales. Para ello se estimó la similitud cuantitativa, calculada como distancia de Bray-Curtis.

4.2.5 Actividades antrópicas

Se determinaron los diferentes usos del suelo alrededor de cada bosque realizando observación directa en cada área de estudio. En cada punto donde se realizaron los monolitos se determinaron las coordenadas geográficas, los tipos de coberturas, los impactos negativos observados, además de algunos registros fotográficos de las áreas de muestreo.

4.3 MÉTODOS DE LABORATORIO

4.3.1 Suelo

Características físicas

Se realizaron análisis físicos de humedad y textura, se efectuaron por personal del laboratorio de Agroquímica de la Universidad del Cauca.

Características químicas

Se analizaron parámetros como: pH, Capacidad de intercambio catiónico, Acidez intercambiable, Calcio (Ca) intercambiable, Magnesio (Mg) intercambiable, Sodio (Na) intercambiable, Materia orgánica, Nitrógeno, Carbono (C), Fósforo (P), Aluminio (Al) intercambiable, C/N, potasio (K) y Ca/Mg intercambiable.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de agroquímica de la Universidad del Cauca. La medición de las características físicas y químicas de los suelos se realizaron con las muestras tomadas en la primera salida de campo.

4.3.2 Macrofauna edáfica

Los organismos colectados fueron separados por taxa para su identificación, conteo, determinar la frecuencia y dominancia con la ayuda de las guías para reconocer ordenes y familias de Serna, (1996) y con la colaboración de los biólogos Vivian Sandoval en Himenópteros, Maria Cristina Gallego Msc. en Miriápodos, Opiliones y otros grupos y Jorge Noriega en Coleópteros.

4.3.3 Procesamiento digital de Imágenes (SIG)

El empleo del SIG se apoyó en el método fotogramétrico⁷, durante el cual se utilizó diferentes software y procedimientos, los cuales se describen a continuación de forma general.

Método fotogramétrico

El procedimiento se centra en la creación de un mapa de coberturas vegetales para la generación del mapa de comunidades vegetales, a partir de fotografías aéreas en la suite LISA⁸, la aplicación ILWIS 3.1⁹ y el software ArcView¹⁰, siguiendo las siguientes pautas:

1. El área de estudio geográfica fue delimitada en la zona nor-oriental del municipio de Popayán, corregimiento Las Piedras, entre las coordenadas máximas N: 770.220 – W: 1.059.335 y mínimas N: 765.320 – W: 1.062.581, en un área aproximada de 1585.35 ha.
2. Recopilación de información espacial disponible del área de estudio a diferentes niveles.

Tabla 1. Insumos cartográficos empleados para el procesamiento fotogramétrico.

INSUMO	ESCALA	FUENTE	DATOS
Fotografía aérea	1:43250	IGAC	Vuelo C2458 (año 1991)
Imagen de satélite		WWF -UAESPNN	Landsat TM escena 958 del año 1999
Mapa base de la subcuenca del río Palacé	1:25000	IGAC-CRC	Año 1999

3. La aerofotografía se escanean por mitades con una resolución no inferior a 600 dpi¹¹ en escala de grises, obteniendo un archivo con la extensión BMP.

Para obtener las imágenes enteras de las fotografías, se procesan los archivos en la plataforma LISA BASE.

⁷ Ciencia que se encarga de extraer información métrica precisa a partir de la aplicación de técnicas geométricas sobre fotografías.

⁸ Software empleado para el procesamiento y administración de la información espacial sobre la base de imágenes raster, uno de sus módulos es LISA BASE, programa básico con todas las funciones esenciales estándar de SIG.

⁹ Herramienta SIG para el procesamiento y análisis de productos generados por sensores remotos.

¹⁰ Herramienta SIG de análisis espacial que ayuda a descubrir y entender mejor las relaciones espaciales de los datos que se tengan, para crear una aplicación integrada.

¹¹ dpi: *dots per inch* (puntos por pulgada), unidad de medida para resoluciones de imágenes.

4. La fotografía aérea y la imagen satelital fueron usados como insumos para el trabajo fotogramétrico, puesto que la fotografía no posee un sistema de coordenadas, se le fueron asignadas con ayuda de la imagen satelital mediante trabajo en el software ERDAS Imagine 8x.

El Grupo de Estudios Ambientales GEA de la Universidad del Cauca dispone de la imagen satelital Landsat TM escena 958 del año 1999 a la cual se asignó previamente (2005)¹² un sistema de coordenadas planas (Transverso de Mercator, con origen Occidente). Este insumo fue adquirido mediante el convenio con la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parque Nacionales Naturales -UAESPNN-, donadas a estos por el Fondo Mundial para la Naturaleza WWF.

El archivo de la fotografía obtenido en LISA BASE de extensión BMP es convertido a extensión TIFF para poder ser empleado en el software ERDAS Imagine 8x., donde se realizó su respectiva rectificación¹³. Para la georeferenciación se identifican puntos de control precisos que puedan ser identificados fácilmente en la foto y la imagen.

5. Con la foto georeferenciada se inicio el proceso de digitalización de las coberturas vegetales en el programa ILWIS 3.1, donde se delimitaron según las categorías determinadas, las cuales se explican más adelante.

Identificación de coberturas y comunidades vegetales

La clasificación de las coberturas y comunidades vegetales naturales y antrópicas se realizó mediante análisis fisiográfico¹⁴. No se aplico una metodología estricta en el proceso de clasificación digital de las coberturas, sino que para obtener información de las coberturas vegetales se definieron las categorías basado en interpretaciones visuales (digitalización en pantalla) de cada unidad o tipo de cobertura.

Las coberturas y comunidades vegetales naturales se clasificaron usando los datos estructurales visibles en las fotografías. El tipo y comunidad vegetal antrópica se tuvo en cuenta el tipo de uso por intervención antrópica.

¹² Joaqui, 2005 y Martínez, 2005.

¹³ La rectificación es el proceso de proyectar los datos en un plano de acuerdo con un sistema de proyección cartográfica

¹⁴ Método de interpretación de sensores remotos que se basa en el análisis de elementos.

Tabla 2. Categorías de clasificación de coberturas y comunidades vegetales naturales y antrópicas.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Bosque denso	Vegetación dominada por especies de árboles con alturas superiores a 6m y con dosel continuo.
Bosque abierto	Vegetación dominada por especies de árboles con alturas superiores a 6m y con dosel abierto o ralo resultado de la presión antrópica. Incluye bosques de galería.
Bosque intervenido	Bosque abierto con especies de árboles y arbustos, asociado a pastizales, rastrojos o cultivos.
Relicto de bosque	Vegetación boscosa que persiste después de una intervención antrópica sobre él, que lo aísla de un bosque más extenso y que presenta un área no mayor a 4 Ha.
Rastrojo	Incluye rastrojo alto y bajo, vegetación herbácea o leñosa que nace por regeneración natural, en un terreno despojado de su cobertura vegetal o dejado sin cultivo por un tiempo.
Pastos con rastrojo	Vegetación de tipo graminoide natural o plantada, con árboles y arbustos, pero en forma dispersa.
Pastos	Vegetación de tipo graminoide natural o plantada.
Cultivos	Vegetación compuesta por especies de uso agrícola y forestal.

Una vez realizada la asignación de tipos de coberturas en las ventanas de estudio se realizó la poligonización¹⁵ de dichas áreas en la aplicación ILWIS 3.1, con lo cual se obtuvo el mapa de comunidades y coberturas vegetales.

4.3.4 Actividades antrópicas

Durante las jornadas de campo se identificaron las actividades antrópicas y sus efectos como la transformación de los ecosistemas naturales de la zona de estudio. Además se reforzó con cartografía (fotointerpretación) y con ayuda del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Popayán. Para evaluar de forma general los impactos de las actividades antrópicas, se aplicó la matriz de Fearo.

¹⁵ Los polígonos (objeto que tiene longitud y ancho), constituye el tipo de datos más común usado en SIG, son regiones limitadas, los límites pueden ser definidos por fenómenos naturales como formas naturales de la tierra, o por fenómenos hechos por el hombre como bosques.

¹⁶ Su nombre deriva de las siglas de la Oficina Federal de Revisión y Análisis Ambientales del Canadá.

Matriz de Fearo

La matriz de Fearo¹⁶ es un método de matrices de interacción, la cual funciona como una lista de control bidimensional, donde se relaciona una lista de actividades antrópicas en el eje vertical y en el eje horizontal los factores ambientales que podrían ser afectados, lo cual permite asignarles en las cuadrículas respectivas los posibles impactos de cada acción sobre los componentes (Figuroa *et al.* 1998).

Los criterios empleados para evaluar el posible efecto son:

- Magnitud:** severidad de cada impacto potencial con relación a su reversibilidad.
- Durabilidad:** Lapso en el que el impacto pueda extenderse.
- Plazo y Frecuencia:** El impacto puede ser a corto, mediano o largo plazo y puede ser intermitente o no.
- Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia.
- Importancia:** Valor asignado al impacto con respecto al área por su estado actual.
- Mitigación:** Soluciones disponibles o factibles a los impactos negativos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Descripción de los sitios de muestreo

Bosque Las Guacas

Las actividades antrópicas más comunes determinadas dentro de este fragmento son: la extracción de madera muy selectiva, el cambio del uso del suelo más específicamente por las obras de infraestructura; este es el caso de las obras de adecuación del nuevo acueducto de la ciudad de Popayán, entre las que se desarrolló la construcción de nuevas vías carretables y trochas para la conducción de la tubería. Esta actividad ha causado impacto en el bosque, pues la vía atraviesa parte del bosque por el borde hasta llegar a la vereda Clarete, originando una serie de impactos como tala y construcción de vías de acceso.

Según el documento de Evaluación de Impacto Ambiental (2002) para el acueducto, y la construcción de la carretera como de la localización de las tuberías y demás, se hizo una remoción de vegetación de 6.400 m² del bosque natural.

En el estudio de composición florística que realizó Alvear (2006) en los dos bosques, encontró que la clase diamétrica comprendida entre 1 y 2.5 cm de diámetro, es la que indica un valor porcentual más alto de individuos para ambos bosques. Estos datos permitieron inferir que las Guacas tiene una leve tendencia a una mayor diversidad diamétrica y con más representantes en las clases mayores con respecto a Clarete; pudiéndose afirmar que Guacas presenta tendencias a ser un bosque más maduro.

El fragmento actualmente está rodeado de potreros sin vegetación, utilizados para la ganadería y algunos cultivos de yuca y fique ubicados a lo largo de la vía principal de acceso al nuevo acueducto. El dosel del fragmento se encuentra por encima de los 20 metros, dándole una característica de sucesión avanzada (Alvear, 2006). Además el hecho de que la mayoría del bosque pertenece a un solo propietario, ha contribuido a la conservación del fragmento, que hace que funcione como una entidad privada donde no ocurre una sobre explotación de los recursos, lo cual ha ayudado a que se mantenga una buena área conservada.

Bosque Clarete

Dentro de las actividades antrópicas encontradas en el bosque se evidencia una fuerte extracción de madera, producción de carbón de roble utilizando los árboles de diferentes estados sucesionales, la tala y quema asociada a la preparación de los terrenos agrícolas ó la ampliación de áreas con fines productivos. De los impactos más significativos están los relacionados con la adecuación de vías de acceso entre las que se reconocieron los senderos y caminos dentro del bosque, uno de los cuales lo atraviesa, empezando en la finca el

Cortijo y terminando en la vereda de Clarete Alto, por el cual se pasaron las tuberías del acueducto veredal. Además en dicha vereda se identificó que los tendidos eléctricos es otra actividad que causa impacto sobre los bosques.

En el interior del fragmento se presentan gran cantidad de claros, por lo tanto se puede decir que se encuentra en un estado sucesional temprano, evidenciado por la gran densidad de árboles con DAP entre 1 y 2.5 cm con respecto a los encontrados en Guacas y sus individuos registraron un área basal mucho más baja (Alvear, 2006). El fragmento se encuentra rodeado por pastizales y cultivos de tomate, plátano, maíz y acelga. Al contrario de Guacas, la pertenencia de este fragmento se encuentra repartida en varios propietarios lo que ha permitido una extracción excesiva de los recursos naturales.

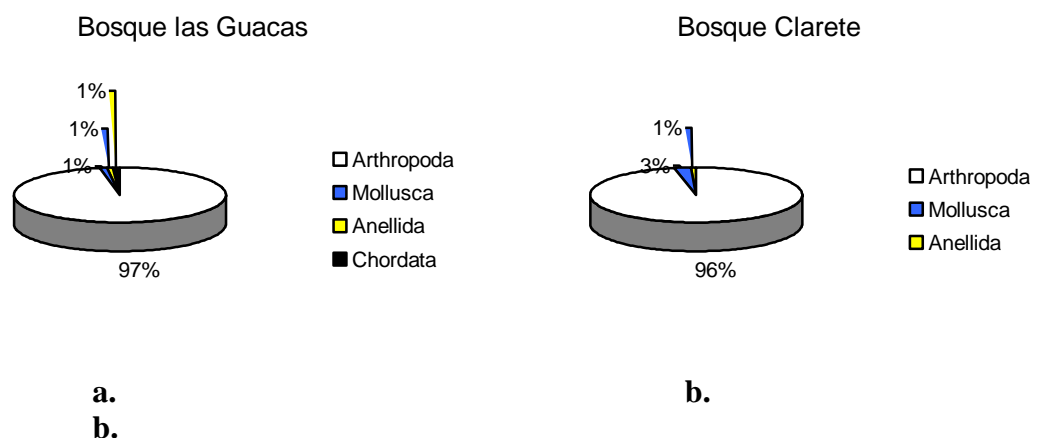
5.2. Diversidad y Abundancia de la Edafofauna

En Guacas se reportaron 1057 individuos pertenecientes a 124 morfoespecies, distribuidos en cuatro phylla: Mollusca, Annélida, Artrópoda y Chordata (figura 5a).

Para Clarete se encontraron 1045 individuos pertenecientes a 115 morfoespecies, distribuidos en tres phylla: Mollusca, Annélida y Artrópoda (figura 5b).

La figura 5 muestra la distribución de los individuos y los porcentajes por phylla en cada uno de los bosques estudiados.

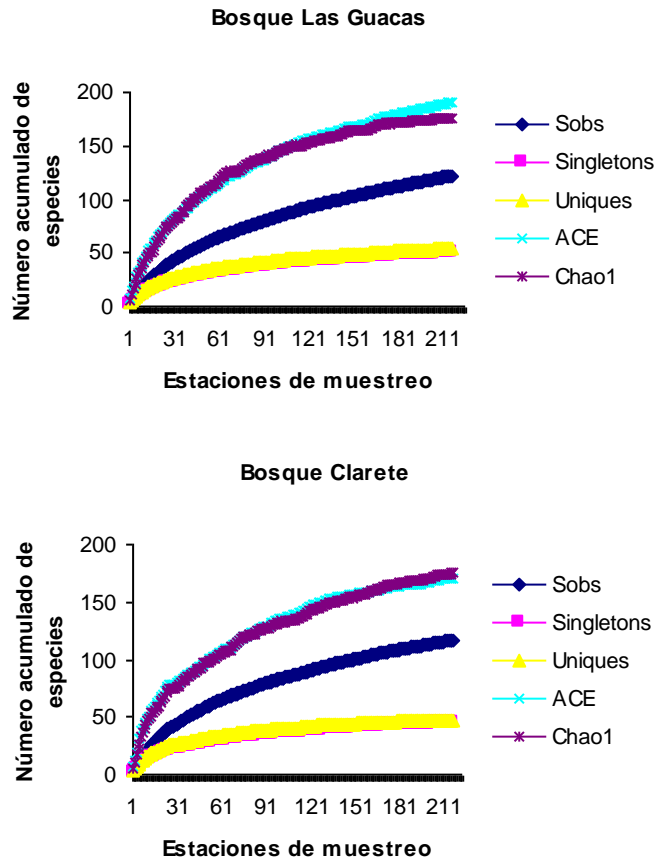
Figura 5. Distribución de los individuos en los bosques estudiados por phylum.



Para estimar la eficiencia de muestreo, se calcularon las curvas de acumulación de especies para cada una de los bosques. Los datos corresponden a 216 estaciones muestreadas durante toda la fase de campo.

Los estimadores empleados fueron Chao 1 y ACE (Abundance Coverage Estimator; Coddington, 2000) los cuales se basan en la abundancia relativa de los individuos que pertenecen a un determinado grupo en una muestra.

Figura 6. Curvas de acumulación de especies para los dos bosques



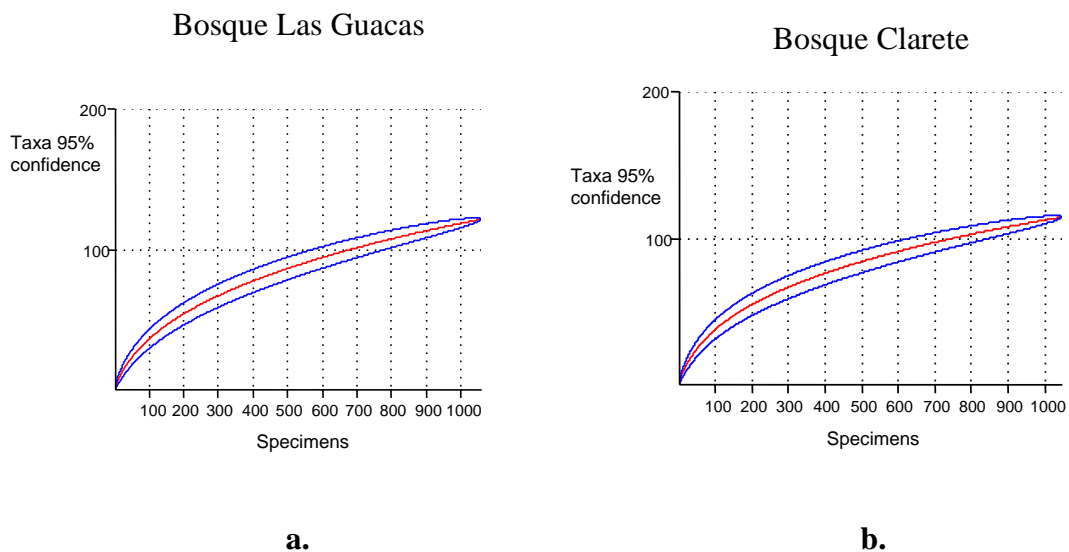
Las curvas de acumulación de especies con los estimadores no paramétricos de riqueza Chao 1 y ACE para el Bosque las Guacas y Clarete, muestran lo que ocurre al comienzo de un muestreo, primero se colectan las especies comunes que se van adicionando rápidamente y por eso la pendiente comienza siendo elevada, a medida que aumenta el número de estaciones empiezan a aparecer las especies raras, lo que hace que las pendientes de las curvas comiencen a estabilizarse acercándose a la asíntota. En este caso las curvas no se estabilizan completamente, sugiriendo que en los bosques falta complementar los muestreos para obtener un valor más aproximado del total de las especies que se albergan en los bosques, sin embargo, se puede decir que se muestreo aproximadamente entre el 66 y 71% de la edafofauna que existe en los dos bosques.

Aunque no se presentan diferencias significativas ($p=0,168$) respecto a la riqueza de especies reportadas en los dos bosques, su identidad cambia y las especies exclusivas son menos en el bosque Clarete, el cual presenta mayor intervención. Cada uno de estos bosques aporta de manera distinta y significativa a la riqueza de especies a la zona muestreada.

Se considera que ecosistemas más maduros como las Guacas son más complejos y diversos, no obstante un territorio con diferentes estados de sucesión, albergará más especies que un área homogénea. La matriz de potrero y cultivos (hortalizas, plátano, frutales) en la cual se encuentra inmerso el bosque Clarete, a diferencia de la matriz de solo potrero que rodea al de las Guacas, puede influir en el intercambio de especies.

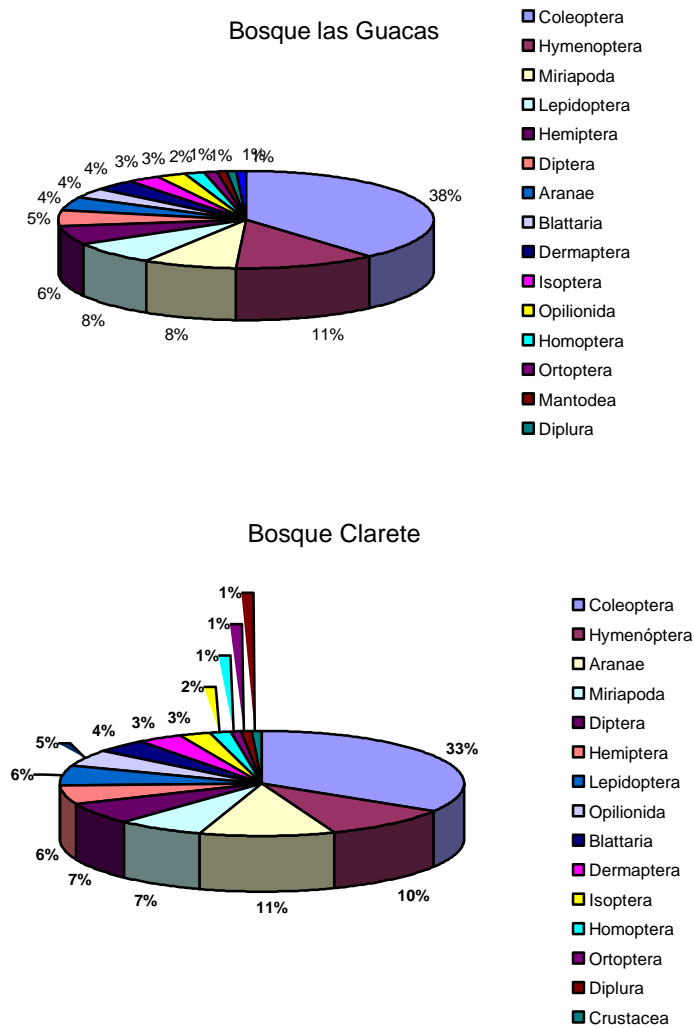
Las diferencias entre los dos bosques, en etapas sucesionales diferentes, Clarete en sucesión temprana y Guacas con una vegetación fisiológicamente más madura (Alvear, 2006), no están dadas por un cambio en las especies dominantes, ya que las mismas tres ó cuatro morfoespecies dominan en los dos bosques, sino por la composición de las especies menos abundantes, que son mayores en Guacas (32), las cuales parecen tener rangos de tolerancia más limitados (figura 7a). En Clarete se presenta menor número de especies menos abundantes posiblemente por efecto de las perturbaciones antrópicas que son mayores y por lo tanto no permiten su establecimiento (figura 7b). En este sentido, la diversidad resultó mayor en las Guacas, indicando una mayor representación de las especies menos abundantes o raras.

Figura 7. Curvas de rarefacción de especies en los bosques estudiados.



El phylum Artrópoda fue el más abundante para los dos bosques, representado en diversos órdenes (figura 8).

Figura 8. Distribución porcentual de los órdenes del phylum Artrópoda en los bosques estudiados.



El análisis de los estimadores de riqueza de Coddington (1994; EstimateS versión 6.0), permite ver que la diversidad regional esta alrededor de las 264 morfoespecies en comparación con las 168 encontradas, obteniendo una eficiencia de muestreo de 63%.

Para el bosque las Guacas el macrohábitat plano registró la mayor riqueza con 73 especies, sin embargo no fue significativamente diferente ($p=0.100$) a los otros. En Clarete los macrohábitats plano y CCA presentaron casi igual número de especies siendo no

significativamente diferentes ($p=0.891$) a la pendiente. Según el estimador CHAO 1, se alcanzó una eficiencia de muestreo entre el 61 y 80% entre los diferentes macrohábitats (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de riqueza y diversidad de especies por fragmentos de bosque y macrohábitats.

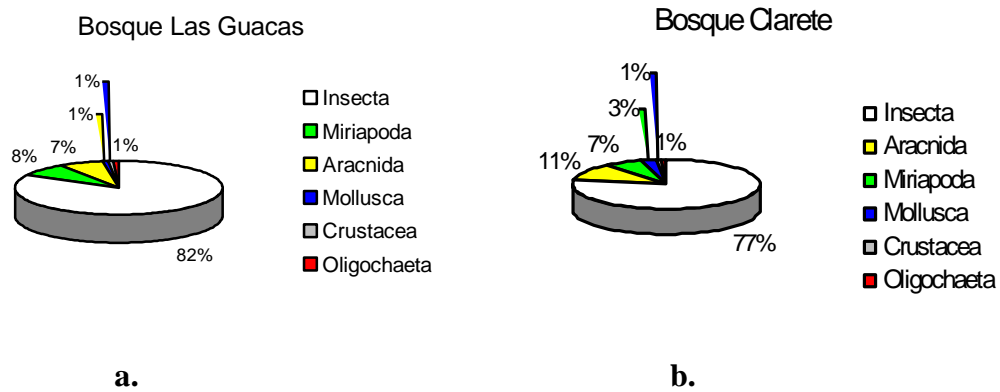
SITIO	spp Obs.	ESTIMADORES				Índice Shannon
		CHAO 1	% eficiencia muestreo	ACE	% eficiencia muestreo	
Las Guacas						
Muestreo total	124	175	71	190	65	3,31
Plano	73	119	61	145	50	3,6
Pendiente	63	79	80	81	78	2,39
Cerca cuerpo de Agua	65	99	66	99	66	3,38
Clarete						
Muestreo total	115	175	66	175	66	3,43
Plano	69	96	72	106	65	3,78
Pendiente	61	92	68	111	58	2,48
Cerca cuerpo de Agua	68	98	70	107	64	3,41
Diversidad regional	168	264	63			
Índice de complementariedad	0.58					

Los valores del índice de diversidad reportan datos relativamente altos para los dos bosques, y resultaron ser significativamente diferentes ($p=0.032$), debido a que cada uno de los bosques presentó una riqueza y una identidad de especies diferentes entre sí.

En las Guacas el 82% de la comunidad está representada por la Clase Insecta, seguida por la clase Miriapoda 8% y Aracnida 7% (Figura 9a). Las otras clases alcanzan apenas a ser un 1% de toda la edafofauna muestreada.

En Clarete el 77% de la comunidad estuvo igualmente representada por la Clase Insecta, seguida por Aracnida con 11% y Miriapoda 4% (Figura 9b).

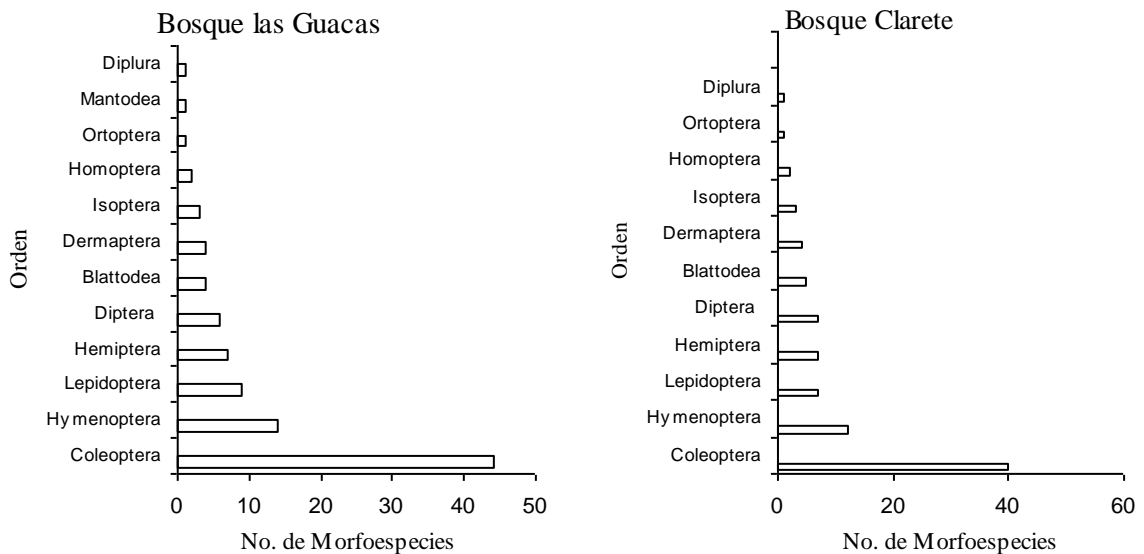
Figura 9. Distribución de los individuos por clases en los dos fragmentos de bosque.



La clase Insecta es dominante ya que presenta un alto grado de diversidad ecológica y un gran número de órdenes. Además, por sus características biológicas y por su gran habilidad de respuesta hacia la heterogeneidad ambiental logran colonizar gran diversidad de hábitats, los cuales en los dos bosques está representados por las diferencias en el relieve, dando como resultado una geomorfología variada y también por las diferencias tanto en la arquitectura de la vegetación en los espacios muestreados y en el conjunto de las especies que la conforman, brindando la heterogeneidad espacial que favorece la dominancia de los insectos.

Dentro de la clase Insecta, los órdenes Coleoptera e Hymenoptera fueron los más representativos en los dos bosques (Figura 10), por lo tanto la discusión de los resultados se enfocará principalmente en estos dos grupos.

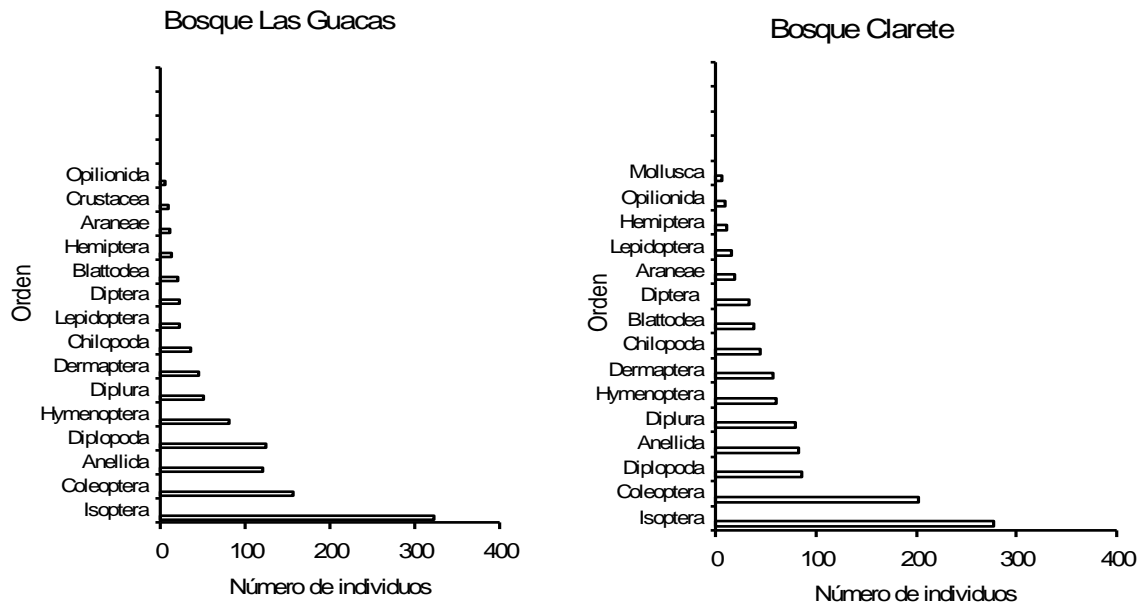
Figura 10. Distribución de los individuos por órdenes en la Clase Insecta



Los coleópteros son el orden más grande de la clase Insecta y a su vez uno de los más abundantes del suelo (IGAC, 1995), éstos se encuentran representados en estados larvarios como adultos muy bien adaptados a la vida hipogea¹⁶ (Parisi, 1979) y a una gran variedad de hábitats sobre la tierra, además que se alimentan de variedad de recursos (saprófagos, fitófagos, coprófagos, xilófagos, etc.), hecho que los ha llevado a ser más diversos y abundantes y es común encontrarlos en este tipo de muestreos.

En cuanto a la abundancia, las termitas fue el grupo dominante en los dos bosques, al presentar en Guacas una abundancia de 323 individuos y en Clarete 278 (Figura 11). Sin embargo, este caso merece aclaración ya que los ejemplares colectados pertenecían a nidos encontrados en los dos bosques, además se ha reportado que las termitas se encuentran en todos los tipos de suelo con excepción de aquellos permanentemente saturados de agua, son grupos dominantes en ciertos suelos tropicales, donde probablemente consumen más materia orgánica al año que cualquier otro grupo (IGAC, 1995).

Figura 11. Abundancia por órdenes en los dos fragmentos de bosque.



A nivel de estrato en los monolitos, la mayor riqueza en las Guacas se localizó en la hojarasca con 71 morfoespecies y la menor en el estrato de 20-30 cm con 42 morfoespecies. En términos de porcentaje se tiene el 49% y el 10% para las dos profundidades, respectivamente.

¹⁶ Hipogeos o subterráneos, que viven bajo tierra.

En Clarete también se encontró la mayor riqueza taxonómica en el estrato hojarasca con 77 morfoespecies que corresponden al 45% y la menor en el de 20-30 cm con 38 morfoespecies que pertenecen a un 12.4%.

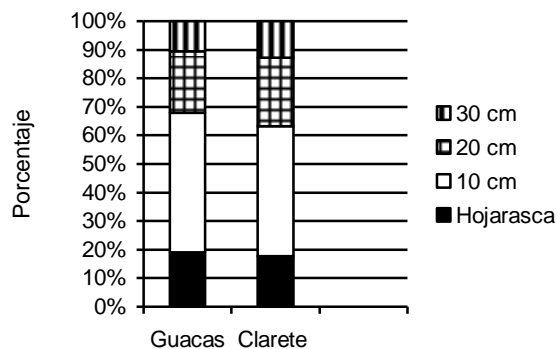
La presencia de muchas plantas superiores determina la formación del mantillo de un ambiente y así mismo ofrece una variada oferta alimenticia, que podrían explicar la mayor variedad y abundancia de la comunidad en este estrato.

Las abundancias de los estratos muestreados, resultó ser mayor en la profundidad de 0-10 cm para ambos bosques, en Guacas en este estrato se encontraron 516 individuos y en Clarete 470; el estrato de 20-30 cm resultó ser donde menos se hallaron individuos (figura 12).

La figura 12 muestra las diferencias en las distribuciones de los artrópodos en cada uno de los bosques, confirmando que el estrato donde se encontró más número de individuos fue en 0-10 cm. Esto coincide con los estudios de macrofauna de González y López (1987), en la hojarasca y suelo de seis ecosistemas forestales de Cuba. Donde encontraron que la mayor densidad de la macrofauna se localizó en el segundo estrato, relacionándola con la distribución de la raíces y en el tercer estrato se presentó una baja densidad de individuos.

Lo anterior demuestra que los dos bosques brindan un ambiente propicio para la presencia de algunas poblaciones en los diferentes estratos, debido al microclima que se genera en su interior dado a la cobertura del dosel y el sotobosque, a la disminución del impacto directo de las lluvias, la intensidad lumínica y además ayudan a regular la temperatura del suelo, brindando un medio más propicio para que los macroinvertebrados de las primeras capas puedan establecerse y tengan mayor acceso a recursos alimenticios y de nidificación.

Figura 12. Distribución vertical porcentual de la macrofauna, bosques Guacas y Clarete



En la cuenca alta del río Guamues (Pasto), Coral (1998) también encontró la mayor población y diversidad de edafofauna en la capa de mantillo y a la profundidad de 0-10 cm,

atribuyéndoselo a las condiciones de hábitat y alimento encontrado en la materia orgánica en diferentes grados de descomposición que se depositan principalmente en estos dos estratos. Igualmente Pardo Locarno *et al.*, (2006), reportaron que en general el estrato 0-10 cm fue el más poblado en tres parcelas con diferente uso de suelo: pastizal, cafetal y bosque secundario en los Andes colombianos comparado con el estrato 20-30 cm.

Algunos grupos se presentaron únicamente a ciertas profundidades. Para la Guacas, los Quilópodos de los órdenes Geophilomorpha y Scolopendromorpha, se encontraron en los tres macrohábitats y en los estratos de 0-10 y 10-20 cm, y resultaron ser muy escasos en la hojarasca y a 20-30cm de profundidad. Estos dos órdenes estuvieron presentes en los dos bosques.

Los ordenes Polyzoniida, Glomeridesmida, Spirobolida, y Polydesmida resultaron ser comunes en ambos fragmentos, aunque estos dos últimos con mayor número de morfoespecies en el bosque las Guacas. Aquí la distribución de los diplópodos también varió, los ordenes Polydesmida y Spirobolida se colectaron en los tres macrohábitats y en todas las profundidades, en cambio Polyzoniida solo se encontró en CCA en todos los estratos y en plano en las dos primeras capas. Glomeridesmida presentó un comportamiento similar al encontrarse solamente en las dos primeras profundidades en los macrohábitats plano y pendiente.

La distribución en Clarete de los Quilópodos, Geophilomorpha y Scolopendromorpha se observó en los tres tipos de macrohábitat y en todos los estratos. En los diplópodos, los órdenes Polydesmida y Spirobolida también se encontraron en todos los estratos y macrohábitats, contrario a lo que ocurrió con Polyzoniida presente sólo en CCA y en plano aunque en todas las capas; Glomeridesmida por su parte, solo apareció en los sitios planos y la pendiente, pero únicamente en las dos primeras profundidades.

Estos resultados demuestran que los quilópodos son capaces de habitar en todas las profundidades del suelo muestreadas, ampliando así su área para depredar. Los Geophilomorpha pueden moverse rápidamente y son muy flexibles lo que les permite profundizarse a capas internas del suelo (Marín, 2000).

Los diplópodos usualmente habitan lugares húmedos debajo de las hojas caídas, debajo de las piedras y troncos en descomposición (IGAC, 1995). Sin embargo, en este trabajo fue posible encontrar algunos ordenes en todas las profundidades, ya que sus características morfológicas externas como cabeza y tronco de consistencia dura, quitinizada, les facilita la actividad excavadora, llegándose a encontrar Polydesmida y Spirobólida hasta 30 cm de profundidad.

Los otros grupos reportados en Guacas como los Opiliones y las arañas se encontraron principalmente en áreas planas y en los dos primeros estratos, otros grupos como Dermaptera y Blattodea considerados como epigeos, se reportaron en los tres sitios y en

todos los estratos, aunque Dermaptera principalmente en los dos primeros. Isóptera también habitó todos los hábitats y las cuatro profundidades al igual que Hemiptera y Annélida.

En Clarete los otros grupos de los ordenes Araneae, Hemiptera, Blattodea, Dermaptera, Isoptera y además Annélida, se encontraron en todos los hábitats y estratos, los Opiliones por su parte solo se hallaron en plano y CCA, aunque en todas las profundidades

Algunas familias de Coleópteros como Chrysomelidae, Cebrionidae, Cantharidae, Erotylidae, Histeridae, Scydmaenidae, Lampyridae, Aphodidae y Cucujidae solo se encontraron en el bosque Las Guacas, en cambio otras como Staphylinidae, Scarabaeidae, Curculionidae, Melolonthidae (larvas y adultos), Tenebrionidae, Carabidae, Elateridae y Nitidulidae se reportaron en ambos fragmentos.

Los Coleópteros encontrados en Guacas que estuvieron presentes en todos los macrohábitats y en las tres capas fueron: Staphylinidae, Scarabaeidae, Melolonthidae larvas y adultos, Elateridae, Tenebrionidae, Carabidae e Histeridae; algunas como Lampyridae, Cucujidae y Chrysomelidae solo se encontraron en pendientes, sobre hojarasca a 10 cm y a 20 cm, respectivamente. Por otro lado, Cantharidae, Curculionidae y Erotylidae solo estuvieron presentes en CCA, los dos primeros sobre el mantillo y el último a la mayor profundidad. Esto demuestra la gran versatilidad de adaptación que presentan los coleópteros a la vida hipogea.

Los Staphylinidos encontrados en ambos fragmentos corresponden a morfoespecies raras por poseer uno o dos individuos, en Las Guacas el número de subfamilias (4) resultó mayor que en Clarete donde solo se reportó la subfamilia Piestinae que además fue la más abundante en ambos fragmentos. Contrario a lo reportado por Gutiérrez y Ulloa (2006) donde se encontraron 11 subfamilias, de las cuales Piestinae representó la menor proporción. Según los autores, la subfamilia Piestinae reflejó su tamaño dentro de Staphylinidae, debido a que con 110 especies descritas es una de las más pequeñas.

La mayoría de los Staphylinidos fueron colectados principalmente en CCA y en todas las profundidades a excepción de 20-30cm, lo que sugiere que se pueden encontrar en una gran variedad de ambientes, especialmente en aquellos con un alto grado de humedad (García *et al.*, 2001; Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). En un estudio realizado por García *et al.*, (2001) se encontró una correlación altamente significativa entre la humedad de la hojarasca y la riqueza de especies de Staphylinidos colectados mediante escrutinio de hojarasca. De esta manera se confirmó que la humedad de la hojarasca afecta directamente la comunidad de Staphylinidos, presentándose en general una mayor riqueza de especies cuando las condiciones de humedad aumentan.

La mayoría de los Staphylinidos son depredadores, alimentándose de invertebrados como Nemátodos, Ácaros, Collémbolos y otros Staphylinidos, etc. (Bohac, 1999; Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). Otras especies son saprófagas y utilizan materia orgánica en

descomposición de origen animal, vegetal u hongos (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002), debido a esto fue posible encontrarlos principalmente en las dos primeras profundidades donde más se deposita la materia orgánica en descomposición.

En cuanto a los Carábidos encontrados se reportaron dos subfamilias de las cuales Harpalinae presentó mayor riqueza y abundancia en ambos bosques, la subfamilia Paussinae sólo se presentó en Las Guacas. La distribución de este grupo se limitó principalmente a pendientes pero en todos los estratos, coincidiendo con que los Carabidae comúnmente se mueven por todo el suelo, son encontrados en la hojarasca, en hábitats a orillas de ríos y estanques, sobre troncos de árboles. Unos pocos pasan todo su ciclo de vida en los árboles. La mayoría son considerados depredadores generalistas, sin embargo en estudios más detallados de algunos grupos, se ha demostrado que existen depredadores especialistas de algunos grupos como Collémbola, larvas de mariposa, larvas de áfidos y los estadios inmaduros de hormigas y termitas (Carletti, 2004).

La familia Carabidae es uno de los grupos de coleópteros de mayor importancia porque han sido estudiados como indicadores del estado de conservación de los suelos. En Colombia se han caracterizado por presentar alta frecuencia y abundancia en estudios que involucran ecosistemas de baja intervención (Camero, 1999; Camero & Chamorro, 1996). En estos dos bosques la presencia de este grupo corresponde a especies raras por presentar uno o dos individuos, además en las Guacas se reportó una única subfamilia con un solo representante, observándose en general una baja presencia de este grupo en ambos fragmentos que puede deberse a los factores antrópicos como el tipo de actividad agronómica o a la tala intensiva.

Las larvas de Melolonthidae conocidas como chisas resultaron ser la familia en estado inmaduro más abundante en los dos fragmentos, debido a que el período en el cual se realizaron los muestreos coincidió con la época del tercer estadio de dichas larvas, los meses de Julio a Septiembre (Quintero, 2003). Estas larvas se reportaron en todos los estratos a excepción del mantillo. Siendo más abundantes en el estrato 10-20 cm y 20-30 cm, según Pardo-Locarno (2000) es a 15 cm de profundidad donde se encuentran el 85% de las raíces que permiten una mayor riqueza y abundancia de chisas.

Los coleópteros de las familias Scydmaenidae y Aphodidae solo se reportaron en plano y a 10 cm de profundidad. Los Nitidulidos además de habitar en plano, también se encontraron en pendiente, pero únicamente a 0-10cm, estos son de hábitos saprófagos, por esto fue posible encontrarlos en el sustrato donde más se deposita materia orgánica en descomposición. Los Scydmaenidos típicamente viven en la hojarasca y en la madera en descomposición de los bosques, prefiriendo los hábitats húmedos. Estas dos familias tienen representación variable en las Regiones Naturales de Colombia y su población resulta alterada dependiendo del uso del suelo (Camero y Chamorro, 1997).

La gran abundancia de morfoespecies del orden Coleoptera, observada en el bosque Clarete, es debida al rápido crecimiento poblacional de algunas familias, las cuales son seguramente favorecidas por una menor competencia y/o predación en las etapas sucesionales tempranas. Las familias Scarabaeidae, Elateridae, Tenebrionidae y Curculionidae se encontraron en todos los macrohábitats y en todas las profundidades. Contrario a lo que ocurrió con los adultos de la familia Melolonthidae solo encontrados en CCA, a 0-10 y 20-30cm de profundidad.

Respecto a los Himenópteros encontrados en este estudio la tabla 4, muestra las familias y el número de morfoespecies reportadas en cada uno de los bosques estudiados.

Tabla 4. Familias de Hymenoptera de cada uno de los bosques.

Familia	Las Guacas	Clarete
Formicidae	13	9
Betilidae	0	1
Tiphidae	1	1
Ichneumonidae	0	1

Como se observa la familia Formicidae es la que presenta mayor número de morfoespecies que se describen a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Morfoespecies de la familia Formicidae de los dos bosques estudiados.

Subfamilia	Las Guacas	Clarete
Ponerinae	57	11
<i>Pachycondyla stigma</i>	17	0
<i>Pachycondyla sp.1</i>	31	10
<i>Pachycondyla sp.2</i>	6	1
<i>Hypoponera sp.1</i>	3	0
Formicinae	11	27
<i>Camponotus sp.1</i>	1	0
<i>Camponotus sp.2</i>	2	3
<i>Camponotus sp.3</i>	4	3
<i>Myrmelachista sp.1</i>	2	11
<i>Myrmelachista sp.2</i>	2	10
Ecitoninae	1	13
<i>Labidus praedator</i>	1	13
Myrmicinae	11	5
<i>Cyphomyrmex sp.1</i>	5	0
<i>Crematogaster sp.1</i>	1	1
<i>Solenopsis sp.1</i>	5	4

Ponerinae resultó ser la subfamilia con mayor riqueza y abundancia en Guacas a diferencia de Clarete donde se registra con menor abundancia, lo que sugiere que este grupo es

sensible a la calidad del hábitat, según Serna (1999) en los sitios altamente perturbados se presentan muy pocos artrópodos pequeños que son las principales presas de esta subfamilia de cazadoras, especialmente los géneros *Hypoponera* y algunas *Pachycondyla* reportadas en este estudio. Dix (2004) en su estudio encontró que esta subfamilia duplicaba su número de especies en bosque en relación con el rastrojo alto, pues a medida que la riqueza de especies aumenta parece aumentar la complejidad y estabilidad de los hábitats. Sin embargo, Marín (2000) reporta a las hormigas del género *Hypoponera* sp. con gran capacidad de adaptación a suelos alterados por la labranza, sugiriendo así su posible utilidad como indicadores de ambientes perturbados.

La subfamilia Formicinae resultó por el contrario ser más abundante en el bosque de Clarete, disminuyendo su frecuencia en el bosque menos intervenido de las Guacas. El género *Myrmelachista* presentó una alta abundancia y según Bustos y Chacón (1997), se reportó como un género muy frecuente en bosques secundarios y *Camponotus* fue un género asociado a zonas en regeneración, sin embargo en ambos bosques presentó una abundancia similar, debido a que Clarete se encuentra en una sucesión temprana.

En el caso de la subfamilia Ecitoninae que fue reportada con una sola especie *Labidus praedator* en ambos bosques y con mucha más abundancia en Clarete, según Dix (2004) es común encontrarlas en zonas muy diversas, debido a que son nómadas o legionarias y por lo tanto no construyen colonias cerradas a un área en particular. Para Bustos y Ulloa Chacón (1996) también se encuentra asociada a zonas en regeneración.

Myrmicinae fue más abundante en Guacas. El género *Solenopsis* en ambos bosques presentó una abundancia similar a pesar de ser considerado como indicador de zonas abiertas y perturbadas (Aldana y Chacón, 1999). Marín (2000) encontró que este género se asociaba a suelos alterados por la labranza. En cambio el género *Cyphomyrmex* reportado como indicador de bosques poco perturbados (Aldana y Chacón, 1999) si coincidió con lo encontrado en este estudio debido a que resultó ser la única especie de este género presente en Las Guacas que es el sistema menos perturbado.

Algunos géneros se caracterizaron por presentarse en determinadas profundidades, por ejemplo *Camponotus*, *Cyphomyrmex* y *Pachycondyla* se encontraron en todos los hábitats muestreados y estratos, a pesar de ser *Camponotus* reportada como especie arborícola y *Cyphomyrmex* de hojarasca (Bustos y Ulloa Chacón, 1996). Los demás como *Solenopsis*, *Myrmelachista*, *Crematogaster* e *Hypoponera*, esta última reportada como epigea, se encontraron principalmente en pendiente a nivel del mantillo y en la mayor profundidad. *Labidus praedator* solo se encontró en plano y en CCA en todas las capas.

Los resultados obtenidos en este estudio manifiestan lo que Peñaranda y Naranjo (1998) sugieren, que el cambio de uso de la tierra genera variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas y químicas del suelo. Bajo el bosque nativo con zonas intervenidas se

evidencia una mayor densidad de organismos lo que permite inferir que las características edáficas y de microclima son las óptimas para la macrofauna existente, la capa de material vegetal en diversos grados de descomposición ofrece alimento, protección y hábitat y su disminución o ausencia en los sitios intervenidos es producto del efecto antrópico.

5. 3. Rareza de especies

Las especies raras son todas aquellas que se encuentran en números suficientemente bajos como para representar un problema de conservación y en algunos casos, como para encontrarse amenazadas en extinción (Halffter y Ezcurra 1992).

Las Guacas, el bosque con menor intervención es el que aporta el mayor número de estas especies, debido a que posee una mayor estabilidad ambiental y una estructura vegetal más compleja, la cual les favorece por la heterogeneidad vegetal, la cantidad de hojarasca y de troncos en descomposición, lo que facilita a ciertas especies ocupar nichos muy específicos y evitar la competencia, aumentando su diversidad (Bustos y Chacón de Ulloa, 1996).

A nivel de familias y subfamilias hubo grupos que aportaron un mayor número de especies raras, mientras otros taxa dado su comportamiento generalista, se caracterizaron por el bajo aporte de especies raras al estudio.

En este bosque, el orden que más aportó especies raras fue Coleoptera, especialmente la familia Staphylinidae la cual aportó 6 de estas especies, seguida de la familia Melolonthidae subfamilias Melolonthinae con 3 especies raras y Rutelinae con 2, otras familias como Erotylidae, Cebrionidae, Elateridae, Histeridae, Scydmaenidae, Lampyridae, y Aphodidae solo aportaron una especie.

En los himenópteros las especies raras si presentaron aumento en número, a medida que disminuyó el grado de disturbio, en el bosque Las Guacas la subfamilia Formicinae registró la mayoría de las especie raras como *Camponotus* sp.1 y sp.2, *Myrmelachista* sp.1 y sp.2, por lo cual resultó ser más abundante en este bosque. Las subfamilias Ecitoninae y Myrmicinae aportaron una especie rara cada una *Labidus praedator* y *Crematogaster* sp.1, respectivamente.

El orden Polydesmida de los diplópodos y las familias Reduviidae y Pyrrhocoridae de los hemípteros reportaron cada uno, una especie rara.

En el bosque de Clarete fue Coleoptera quien también aportó el mayor número de especies raras, la subfamilia Harpalinae y la familia Curculionidae presentaron tres cada una, otras familias como Melolonthidae y Staphylinidae aportaron dos especies y Elateridae, Scarabaeinae y Tenebrinidae solo una.

Entre los himenópteros *Crematogaster* sp.1 y *Pachycondyla* sp.2 fueron las únicas morfoespecies, de los chilópodos el orden Geophilomorpha también aportó una sola morfoespecie rara. Entre los hemípteros las familias reduviidae y Pentatomidae y entre los homópteros la familia Cicadellidae todos con una sola morfoespecie reportada como rara.

5.4 Similitud y Complementariedad entre los dos bosques

El dato calculado del índice de Sorensen de 0.45 indica que existe una baja similitud respecto a la composición de especies de los dos bosques.

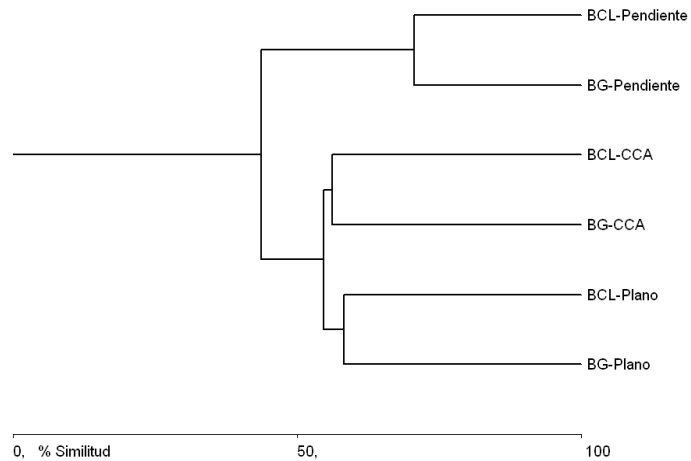
Por consiguiente, al relacionar estos valores con los datos de composición de especies, se tiene que al pasar de sistemas menos intervenidos a otros con mayor nivel de disturbio no sólo se presentan recambios en la composición de especies, sino que también se generan nuevos hábitats que favorecen la aparición de especies exclusivas en cada ambiente, convirtiendo cada uno de estos en zonas de refugio de la diversidad.

El cálculo del valor del índice de complementariedad en la composición de especies entre los bosques estudiados resulta en un 0,58 lo cual indica que existe un 58% de disimilitud en la composición de las especies, es decir que los bosques se complementan y contribuyen en porcentajes diferentes a la diversidad regional. Los dos bosques comparten 70 especies de 168 totales, que representan aproximadamente el 42% de todas las especies registradas en el área.

Por consiguiente se observa que estos bosques a pesar de encontrarse geográficamente ubicados muy cerca, presentan baja similitud y una complementariedad media, debido a los procesos de fragmentación o pérdida de cobertura vegetal que se observan en dichos parches y en los demás fragmentos que funcionaban como conectores, impidiendo así el paso de especies de un lugar a otro.

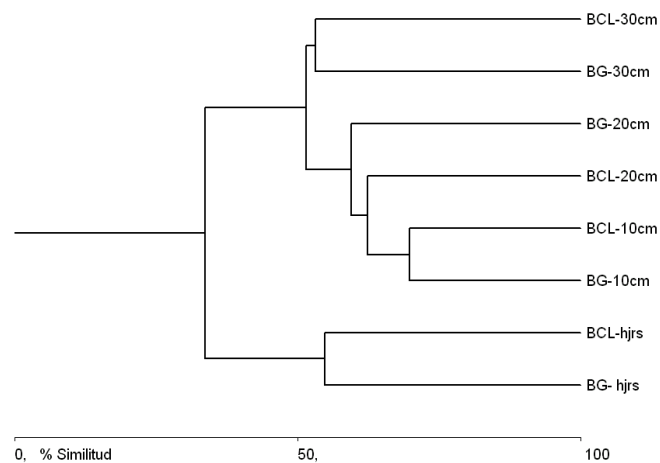
La diversidad beta estimada con el coeficiente de Bray-Curtis (figura 13) evidencia que los macrohábitats de los dos bosques son similares entre sí, en más de un 50%. Se observan tres grupos bien definidos agrupándose los mismos macrohábitats de los dos bosques, los lugares con pendientes forman un grupo muy diferenciado y aparte del resto de macrohábitats, pero los lugares planos presentan una mayor similitud con los lugares CCA.

Figura 13. Dendrograma de similitud faunística de macrohábitats con base en el coeficiente de Bray-Curtis. BG = bosque Las Guacas, BCL = Bosque Clarete.



La figura 14 señala la similitud entre los diferentes estratos o profundidades muestreados de los dos bosques, la cual también fue superior al 50%. Se observa que el estrato de hojarasca de ambos bosques forma un grupo muy aparte del resto, los estratos de 10cm y 30 cm tienden a agruparse un poco separados del resto, pero se asemejan en algún grado con el estrato de 20cm.

Figura 14. Dendrograma de similitud faunística de estratos con base en el coeficiente de Bray-Curtis. BG = bosque Las Guacas, BCL = Bosque Clarete.



5.5 Grupos Funcionales

Los datos de los dos muestreos se analizaron desde el punto de vista del nivel trófico o grupo funcional de las morfoespecies encontradas; estas categorías representan un nivel alimenticio general de cada organismo. Se seleccionaron los tres grupos más grandes, pues dentro de cada categoría se encuentran las verdaderas especializaciones a las que pueden pertenecer los diferentes artrópodos; las categorías son: depredadores, fitófagos y detritívoros o descomponedores de materia orgánica.

Tabla 6. Grupos funcionales de los dos bosques estudiados

Grupo Funcional	Total de individuos	
	Bosque Las Guacas	Bosque Clarete
Detritívoros	73	66
Depredadores	37	32
Fitófagos	14	17

El grupo predominante en ambos bosques resultó ser el de detritívoros o consumidores de materia orgánica, esta categoría comprende aquellos organismos que se alimentan de restos de plantas vivas o en proceso de descomposición, hongos (microfitófagos) o restos de animales muertos (necrófagos).

Dentro de este grupo se ubicaron los órdenes Coleoptera, Díptera, Blattodea, Isóptera, Isopoda y las clases Oligochaeta y Miriapoda (Diplopoda) siguiendo las descripciones de sus actividades en el suelo encontradas en Eisenbeis and Wichard (1985). Así mismo, el orden dominante fue coleoptera tanto en número de morfoespecies como en la abundancia relativa. En general, el grupo funcional de detritívoros, contó con un buen número de órdenes y de morfoespecies. Aunque solo fueron los diplópodos y los coleópteros los que aportaron una mayor cantidad de individuos; los demás órdenes estuvieron representados por pocas morfoespecies, e incluso por pocos individuos. Los detritívoros juegan un papel muy importante como grupo al realizar los procesos de descomposición de la materia orgánica, lo que permite la fertilización natural de los suelos.

Los depredadores que resultaron ser el segundo grupo más numeroso en los dos bosques, incluyó ordenes como Diptera, Dermaptera, Opilionida, Araneae, algunos Hymenoptera y Coleoptera y la clase Miriapoda (Chilopoda). A diferencia de los detritívoros ninguno de los órdenes mostró una clara dominancia sobre los demás.

Por último los órdenes agrupados dentro del grupo de los fitófagos que resultó ser el grupo con menos representantes, fueron Hemiptera, Ortoptera, Homoptera y algunos Hymenoptera y Gasterópodos. Este grupo fue sobrepasado considerablemente por los otros dos en número de individuos y órdenes, al igual que con los depredadores no existe dominancia de ningún orden sobre los demás.

Aunque los datos de estos grupos funcionales no permiten llegar a grandes conclusiones, es posible acercarnos un poco más a la dinámica que se presenta en el suelo, cuando sufre algún tipo de alteración. Se puede decir que la disminución en el número de órdenes y morfoespecies de cada bosque, sí presenta algún grado de relación con el nivel de intervención, sin embargo deben hacerse estudios más detallados que permitan excluir otros factores que pueden alterar la estructura trófica de la edafofauna.

6. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Los análisis físico químicos de los dos suelos se realizaron para los tres macrohábitats escogidos dentro de cada bosque: plano, pendiente y CCA. La tabla 7 muestra los resultados obtenidos de los análisis de suelos. Con ayuda del programa Statistica se realizó un análisis de componentes principales (ACP) por bosque, excluyendo los parámetros % N y C/N debido a que no pudieron ser determinados completamente.

Tabla 7. Resultados del análisis de suelos para los dos bosques.

Parámetro	Bosque Las Guacas			Bosque Clarete			
	Plano	Pendiente	CCA	Plano	Pendiente	CCA	
%Humedad	7.68	7.98	8.56	14.90	9.64	6.74	
Textura	Arenas %	34.90	50.97	57.60	73.33	40.92	52.50
	Limos %	32.00	23.96	19.39	19.98	36.08	27.40
	Arcillas% Fr.Ar	33.10	25.06 Fr.Ar.Arc	23.05 Fr.Ar.Arc	6.69 Fr.Ar	23.00 Fr.	20.10 Fr.Arc.Ar.
pH	4.70	4.50	5.01	5.05	4.78	4.79	
C %	3.88	4.56	4.34	3.66	4.07	4.43	
MO %	6.69	7.87	7.48	6.32	7.01	7.63	
N %	0.29	0.36	0.29	0.27	ND	ND	
C/N	13.38	12.67	14.97	13.56	ND	ND	
Acidez interc. (meq/100gsuelo)	1.80	2.23	0.47	1.13	1.35	1.58	
Al interc. (meq/100gsuelo)	0.77	1.52	2.24	0.79	0.97	1.15	
P ppm	15.16	4.34	4.71	11.60	4.03	8.04	
CIC (meq/100gsuelo)	29.36	24.32	30.16	25.99	19.26	52.06	
Ca interc. (meq/100gsuelo)	0.99	0.55	5.19	0.28	1.10	1.58	
Mg interc. (meq/100gsuelo)	0.48	0.36	1.81	0.54	0.71	1.12	
Ca/Mg	2.06	1.53	2.87	0.52	1.55	1.41	
K interc. (meq/100gsuelo)	0.13	0.13	0.27	0.48	0.34	0.33	
Na interc. (meq/100gsuelo)	0.20	0.28	0.43	0.23	0.06	0.22	

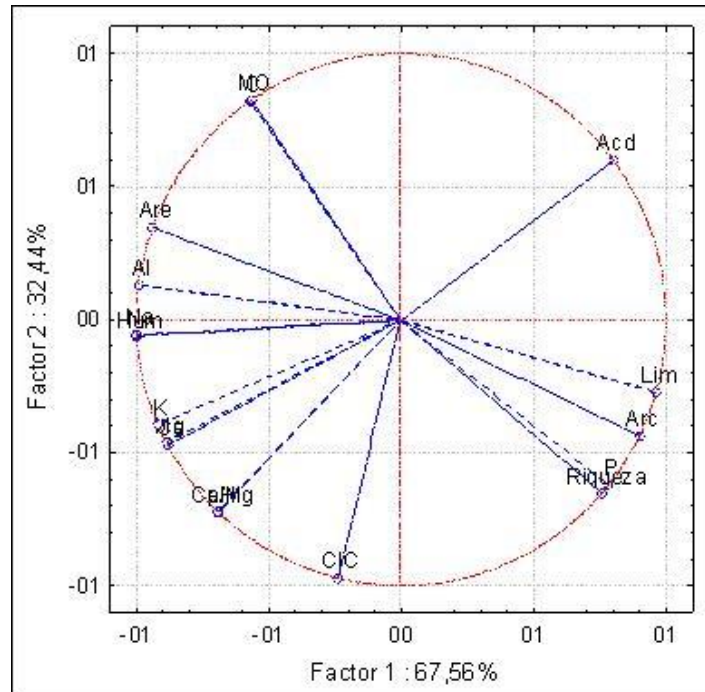
El análisis de componentes principales para las variables físico químicas de los tres macrohábitats evaluados originó los siguientes resultados.

Para el bosque de Las Guacas los parámetros se agruparon en dos factores (anexo 1). El factor 1 explica el 67,56% de la varianza total y agrupó: % de humedad, % arenas, % limos, % arcillas, la acidez intercambiable, el fósforo, los cationes de intercambio Aluminio, Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio y la riqueza de las especies de edafofauna. El factor 2 explica el 32,44% de la varianza total y relacionó los parámetros: pH, % Carbono, % materia de orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), riqueza y la relación Ca/Mg (figura 15).

En el factor 1 se observa que a medida que el porcentaje de arenas desciende, la humedad aumenta al igual que los porcentajes de limos y arcillas, debido a que los suelos muy arcillosos, tienen una excelente retención de agua. La fuerte acidez presente radica en la presencia de componentes orgánicos e inorgánicos. Los óxidos minerales (alófana) y las combinaciones de arcilla con éstos, son susceptibles de originar acidez, los cuales a bajo pH se encuentran cargados positivamente, hecho que explica la baja saturación en Ca, Mg, Na, Al y K que son fácilmente lixiviados del suelo por tener cargas del mismo signo que los materiales amorfos (Luna, 1972). La riqueza de las especies aumentó debido al incremento de la humedad ya que el agua contenida en los poros del suelo es un elemento esencial. La mayoría de los organismos del suelo, como las lombrices de tierra respiran por la piel húmeda y migran vertical u horizontalmente al no poder resistir la desecación, como puede ocurrir en un suelo arenoso. Las diferencias estacionales en número y tipo de animales pueden relacionarse fácilmente con los cambios en el contenido de humedad del suelo, así como con la desaparición de larvas y pupas de insectos cuando alcanzan la edad adulta. Investigaciones han comprobado que los macroporos se originan por los movimientos de los macroinvertebrados del suelo (galerías y cámaras) y ejercen un efecto positivo en la infiltración del agua, a pesar de que no representan más del 1% del volumen total del suelo (Lee, 1995 citado por Decaëns, 2001).

En el factor 2 se observa que a medida que el pH disminuye son menores los valores de la CIC, de la relación Ca/Mg y la riqueza de la edafofauna. El pH es un factor determinante en la CIC de un suelo. Los suelos muy ácidos tienen abundancia de iones H^+ , que ocupan la mayor de las cargas negativas del humus y las arcillas. Esto impide la retención de nutrientes como Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . En consecuencia la acidez de un suelo reduce su capacidad de intercambio catiónico o su capacidad para ceder o intercambiar nutrientes (Amézquita *et al.*, 1991). La mayoría de los animales prefieren suelos más o menos neutros, aunque en los suelos calizos las lombrices son capaces de neutralizar el ácido carbónico por formación de carbonato cálcico en sus glándulas calcáreas. Así, aunque las lombrices son más sensibles al cambio de pH que muchos otros animales, la deficiencia de calcio necesario para las exigencias del esqueleto de las cochinillas, los milpiés y los caracoles es incluso un factor más limitante (Parisi, 1979).

Figura 15. Localización de los parámetros físico químicos del bosque Las Guacas en relación al primer y segundo factor.



En el análisis de componentes principales para el bosque de Clarete los parámetros también se agruparon en dos factores (anexo 2).

El primer factor explica el 72,96% de la varianza total y agrupó la mayoría de los parámetros, excepto los que agrupó el factor 2 que explica el 27, 04% de la variación total y fueron la CIC, el sodio intercambiable y la riqueza de las especies (figura 16).

En el factor 1 se observa que a medida que el porcentaje de humedad descende, disminuye el contenido de arenas y los porcentajes de limos y arcillas aumentan, sin embargo esto no presenta relación en referencia al porcentaje de arenas ya que los suelos arenosos son incapaces de retener agua, por el contrario los suelos muy arcillosos presentan una excelente retención de agua.

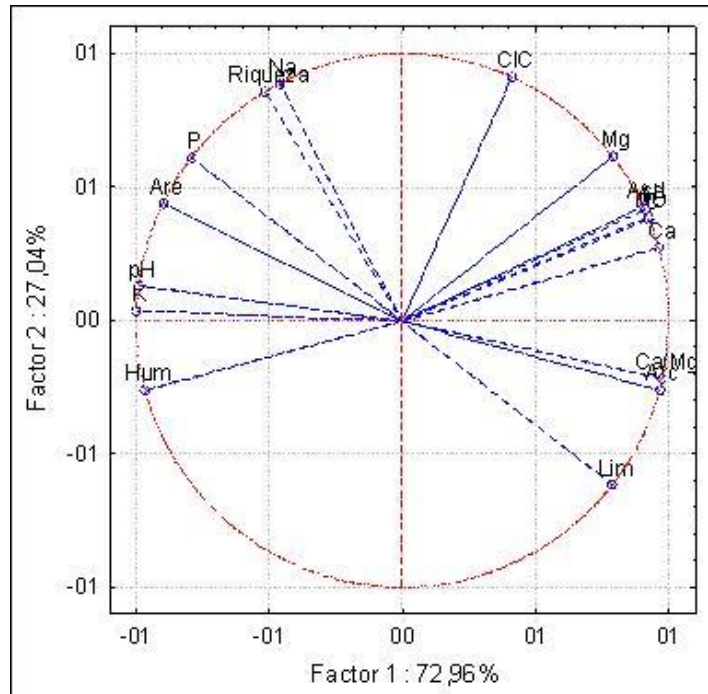
El análisis señala, que a mayores contenidos de materia orgánica y porcentaje de carbono aumenta la acidez intercambiable y por consiguiente los cationes de intercambio como el Ca, Al, Mg, Ca/Mg. La descomposición de la materia orgánica es afectada además de la naturaleza química de las sustancias por otros factores como la temperatura, la humedad, el pH y el tipo de arcilla; los suelos con alta humedad son suelos con poco contenido de materia orgánica, debido a que la tasa de descomposición es más baja, las tasas más altas se presentan a medida que aumenta la temperatura hasta cierto límite (Amézquita *et al.*, 1991),

por lo cual el porcentaje de materia orgánica aumenta al igual que el porcentaje de carbono, ya que este es el principal elemento presente en la materia orgánica. Por su parte la acidez intercambiable alta es consecuencia de la elevada presencia de las especies catiónicas como Ca, Mg, K, Na y Al e H, este tipo de suelos clasificados como Andisoles presentan altos contenidos de bases intercambiables, debido a los materiales piroplásticos y cenizas volcánicas ricas en estos elementos (IGAC, 1995). Por su parte la disminución del pH se correlaciona con que a mayor contenido de acidez menor es el pH y esto sumado a la alta presencia de Al intercambiable, que de por sí es indicativa de condiciones fuertemente ácidas (Abruña *et al.*, 1974, citado por Amézquita *et al.*, 1991).

Por otra parte la materia orgánica ó los ácidos orgánicos formados en su descomposición interactúan con la fracción mineral del suelo y reducen la fijación de fósforo, es decir el paso de formas disponibles a no disponibles. Lo que presenta relación con que el contenido de fósforo disminuye al aumentar la materia orgánica.

El factor 2 señala que a mayor CIC aumenta el Na intercambiable y la riqueza de la edafofauna. Los cationes de intercambio como el Na son altos cuando existe una buena CIC que pueda retener dichos cationes, procedentes de la meteorización y de la fertilización, y así, evitar su pérdida por lixiviación. El aumento de la riqueza guarda relación con la disponibilidad de nutrientes que determinan los valores de la CIC y además se utilizan para comparar la fertilidad de los suelos.

Figura 16. Localización de los parámetros físico químicos del bosque Clarete en relación al primer y segundo factor.



Adicionalmente y con respecto a los parámetros físico químico de los dos suelos estudiados se realizó un Análisis de Componentes Principales, el cual agrupó igualmente en dos factores a los suelos de los bosques.

Para el análisis se agruparon los bosques por macrohábitats así:

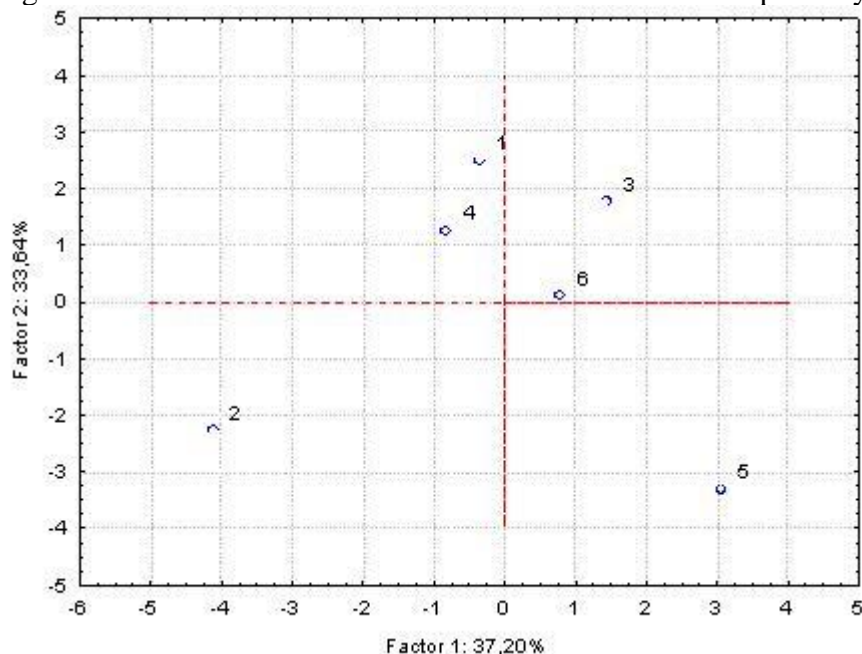
Grupo

- 1 B. Guacas-plano
- 2 B. Clarete-plano
- 3 B. Guacas-pendiente
- 4 B. Clarete-pendiente
- 5 B. Guacas-CCA
- 6 B. Clarete-CCA

Como se observa en la figura 17, el factor 1 agrupo los macrohábitats plano y CCA (grupos 2 y 6) del bosque Clarete y en el factor 2 agrupo los tres macrohábitats del bosque Las Guacas (grupos 1, 3 y 5) y a la pendiente del bosque de Clarete (grupo 4).

Este análisis agrupa separadamente los dos bosques lo que permite sugerir que el suelo del bosque Las Guacas es muy similar o igual en los todos los macrohábitats muestreados. En cuanto a Clarete también hay una similitud en dos de sus macrohábitats muestreados, dejando por aparte la pendiente que tiende a presentar mayor similitud con el suelo del bosque Las Guacas.

Figura 17. Localización de los macrohábitats en relación al primer y segundo factor.



7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

Se identificaron como actividades antrópicas todas aquellas que están relacionadas con la transformación de los bosques estudiados, y con la ayuda de las matrices de Fearo se identificaron los impactos asociados a dichas actividades que generan cambios en los ecosistemas y principalmente en las comunidades de macrofauna edáfica. Las actividades se clasificaron para la descripción teniendo en cuenta las actividades de mayor importancia.

Tabla 8. Matriz de Fearo para la evaluación de las principales actividades antrópicas identificadas en el Bosque Clarete.

		No hay impacto							
I	Falta información		Entresaca (1)	Tala (2)	Quema (2)	Expansión de áreas productivas agrícolas y pecuarias (3)	Construcción de vías y Apertura senderos (4)	Localización de tuberías de conducción (4)	Represamiento de cauces (4)
	Efecto significativamente adverso								
	Efecto adverso								
	Efecto significativamente benéfico								
	Efecto benéfico								
BIÓTICO	AGUA	Incremento en aporte de material de arrastre							
		Alteración de balance hídrico							
		Alteración de la flora y fauna acuática							
		Alteración de la calidad (condiciones físico, químicas)							
		Interrupción de escorrentía superficial							
	SUELO	Pérdida de horizontes							
		Incremento de procesos erosivos							
		Exposición por eliminación de cubierta vegetal							
		Cambios de uso							
	FLORA	Remoción de cobertura vegetal							
		Aparición de especies invasoras		x	x				
		Alteración en la similitud de especies							
		Pérdida de hábitat natural							
	FAUNA	Alteración en la presencia de especies (diversidad)							
		Modificación / pérdida del hábitat							
Desplazamiento de especies									
BIÓTICO ABIÓTICO	PAISAJE	Alteración de bordes							
		Generación de parches							
		Cambios en vegetación relictual							
SOCIAL	POBLACIÓN	Demanda de servicios básicos					x	+	+
		Transformación de áreas por ocupación		x	+	x	+	+	
		Explotación de recursos naturales	+	+	+	x	x		
		Oportunidades de ingresos	+	+	+	+	+		

Tabla 9. Matriz de Fearo para la evaluación de las principales actividades antrópicas identificadas en el Bosque Las Guacas.

		No hay impacto					
I		Falta información	Entresaca (1)	Expansión de áreas productivas agrícolas y pecuarias (3)	Construcción de vías y Apertura senderos (4)	Localización de tuberías de conducción (4)	Repesamiento de cauces (4)
		Efecto significativamente adverso					
		Efecto adverso					
	+	Efecto significativamente benéfico					
	x	Efecto benéfico					
BIÓTICO	AGUA	Incremento en aporte de material de arrastre					
		Alteración de balance hídrico					
		Alteración de la flora y fauna acuática					
		Alteración de la calidad (condiciones físico, químicas)					I
		Interrupción de escorrentía superficial					
	SUELO	Pérdida de horizontes					
		Incremento de procesos erosivos					
		Exposición por eliminación de cubierta vegetal					
		Cambios de uso					
	FLORA	Remoción de cobertura vegetal					
		Aparición de especies invasoras					
		Alteración en la similitud de especies					
	FAUNA	Perdida de hábitat natural					
		Alteración en la presencia de especies (diversidad)					I
Modificación / pérdida del hábitat							
Desplazamiento de especies							
BIÓTICO-ABIÓTICO	PAISAJE	Alteración de bordes					
		Generación de parches					
		Cambios en vegetación relictual					
SOCIAL	POBLACIÓN	Demanda de servicios básicos			x	+	+
		Transformación de áreas por ocupación		x	+	+	
		Explotación de recursos naturales	+	x	x		
		Oportunidades de ingresos	+	+	+		

1. Extracción de recursos del bosque: se identificaron todos los procesos asociados a la extracción de recursos del interior del bosque para actividades de subsistencia. Se observa que en el bosque de Clarete se ejerce más explotación de los recursos, como leña, usada en construcción de cercas (POT Popayán, 2002) y la entresaca o tala selectiva para fines de uso doméstico. La producción de carbón vegetal de roble también es una actividad de gran

influencia sobre este bosque, la cual ha venido practicándose desde décadas pasadas como tradición cultural y sin un manejo controlado y adecuado (figura 18). Adicionalmente se observa la extracción aunque en más baja proporción de otros recursos no maderables como plantas del sotobosque, ornamentales y algunas con fines medicinales. En el bosque Las Guacas no se identifica una sobreexplotación de los recursos, la entresaca realizada es muy controlada o casi no existe, debido al hecho de que este bosque funciona como una entidad privada impidiéndose el acceso de personas extrañas que puedan realizar este tipo de prácticas.

Los efectos de la entresaca que resulta ser la práctica más común se observan fácilmente en el dosel por la apertura de claros, con consecuencias en el suelo y la vegetación generando alteraciones microclimáticas incrementando la variabilidad de la temperatura y humedad debido a la exposición y modificando el ciclo de nutrientes al cambiar la calidad y cantidad de materiales orgánicos (Marín, 2000). Para la macrofauna edáfica se pierden cavidades y refugios naturales que sirven de hábitat y nidificación, además de la destrucción de las fuentes de alimento debido a la alteración de la estructura de la vegetación y los cambios en la cobertura vegetal.

El paisaje desde una perspectiva visual sufre modificaciones al reducirse las áreas boscosas como consecuencia de la fragmentación y el efecto de borde y por la apertura de trochas o senderos transitables dentro de los bosques, lo cual puede generar la aparición de especies animales y principalmente vegetales oportunistas e invasoras. Por otra parte, la comunidad cercana al bosque Clarete se beneficia de dicha extracción de recursos debido a la generación de ingresos y de beneficios personales.

Figura 18. Madera extraída del bosque Clarete



2. Adecuación de suelos: comprende todas las actividades llevadas a cabo para la preparación de los suelos con fines agrícolas y pecuarios. La tala y la quema controlada son las más comunes en Clarete donde se observan más número de cultivos. En las Guacas se

encontró que la tala fue solo una actividad llevada a cabo durante la construcción del nuevo acueducto, donde se removió 6.400 m² de bosque natural, según el documento de Evaluación de Impacto Ambiental (2002).

La tala resulta ser la actividad que más impactos genera sobre los diferentes factores como se observa en las matrices de Fearo. La tala de los bosques determina un incremento de los materiales que el agua se lleva principalmente fosfatos y nitratos (Margalef, 1980). Se ha demostrado que la presencia de la macrofauna del suelo está asociada con el tipo de uso de la tierra; cuando se talan selvas y se establecen cultivos, se generan cambios rápidos y dramáticos que afectan las comunidades de macroinvertebrados del suelo, como disminución de la diversidad, abundancia y biomasa (Lavelle et al, 1994), el efecto directo más evidente es la muerte de muchas especies epigeicas y endogeicas, este efecto depende de las características morfológicas de cada especie individual, los efectos indirectos son debido a la destrucción de la capa superficial, exposición y compactación del suelo además de los cambios microclimáticos dentro del sistema por las pérdidas de humedad (Dangerfield, 1990 citado por Lavelle *et al.*, 1994) y por otro lado se esta cambiando el funcionamiento ecológico de las selvas.

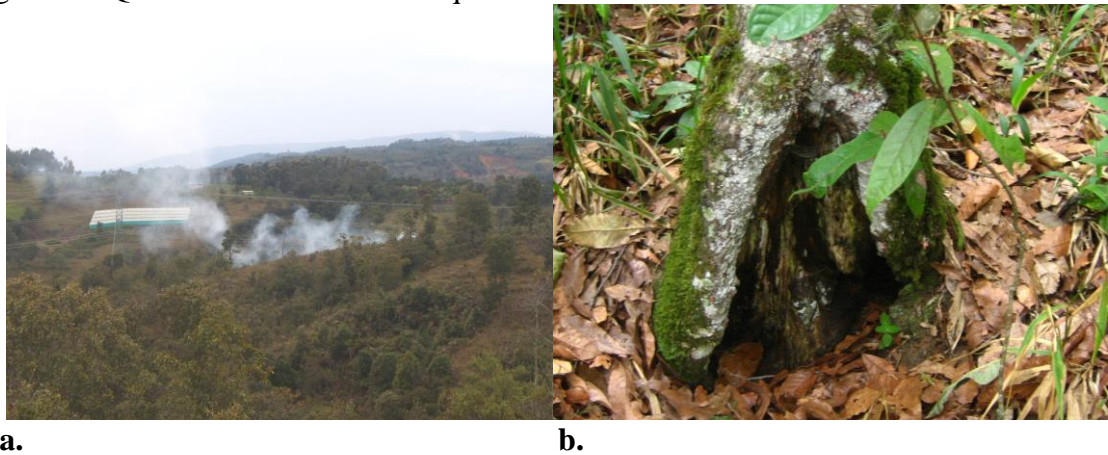
La creciente deforestación y el inadecuado manejo de los suelos, han incrementado sensiblemente los procesos de erosión y el consiguiente arrastre de sedimentos, nutrientes y materia orgánica hacia los cuerpos de agua. Estos materiales son arrastrados por las aguas de escorrentía hacia los ríos¹⁷. Los dos bosques presentan relieves en ciertas zonas muy escarpados lo que facilita los procesos erosivos y esto sumado a las malas prácticas de adecuación de tierras que se observan en Clarete, afecta otros factores bióticos como la flora que se refleja en la desaparición de especies vegetales de la zona. Por otro lado el paisaje es afectado por la tala al efectuarse transformaciones fácilmente visibles por cambio de uso del suelo y consecuentemente la reducción en el área de los bosques.

La otra actividad realizada es la quema asociada a la preparación de áreas agrícolas. El fuego es un factor ambiental importante que es casi parte del clima para moldear el ciclo de vida de la vegetación en la mayor parte de los ambientes terrestres del mundo, es un factor en los ecosistemas naturales mucho antes de los tiempos modernos. Los incendios contrario a la opinión popular, no son necesariamente perjudiciales, la quema controlada o quema prescrita, puede ser una herramienta muy útil en el manejo de ciertos tipos de bosques y pastizales (Odum, 1993). A pesar que los fuegos forestales no son muy constantes en los dos bosques, si se presentan más en Clarete (figura 19a) por tener una matriz con cultivos variados como plátano, tomate, maíz, acelga, en algunos de los cuales se realiza quema para su adecuación, además por la quema de árboles de roble para obtener carbón vegetal (figura 19b), se debe considerar que cuando no se tienen en cuenta la intensidad y tamaño del incendio y no se realiza un manejo controlado, las quemas pueden ocasionar grandes pérdidas de áreas boscosas y por consiguiente de organismos como plantas y animales.

¹⁷ Evaluación y manejo de la contaminación urbana, 1997

Dependiendo de su intensidad, los incendios matan la biomasa aérea de la vegetación y transfieren una fracción variable de su masa y contenido de nutrientes al suelo en forma de cenizas. Se produce un gran número de cambios en las propiedades químicas y biológicas del suelo como consecuencias de un incendio y de la adición de cenizas al suelo (Raison, 1979 citado por Schlesinger, 2000). Además según Oliveira y De Oliveira (1993) después de efectuar quemas en un suelo del Amazonas, en un bosque previamente derribado para utilizar el suelo en pradera se estudió la fauna y se comparó con el suelo sin quema. La densidad de la población de la fauna fue drásticamente afectada por el fuego, el número total de insectos fue menor en el suelo quemado cuando se comparó con suelos sin quema.

Figura 19. Quema realizada en el bosque Clarete



3. Procesos agropecuarios: la agricultura y la ganadería extensiva de levante de ganado son dos de las actividades llevadas a cabo en la matriz de los bosques. En Clarete como se mencionó anteriormente se encuentran varios tipos de cultivos a grande y pequeña escala, además de zonas de pastoreo. En esta zona de cultivos y potreros cercanos al bosque se realizaron algunos muestreos de edafofauna con el fin de conocer que tipo de macroinvertebrados podrían encontrarse, hallándose en cultivo grupos como chisas (Coleoptera: Melolonthidae), lombrices, coleópteros de las familias Curculionidae, Scarabaeidae y Tenebrionidae, hormigas del genero *Camponotus* y chinches de la familia Gelatocondae. En el potrero se encontraron arañas, diplópodos del orden Polydesmida, mariposas, caracoles, tijeretas, lombrices y estados inmaduros de Lepidoptera y Coleoptera como las chisas.

La matriz que presenta el bosque Las Guacas es solo de potreros dedicados a la ganadería (figura 20a) y en la época del muestreo se encontró un pequeño cultivo de yuca (figura 20b) al borde la carretera que conduce a la planta de tratamiento del nuevo acueducto. En este cultivo y los potreros se realizaron también algunos monolitos y el resultado fue: en el cultivo estados inmaduros de chisas (Coleoptera: Melolonthidae), lombrices, cucarachas, tijeretas y algunas hormigas del género *Camponotus*. En el potrero: lombrices, chisas

(Coleoptera: Melolonthidae), chinches de las familias Lygaeidae y Pyrrhocoridae, coleópteros de las familias Staphylinidae y Coccinelidae, arañas, saltamontes y hormigas de la subfamilia Formicinae. Aunque los datos no permiten realizar grandes conclusiones si es posible apreciar que la abundancia y la presencia de estos y otros grupos es limitada y escasa.

Figura 20. Cultivo de yuca y matriz de pastos del bosque Las Guacas



a.



b.

Por otro lado, los impactos que genera la ganadería se reflejan principalmente en el suelo, por el pisoteo del ganado que produce compactación, su principal consecuencia es la modificación de la porosidad. A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil. La infiltración también se ve afectada pues disminuye la permeabilidad de la capa compactada. Si esta compactación se produce en la capa superficial se producirá un incremento de la escorrentía y de la erosión y si la capa compactada está a una cierta profundidad aparecerán problemas de encharcamiento al disminuir la velocidad de infiltración (Zaballos, 2006).

Otro componente afectado es la vegetación debido a que muchas veces se talan grandes áreas de vegetación para la ganadería extensiva, especialmente en el caso de los bovinos que se alimentan de pasto. Esto es perjudicial para el suelo ya que favorece la erosión. En el bosque de Clarete se observa claramente la tala realizada para la implantación de cultivos varios y pequeños de acelga, maíz y plátano además de zonas con pastos, el reemplazo de áreas boscosas por agrícolas también afecta otros organismos como animales ya que se generan impactos por la pérdida de hábitat, lo que desencadena alteraciones de las relaciones intra e interespecíficas, afectando las cadenas tróficas y por ende la diversidad del sistema (Figuroa *et al.*, 1998). Lavelle *et al.* (1994) plantea que los sistemas de cultivos perennes y sistemas agroforestales generalmente tienen menor diversidad en las comunidades que los sistemas naturales, los cuales mantienen un amplio rango de diversidad con una cerrada interacción entre los grupos del suelo.

La exploración agrícola generalmente puede ser caracterizada por la deforestación, utilización de las tierras hasta su agotamiento, ocupación de nuevas áreas, lo que conduce a la erosión que es el más grave problema, consecuencia de la explotación agrícola y al cual están relacionados muchos aspectos de degradación de los paisajes. Linden *et al.*, (1994) manifiestan que en el mantenimiento de la calidad del suelo, la diversidad y biomasa de la macrofauna del suelo son consideradas como un importante indicador biológico de los procesos de degradación que tiene lugar en los suelos agrícolas, debido a las prácticas de manejo; especialmente las labores de labranza, la cual es un factor determinante en su distribución y abundancia en el suelo, y junto con las prácticas agrícolas se convierten en la mayor fuente de estrés y perturbación provocando cambios no solo en la estructura de sus comunidades sino también en el papel que juegan dentro de los ecosistemas agrícolas.

Por otra parte la agricultura afecta otro componente, el agua; debido a que esta exige igualmente cada día mayor cantidad de agua. Además, la disminución de las corrientes de agua como consecuencia de la deforestación hace necesario, cada día más, el uso de la irrigación artificial¹⁷.

4. Adecuación de suelos para infraestructura: se tuvieron en cuenta las principales obras de infraestructura como el acueducto veredal de Clarete Alto y el nuevo acueducto municipal, la construcción de vías de acceso a los bosques como caminos y senderos y el represamiento de algunos cauces. Como lo muestran las matrices de Fearo, estas actividades son las que más impacto significativamente adverso generan, junto con la tala, sobre los diferentes componentes biótico, abiótico, social y del paisaje.

Entre los impactos más significativos en los dos bosques están la adecuación de vías de acceso, caminos y carreteras. En Clarete se localizaron varios senderos y caminos en el interior del bosque, el más grande se realizó para conducir la tubería del acueducto veredal, dicho camino empieza en la finca de uno de los propietarios llamada El Cortijo y termina en Clarete. Además existen otros senderos creados por diferentes necesidades de la comunidad como extracción de recursos del bosque, disminuir distancias y tiempo de desplazamiento. Los impactos generados en la construcción de estos senderos o caminos se encuentran estrechamente relacionados con la extracción de recursos, la tala o deforestación para su construcción, que fueron expuestos anteriormente. En el bosque de Las Guacas el impacto más notorio es el generado por la construcción del nuevo acueducto para la ciudad de Popayán, entre el cual se construyeron nuevas vías de acceso como carreteras y trochas, para la conducción de la tubería, en la figura 21a puede observarse el corte realizado al bosque, el cual atraviesa una parte del bosque por el borde hasta llegar a la vereda de Clarete y la figura 21b muestra la carretera construida hasta la planta de tratamiento, sin embargo aún se mantiene una buena área del bosque conservada donde se realizó el presente estudio. La figura 22 muestra el trazado vial de la carretera hacia la planta de tratamiento del nuevo acueducto. Las vías de acceso como las carreteras son las actividades que más impacto tienen sobre el paisaje, al transformarlo y al ocasionar disección al interior de los bosques.

Figura 21. (a) Corte realizado a parte del bosque Las Guacas para la construcción del nuevo acueducto de Popayán (b) carretera construida hasta la planta de tratamiento del acueducto.

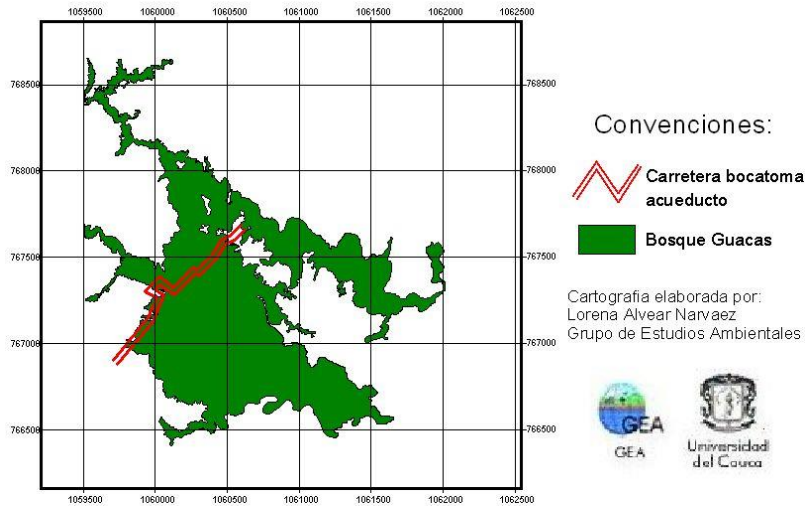


El otro componente alterado por la construcción de vías o construcciones es el agua, debido a que sufren las descargas de escombros que pueden generar eutroficación, turbiedad, y contaminación que altera la calidad del agua, además la alteración del curso natural del flujo de agua que genera barreras tanto para la dinámica del agua como para los organismos presentes.

El suelo también es otro componente alterado por estas actividades, debido a que el cambio del uso es altamente significativo generando una serie de impactos como la exposición directa que genera erosión y compactación, consecuencias que ya se han mencionado anteriormente.

Por último dos componentes altamente afectados son la vegetación y la fauna, debido a que la destrucción de la cobertura vegetal genera pérdida de continuidad entre los bosques, pérdida del hábitat tanto para plantas como animales los cuales se ven obligados a desplazarse hacia otras áreas o desaparecer, alterando las cadenas tróficas y las múltiples interacciones ecológicas presentes normalmente.

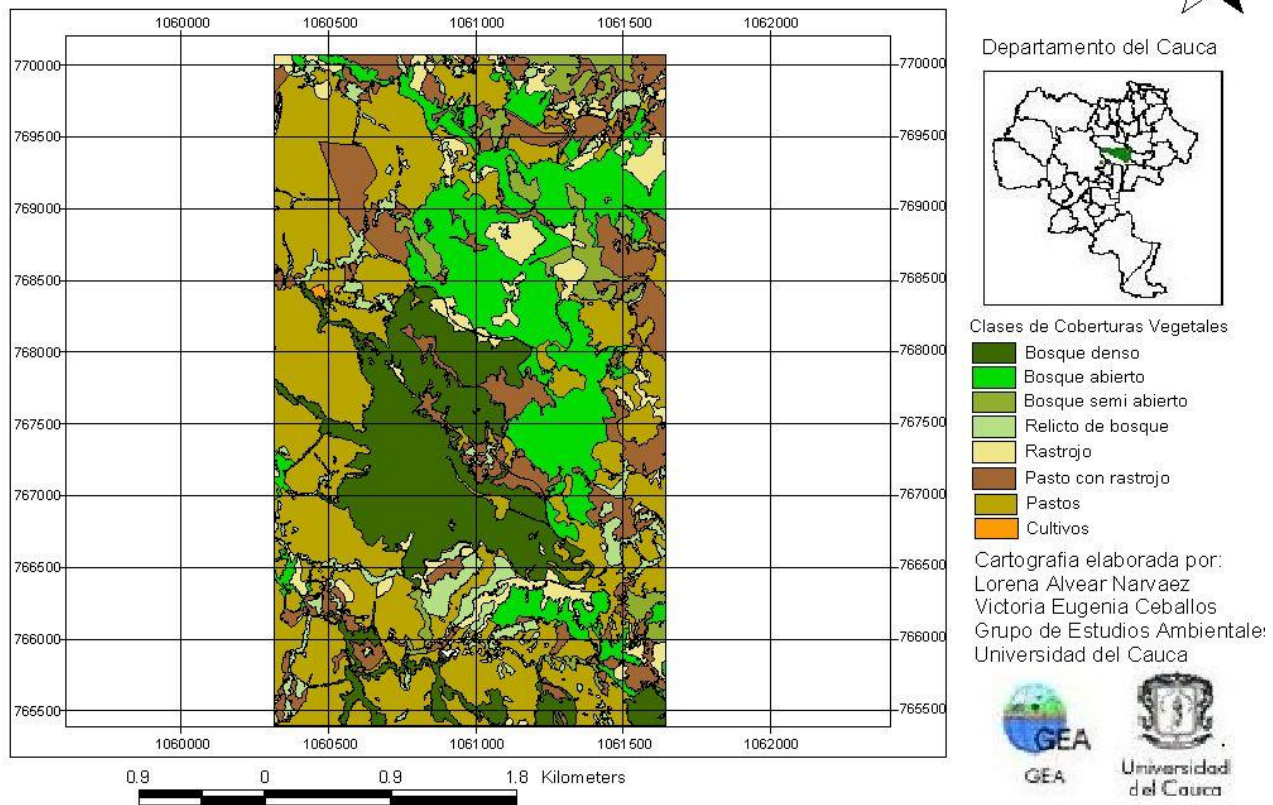
Figura 22. Trazado de la vía construida para el nuevo acueducto de la ciudad de Popayán sobre el bosque Las Guacas. La cobertura del bosque corresponde a la definida en el mapa de coberturas vegetales para el año 1991, la línea vial se delimitó por georeferenciación en el año 2006.



Finalmente la figura 23 muestra las coberturas vegetales encontradas en la ventana de estudio, donde se observan las diferentes matrices que rodean los bosques, sin embargo esta clasificación se realizó empleando fotografías aéreas del año 1991 por ausencia de fotografías más recientes.

Figura 23. Mapa de las coberturas vegetales de la zona de estudio.

Coberturas Vegetales para el año 1991 empleando Fotografías aéreas



CONCLUSIONES

- La riqueza de especies de macroinvertebrados edáficos a nivel regional (diversidad &) fue de 168 morfoespecies. Para Clarete se reportan 115 y para Las Guacas 124 especies siendo significativamente diferentes.
- La composición de la macrofauna edáfica varió en los dos parches de bosque debido al grado de perturbación generado por las actividades antrópicas.
- La distribución vertical de la macrofauna edáfica se vió asociada con la disponibilidad de recursos alimenticios y de nidificación, encontrándose éstos en la hojarasca y en el estrato 0-10 cm.
- El orden Coleoptera fue el más abundante y con mayor riqueza de especies. Entre las familias compartidas por los bosques debido a su mayor abundancia se encuentran Melolonthidae (chisas) y Tenebrionidae.
- En este estudio la abundancia de hormigas, consideradas como indicadoras, sí demuestra ser un parámetro útil en el ámbito de la bioindicación, por ejemplo los géneros *Cyphomyrmex* e *Hypoponera* (Serna 1999; Aldana y Chacón 1999) presentes, han sido reportados por tener poca capacidad de adaptación a suelos alterados, lo que hace posible su utilidad como indicadores de ambientes conservados.
- El grupo funcional predominante fueron los detritívoros.
- Se encontró que familias como Staphylinidae y Carabidae del orden Coleoptera reportadas con varias especies raras sí se vieron afectadas por el grado de intervención disminuyendo así su número y presencia. Otras familias como Erotylidae, Histeridae, Scydmaenidae, y Aphodidae exclusivas del bosque las Guacas sugieren su utilidad como posibles indicadoras de ambientes más conservados.
- En las Guacas la humedad resultó ser el parámetro físico del suelo que más influyó en la riqueza de las especies al incrementarla.
- En Clarete el aumento de la riqueza presentó relación con la disponibilidad de nutrientes que son determinados por los valores de la CIC.

9. RECOMENDACIONES

Es importante hacer un seguimiento del comportamiento de las comunidades edáficas en un período de tiempo mayor que permita conocer su distribución espacio temporal, así como conocer que tipo de estrategias poseen los diversos grupos para responder ante los cambios generados por el cambio del uso o manejo del suelo.

Realizar estudios más detallados comparando las diferentes matrices que rodean estos parches de bosques con el fin de conocer el comportamiento que presentan las comunidades edáficas cuando se cambia el uso del suelo natural.

Los resultados de trabajos como este deben ser conocidos por la población de la zona de estudio para que sirva de referente en los procesos de conservación que están desarrollando en la ordenación y manejo del territorio.

BIBLIOGRAFIA

ALVEAR, L. Tesis de Pregrado. Análisis espacio temporal del proceso de fragmentación de la vegetación en la parte media de la cuenca del río Palacé, municipio de Popayán, Cauca. Universidad del Cauca. 2006. 100 p.

ARMBRECHT, I. Comparación de la mirmecofauna en fragmentos boscosos del valle geográfico del río Cauca, Colombia. En: Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. Vol. 3, No. 2 (1995); p.1-14

ARMBRECHT, I y CHACÓN DE ULLOA, P. Composición y diversidad de hormigas en bosques secos relictuales y sus alrededores, en el Valle del Cauca, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 22, No. 1-2 (1997); p.45-50

_____ ; PERFECTO, I and VANDERMEER, J. Enigmatic Biodiversity Correlations: Ant Diversity Responds to Diverse Resources. En: SCIENCE. Vol 304, (abr. 2004); p.284-286

_____ y ULLOA CHACÓN, P. Rareza y diversidad de hormigas en fragmentos de bosque seco Colombianos y sus matrices. En: BIOTROPICA. Vol. 31, No. 4 (1999); p. 64-53

AMAT, G y VARGAS, O. Caracterización de microhabitats de la artropofauna en paramos del parque nacional natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. En: Caldasia. Vol. 16, No. 79 (1991); p. 539-550

AMAT, E; AMAT, G y HENAO, L. Diversidad taxonómica y ecológica de la entomofauna micófaga en un bosque altoandino de la cordillera oriental de Colombia. En: Revista Academia Colombiana Ciencias. Vol. 28, No.107 (jun. 2004); p. 223-231

AMÉZQUITA, E. *et al.* Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Santafé de Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. 1991. p 97-227

ANDERSON, J. and INGRAMM, J. The tropical soil biology and fertility programme. A handbook of methods.1993. 18 p.

ARDILA, J y FAGUA, G. Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en transectos borde-interior de un bosque de la cordillera oriental de los Andes Colombianos. Memorias primer Congreso Colombiano de Zoología año 2000. Bogotá: Muñoz de Hoyos Editor. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. p. 52

- ALDANA, R y CHACÓN DE ULLOA, P. Megadiversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la cuenca media del río Calima. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 25, No. 1-2 (1999); p. 37-47
- BATALLÓN, P *et al.* Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas. En: Edafología. No. 5 (dic. 1998); p. 83-93
- BRAVO, I y GIRALDO, E. Manual de prácticas de química agrícola: análisis de suelos. Popayán: Universidad del Cauca. Departamento de Química. 2003; p. 2-16
- BERRIOS, P. Artrópodos asociados a suelo de renovales de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oersted (Fagacea) en la zona costera de la VIII región. En: Gayana. Vol. 66, No.1 (2002); p. 1-6
- BORNEMIZA, E. Conservación de suelos en Centroamérica y Panamá. En: Revista Biología Tropical. Vol. 24, suplemento 1 (jun. 1976); p. 83-85
- BOTERO, R. Insectos de los Páramos: Maravillas en la Coevolución entre Plantas y Animales. Boletín Cultural y Bibliográfico [online]. Vol.23, No.8 (1986). Disponible en Internet: <http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/boleti1/indice.htm>
- BOHAC, J. Staphylinid beetles as bioindicador. En: Agriculture, ecosystems and environment. Vol. 74 (1999); p. 357-372
- BURGES, A y RAW, F. Biología del Suelo. Barcelona: Omega, S.A, 1971. p. 379-388, 425-453, 463-475
- BUSTOS, J y ULLOA CHACON, P. Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla neotropical (Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia). En: Revista Biología Tropical. Vol. 13, No. 9 (1996-1997)
- BRUSSAARD, L *et al.* Biodiversity and Ecosystem functioning in soil. En: Ambio. Vol. 26, No. 8 (dic. 1997); p. 563-570
- CAMERO, E y CHAMORRO, C. Bioedafología del orden Coleoptera en tres regiones naturales de Colombia. En: Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 27 (1997); p.228-230
- CAMERO, R., E.: Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. En: Revista Academia Colombiana Ciencias. Vol. 27, No.105 (dic. 2003); p. 491-516

- CAMERO, E y CHAMORRO, C. La fauna edáfica en bosques y plantaciones de coníferas de la estación San Lorenzo-Sierra nevada de Santa marta. En: Acta biológica Colombiana. Vol. 4, No. 1 (1999)
- CHAMORRO, C. Comunidades Bioedáficas en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 1999; 10 p.
- _____. El suelo: maravilloso teatro de la vida. En: revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 25, No. 97 (dic. 2001); p. 28-34
- CARDENAS, R; ARMBRECHT, I y ULLOA, P. Staphylinidae (Coleoptera): composición y mirmecofilia en bosques secos relictuales de Colombia. En: Folia Entomológica Mexicana. Vol. 40, No. 1 (2001); p. 1-10
- CARLETTI, E. Coleoptera: Familia Carabidae y Subfamilias. [Online]. 2004. Disponible en Internet: <http://axxon.com.ar/mus/glos/g-carabidae.htm>
- CIGLIANO, M. *et al.* Sistema de Información Geográfica y Plagas de Insectos. En: Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Vol. 9, No. 51 (Marzo-Abril 1999).
- CORAL, D. Tesis de postgrado. Impacto de las prácticas agrícolas sobre las macrofauna del suelo en la Cuenca Alta del Lago Guamues, Pasto-Colombia. Universidad Nacional de Palmira. 1998. 73 p.
- COLEMAN, D y CROSSLEY, D. Fundamentals of soil ecology. San Diego: Academy Press, 1996. 68-103
- CODDINGTON, J. Estimación de la Biodiversidad desde la escala local a la Filogenética. Memorias primer Congreso Colombiano de Zoología año 2000. Bogotá: Muñoz de Hoyos Editor. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. p. 61-70
- _____. & H. LEVI. Systematics and evolution of spiders (Araneae). En: Annu. Rev. Ecol. Syst. Vol. 22 (1991); p. 565-592
- COWELL. EstimateS versión 6.0. 2000
- CUATRECASAS, J. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. En: Perez-Arbelaezia. Vol. 2, No. 8 (ene. – dic. 1989): p. 155-283.
- DE LA CRUZ, A. A preliminary study of organic detritus in a tropical forest ecosystem. In: Revista Biología Tropical. Vol. 12, No. 2 (oct. 1964); p. 175-185

- DE ISARRA, D. Distribución altitudinal de la microfauna edáfica en el cerro ventana (provincia Buenos aires, Argentina). En: Acta Zoológica Lilloana. Tomo XXVII (1970); p. 5-24
- DECAËNS, T. *et al.* La macrofauna del suelo en la Sabana bien drenada de los Llanos Orientales. En: Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. CIAT. (2001); p. 111-137
- DIX, O. Diversidad, composición y aspectos ecológicos de las comunidades de hormigas en cuatro estados sucesionales de la zona amortiguadora del parque natural nacional Paramillo, Córdoba, Colombia. Montería. Universidad de Córdoba. 2004. 175 p.
- ESCOBAR, F. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. En: Caldasia. Vol. 19, No. 3 (1997); p. 419-430
- ESCALANTE, T. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. En: Elementos 52. (2003); p. 53-56
- ERDAS Inc. Erdas Imagine. Versión 8.x. ERDAS, Atlanta. USA. 1999.
- ESRI Inc. ArcView GIS. Version 8.2 Enviromental Systems Research Institute. USA. 2003.
- EISENBERG, G and WICHARD, W. Atlas on the biology of soil arthropods. London: Springer-Verlag, 1985. 404 p.
- FIGUEROA, A; CONTRERAS, R y SÁNCHEZ, D. Evaluación de Impacto Ambiental: Un Instrumento para el Desarrollo. Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional. Cali, Colombia: Toro Corredor Editores, 1998. p. 54 – 57.
- FOURNIER, L y CAMACHO, L. Producción y descomposición del mantillo en un bosque secundario húmedo premontano. En: Revista Biología Tropical. Vol. 21, No. 1 (1973); p. 59-67
- FEIJOO, A *et al.* Dinámica de poblaciones de lombrices de tierra en áreas de laderas del Departamento del Cauca, Colombia. En: Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 30, No. 1 (jun 2000); p. 105-109
- FERNÁNDEZ, F. Las hormigas cazadoras del genero Ectatomma (Formicidae: Ponerinae) en Colombia. En: Caldasia. Vol. 16, No. 79 (1991); p. 551-564

GARCÍA, M y CHAMORRO, C. Contribución al conocimiento de la dinámica temporal de la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate. En: Estudios ecológicos del páramo y el bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia, tomo 2. Santafé de Bogotá: Luis Mora y Helmut Sturm Editores. (1994); p. 619- 630

GARCÍA, R y CHACÓN DE ULLOA, P. Estafilinidos (Coleoptera: Staphylinidae) en fragmentos de bosque seco del valle geográfico del río Cauca. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 31, No.1 (2005); p. 43-50

_____; ARMBRECHT, I y ULLOA CHACON, P. Staphylinidae (Coleoptera): Composición y mirmecofilia en bosques secos relictuales de Colombia. En: Folia entomológica mexicana. vol.40, no. 1 (2001); p. 1-10

GONZALEZ, V; DIAZ, M y PRIETO, D. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. En: Revista Biología. Vol. 17, No. 1 (2003)

GONZALEZ, O y LOPEZ, R. La macrofauna de la hojarasca y del suelo en algunos ecosistemas forestales de Cuba. Instituto de ecología y sistemática, 1987. p.1-11

GLEASON, S and EWEL, K. Organic matter dynamics on the forest floor of a micronesian mangrove forest: An investigation of species composition shifts. In: Biotrópica. Vol. 34, No. 2 (jun 2002); p. 190-198

GUTIÉRREZ, C. y ULLOA CHACÓN, P. Composición de estafilinidos (coleoptera: staphylinidae) asociados a hojarasca en tres localidades de la cordillera oriental, Colombia. En: Folia Entomológica Mexicana. Vol. 45, No. 2 (2006); p. 69-81

HALFFTER, G y ESCURRA, E. ¿Qué es la biodiversidad?. En: HALFFTER, G; (Compilador). La diversidad biológica de Iberoamérica I. En: Acta zoológica mexicana. Vol. Especial (1992); 389p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC, 2004. 23 p. (NTC 1486).

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: 1995. p. 241-266

ILWIS. ITC, RSG/GSD. Abril, 2002.

LAVELLE, P. *et al.* The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Edited by Woomer and Swift. Hong Kong: A Wiley-Sayce Publication, 1994, p. 137-169

LOBO, M. Sistemas de Información Geográfica. [Online]. 2003. Disponible en Internet: www.fauna_iberica.mncn.csic.es/html

LUNA, C. Caracterización físico química de algunos suelos volcánicos del departamento del Cauca, Colombia. En: Segundo panel sobre suelos volcánicos de América. Instituto de ciencias agrícolas y Universidad de Nariño (1972). Pasto

LINDEN, D; HENDRIX, F; COLEMAN, D and VAN VLIET, P. fauna indicator of soil quality. Edited by J. Doran; D. Coleman; D. Bezdicsek y B. Stewart. *Soil Science Society of America*. Wisconsin, USA. No. 35, (1994). p. 91-102

MARIN, E. Tesis de Pregrado. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo cuatro sistemas de labranza en el Valle del Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2000. 103 p.

MAKESCHIN, F. Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): Important promoters of soil development and soil fertility. In: *Fauna in Soil Ecosystems*. New York. (1997); p. 173-223

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. SUBDIRECCIÓN DE LICENCIAS. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. Proyecto del acueducto para la zona norte y veredas Noroccidentales de Popayán Río Palacé. Estudio de Impacto Ambiental Ajustado. Popayán. 2002.

MORÓN, M. Los insectos degradadores, un factor poco estudiado en los bosques de México. En: *Folia Entomológica Mexicana*. No. 65 (1985); p.131-137

MARSHALL, V *et al.* Status and research needs of Canadian soil arthropods. In: *Bulletin Entomological Society of Canada*. Vol. 14, No. 1 (march – mars 1982); p. 19-24

MARTINEZ W. Tesis de Pregrado. Diversidad y distribución horizontal de Calliphoridae (Insecta: Díptera) en un Valle Interandino con diferentes grados de antropización (Popayán, Colombia). Universidad del Cauca. 2003. 142 p.

MARTINEZ, C y RODRIGUEZ, M. Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de bosque seco tropical y agroecosistemas de Zambrano (Bolívar, Colombia). Memorias primer Congreso Colombiano de Zoología año 2000. Bogotá: Muñoz de Hoyos Editor. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. p. 52

MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona 1974, p.218

MORENO C. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: M&T Manuales y tesis SEA, Vol. 1, 2001. 84p.

NAVARRETE, J y QUIROZ, G. Macro coleópteros necrófilos de San José de los Laureles, Morelos, México (Coleoptera: Scarabaeoidea y Silphidae). En: Folia Entomológica Mexicana. No. 110 (2000); p. 1-13

NAVARRETE-HEREDIA, J. *et al.* Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. México: Universidad de Guadalajara y CONABIO, 2002

NARVÁEZ, C. Escarabajos saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) del parque Nacional Natural Munchique, Cauca. Memorias del XXXVII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas año 2002. Pasto: Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Universidad de Nariño. p. 279

NEITA, J, C *et al.* Entomofauna asociada a una parcela agroforestal *Borojoa patinoi* Cuatr., *Cedrela odorata* L., *Apeiba aspera* Aubl. e *Inga spectabili* Willd., en la granja de la Universidad del Chocó, municipio de Lloró, Chocó. Memorias primer Congreso Colombiano de Zoología año 2000. Bogotá: Muñoz de Hoyos Editor. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. p. 11

NEWELL, P. F. Moluscos. En: Biología del Suelo. 1971. p. 481-490

ODUM, E. Ecología. México: Interamericana, 1993.

OLIVEIRA, E y DE OLIVEIRA, E. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo: recomendacoes em areas queimadas. En: Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Vol. 28, No.3 (1993); p. 357-369

PARDO LOCARNO, L. Avances en el estudio de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en Colombia, observaciones sobre los complejos regionales y nuevos patrones morfológicos de larvas. Memorias XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología 2000. Medellín. p. 285-306.

_____ ; LOZANO, F y MONTOYA, J. Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en fragmentos de bosque seco tropical de la cuenca media del río Cauca, Colombia. En: Folia Entomológica Mexicana. No. 110 (2000); p.5-22

_____ ; MONTOYA, J y SCHOONHOVEN, A. Abundancia de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de Caldos y Buenos Aires, Cauca, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 29, No. 2 (2003); p. 177-183

_____; VÉLEZ, C; SEVILLA, F y MADRID, O. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, entres usos de la tierra, en los Andes colombianos. En: Acta Agronómica. Vol. 55, No. 1 (2006); p.43-54

PARISI, Vittorio. Biología y Ecología del suelo. Barcelona: Blume Ecología, 1979. 160 p.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL municipio de Popayán. Capítulo I. Dimensión ambiental. Documento técnico. 2001

PARRA S.. MARULANDA O. y ESCOBAR J. Sistemas de Información Geográfica (SIG), Base de la Gestión Ambiental. En: Sensores Remotos: Teledetección e Imágenes Satelitales. Medellín. Imprenta Universidad Nacional. (1997); p. 105 – 133

PEÑARANDA, M y NARANJO, G. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol del complejo migmático de Mitú bajo tres usos diferentes de suelo. En: Suelos Ecuatoriales, 28; p. 273-277

QUINTERO, M. Tesis de pregrado. Comparación en laboratorio de la patogenicidad de tres especies nativas de nematodos entomopatógenos (rhabditida) sobre larvas de tercer instar de *phyllophaga menetriesi* (blanchard) (coleoptera: scarabaeidae). Universidad del valle. 2003. 58 p.

REYES, P. ¿Porqué hay más especies de insectos que de otros animales?. En: Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. No. 43 (1992); p. 145-150

RODRIGUEZ, M. Cantidad de hojarasca descompuesta en dos áreas del bosque siempreverde Submontano de Sierra del Rosario, estimada por el método de las áreas pares. En: Reporte de Investigación del Instituto de Botánica. No. 10 (ago. 1986); p. 1-9

SALAMANCA, N y CHAMORRO, C. La edafofauna del páramo de Monserrate sector Hacienda Santa Bárbara (Cundinamarca-Colombia). En: Estudios ecológicos del páramo y el bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia, tomo 2. Santafé de Bogotá: Luis Mora y Helmut Sturm Editores. (1994); p. 631-647

SEVILLA, F *et al.* Exploración de la presencia y abundancia de la coleóptero fauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del Departamento del Cauca. Memorias del XXXVII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas año 2002. Pasto: Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Universidad de Nariño. p. 274

SERNA, F. Entomología general guías para reconocer órdenes y familias. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1996.

SERNA, F.J. Las Hormigas, bioindicadoras de la salud de los ecosistemas terrestres. En: Aconteceres Entomológicos, para Comprender los Insectos y Estudiarlos. Seminario No.2. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1999. p. 233 - 251

SMITH, T y SMITH, R. Ecología. 4 ed. Madrid: Addison Wesley, 2001. p. 124-138

SOTO, S. Meso y macrofauna de la hojarasca en condiciones de dosel cerrado y claros en una selva húmeda tropical. En: Folia Entomológica Mexicana. Vol. 41, No. 1 (2002); p. 105-108

SORENSEN, T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of organisms symposium. D.A. Wolfe. 1948. p. 78-94.

STURM, H *et al.* Distribución de animales en las capas bajas de un bosque húmedo tropical de la región Carape-Opon (Santander, Colombia). En: Caldasia. Vol. 10, No. 50 (may 1970); p. 528-578

_____. Suelo. En: Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Alto Andino Cordillera Oriental de Colombia. Tomo 1. No. 6. (1994) Santafé de Bogotá: Luis Mora y Helmut Sturm Editores. p. 35-44

SCHLESINGER, W. Biogeoquímica un análisis del cambio global. Barcelona: Ariel, S.A, 2000; p. 237-245

VERA, M. Incidencia del manejo tradicional sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un vertic trophumult en ambiente bioclimático de selvas nubladas. En: Agronomía Tropical. Vol. 42, No. 1/2 (1992); p. 5-25

VIÑUELA, O. Coleóptera. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Vol 2, 2000 México. Jorge Llorente, Enrique Gonzáles, Nelson Papayero Editores. p.657

ZABALLOS. La Compactación del Suelo: Exploración del Suelo por las Raíces II (Online). 2006. Disponible en Internet: weblogs.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de componentes principales de los parámetros físicos químicos del bosque Las Guacas.

Parámetro	Factor 1	Factor 2
Humedad %	0,997955	-0,063925
Arenas %	-0,938221	0,346037
Limos %	0,962353	-0,271802
Arcillas %	0,899933	-0,436029
pH	-0,692678	-0,721247
C %	-0,570332	0,821415
M.O %	-0,563949	0,825810
Acidez Int	0,800655	0,599126
Aluminio Interc	-0,991628	0,129128
P ppm	0,782935	-0,622104
CIC	-0,241957	-0,970287
Ca interc.	-0,881442	-0,472292
Mg interc	-0,886756	-0,462237
Ca/Mg	-0,689912	-0,723894
K inter.	-0,918751	-0,394837
Na interc.	-0,998419	-0,056202
Riqueza	0,758050	-0,652196

Anexo 2. Análisis de componentes principales de los parámetros físicos químicos del bosque Clarete.

Parámetro	Factor 1	Factor 2
Humedad %	-0,965835	-0,259159
Arenas %	-0,897697	0,440613
Limos %	0,787073	-0,61686
Arcillas %	0,965505	-0,260385
pH	-0,991734	0,128308
C %	0,924859	0,38031
M.O %	0,922317	0,386435
Acidez Int	0,904567	0,426332
Aluminio Interc	0,909962	0,414692
P ppm	-0,793717	0,608287
CIC	0,411514	0,911404
Ca interc.	0,961678	0,27418
Mg interc	0,788695	0,614784
Ca/Mg	0,975542	-0,219815
K inter.	-0,99934	0,036332
Na interc.	-0,461817	0,886975
Riqueza	-0,516334	0,856387

Anexo 3. Lista de morfoespecies para los dos bosques.

MORFOESPECIE	B. Guacas	B. Clarete
1.Larva de coleóptero (posible Ptilodactylidae)	x	x
2. Coleóptero (Staphylinidae)	x	x
3.Diplopodo (Orden Polydesmida)	x	x
4. Diplopodo (Orden Polyzoniida)	x	x
5. Ninfa (Coleóptera)		x
6.Opilion (Opilionidae)	x	x
7.Opilion (Opilionidae)		x
8. Oruga (Lepidoptera)	x	x
9. Chinche (ninfa Hemiptera)		x
10.Opilion (Opilionidae)		x
11. Cucaracha (Blattodea)	x	x
12.Pupa (Lepidoptera)		x
13. Hormiga (<i>Labidus praedator</i>)	x	x
14. Coleóptero (Staphylinidae/ Piestinae)	x	x
15.Chilopodo (Orden Geophilomorpha)	x	x
16. Larva de coleóptero (Melolonthidae)	x	x
17. Lombrices (Oligochaeta)	x	x
18. Coleóptero (Melolonthidae / Melolonthinae)		x
19.Diplopodo (Orden Spirobolida, posible Flia Rhinocricidae)	x	x
20. Larva de coleóptero (posible Cuculionidae)	x	x
21. Chilopodo (Orden Scolopendromorpha)	x	x
22. Homoptero (Homoptera)	x	
23. Dipluro (Diplura)	x	x
24.Hormiga (<i>Camponotus sp.1</i>)	x	
25. Coleóptero (Chrysomelidae/ Alticinae)	x	
26. Chinche (Ninfa Hemiptera)	x	x
27. Mantis (Mantodea)	x	
28. Coleóptero (Elateridae)		x
29. Larva de coleóptero (posible Elateridae)	x	x
30. Coleóptero (Melolonthidae/Rutelinae)	x	
31. Coleóptero (Melolonthidae/Dynastinae)	x	x
32.Coleóptero (Pedilidae)	x	
33. Coleóptero (Carabidae/Harpalinae)		x
34. Coleóptero (Tenebrionidae/Tenebrioninae)	x	x
35. Coleóptero (Scarabaeidae/Scarabaeinae (<i>Canthidium sp.1</i>))	x	x
36.Diplopodo (Orden Glomeridesmida)	x	x
37. Hormiga (<i>Cyphomyrmex sp.1</i>)	x	
38. Chinche (Reduviidae)	x	
39.Coleóptero (Carabidae/Paussinae)	x	
40. Coleóptero (Melolonthidae / Melolonthinae)	x	
41. Hormiga (<i>Pachycondyla stigma</i>)	x	
42. Hormiga (<i>Pachycondyla sp.1</i>)	x	x
43.Coleóptero (Melolonthidae / Melolonthinae)	x	

44. Larva (Diptera)	x	x
45.Coleóptero (Cebrionidae)	x	
46.Coleóptero (Cantharidae)	x	
47.Hexapodo (Hymenoptera)		x
48.Pupa (Lepidoptera)	x	x
49.Coleóptero (Erotylidae)	x	
50. Termitas (Isoptera)	x	x
51.Coleóptero (Carabidae/Harpalinae)	x	x
52.Ninfa chinche (posible Pyrrhocoridae)	x	
53. Inmaduro (posible Discolomidae)		x
54. Larva (Diptera)	x	x
55. Larva (Coleoptera)		x
56.Opilion (Opilionidae)	x	
57.Coleóptero (Carabidae/ Harpalinae)	x	
58.Araña (Araneae)	x	x
59.Araña (Araneae)	x	x
60. Larva (Diptera)		x
61.Coleóptero (Cebrionidae)	x	
62.Coleóptero (Carabidae/ Harpalinae)		x
63. Homoptero (Cicadidae)	x	
64. Pseudoescorpion (pseudoescorpiones)		x
65. Pupa (Lepidoptera)	x	x
66.Coleóptero (Melolonthidae / Melolonthinae)	x	
67.Opilion (Opilionidae)		x
68.Coleóptero (Elateridae)		x
69. Coleóptero (Cucujidae)	x	x
70.Larva (Diptera)	x	x
71.Oruga (Lepidoptera)	x	
72. Coleóptero (Scarabaeidae/Scarabaeinae (<i>Canthidium sp.2</i>))	x	x
73. Caracol (Gastéropodo)	x	x
74. Larva de coleóptero (posible Elateridae)	x	x
75.Caracol (Gastéropoda)		x
76.Diplopodo (Orden Spirobolida)	x	
77.Coleóptero		x
78.Coleóptero (Carabidae/ Harpalinae)	x	x
79. Larva (Coleoptera)		x
80. Araña (Araneae)		x
81.Larva (Diptera)		x
82.Coleóptero (Histeridae)	x	
83.Cucaracha (Blattodea)	x	
84. Larva (Coleoptera)		x
85. Tijereta (Dermaptera)	x	x
86. Tijereta (Dermaptera)	x	x
87.Cucaracha (Blattodea)	x	x
88.Larva (Coleoptera)	x	x
89.Coleóptero		x

90.Larva (Isoptera)		X
91.Coleóptero (Elateridae)	X	
92. Chilopodo (Orden Geophilomorpha)		X
93. Caracol (Gastéropodo)		X
94. Coleóptero (Staphylinidae)		X
95. Larva		
96. Larva (Coleoptera)		X
97. Ninfa Chinche (Pentatomidae)		X
98.Coleóptero (Curculionidae/Brachyderinae)		X
99. Coleóptero (Histeridae)	X	
100. Tijereta (Dermaptera)	X	
101.Oruga (Lepidoptera)		X
102.Coleóptero (Staphylinidae)	X	X
103.Oruga (Lepidoptera)		X
104.Coleóptero (Tenebrinidae)		X
105.Ninfa chinche (Hemiptera)		X
106.Araña (Araneae)	X	X
107.Cucaracha (Blattodea)		X
108.Larva (Diptera)	X	X
109.Coleóptero		X
110.Cucaracha (Blattodea)	X	X
111. Chinche (Gelatocondae)	X	X
112.Larva (Diptera)	X	X
113.Grillo (Orthoptera)	X	
114.Oruga (Lepidoptera)	X	
115.Coleóptero (Nitidulidae)	X	X
116. Oruga (Lepidoptera)	X	X
117.Larva (Coleoptera)	X	
118.Coleóptero (Elateridae)	X	
119.Araña (Araneae)	X	
120.Larva (posible Elateridae)	X	X
121. Ninfa chinche (Miridae)	X	
122.Coleóptero (Melolonthidae/Rutelinae)	X	
123.Chinche (Cydidae)	X	
124.Larva (Diptera)	X	X
125. Opilion (Opiliones)	X	
126. Larva		X
127.Larva	X	X
128.Chinche (Reduviidae)	X	X
129.Araña Araneae)	X	X
130.Coleóptero (Staphylinidae/Piestinae)	X	X
131.Oruga (Lepidoptera)	X	
132. Cochinilla (Isopoda)	X	X
133. Oruga (Lepidoptera)	X	
134.Diplopodo (Orden Polydesmida)	X	
135.Coleóptero (Curculionidae/Erihinae)		X

136. Tijereta (Dermaptera)	x	x
137.Larva	x	x
138.Homoptero		x
139. Grillo (Orthoptera)		x
140.Diplopodo (Orden Polydesmida)	x	x
141.Larva (Coleoptera)	x	
142. Larva (Isoptera)	x	x
143. Larva (Coleoptera)	x	x
144. Hormiga (<i>Solenopsis sp.1</i>)	x	x
145.Coleóptero (Curculionidae/Curculioninae posible <i>Curculio</i>)	x	x
146. Coleóptero (Melolonthidae / Melolonthinae posible <i>Diplotaxis</i>)	x	
147.Hexapodo (Hymenoptera)		x
148. Homoptero (Cicadellidae)		x
149. Hexapodo (Hymenoptera)		x
150. Oruga (Lepidoptera)	x	
151. Hexapodo	x	
152. Rana (Flia Leptodactylidae/ <i>Eleutherodactylus w-nigram</i>)	x	
153. Hormiga (<i>Camponotus sp.2</i>)	x	x
154. Hormiga (<i>Pachycondyla sp.2</i>)	x	x
155.Hormiga (<i>Myrmelachista sp.1</i>)	x	x
156.Hormiga (<i>Crematogaster sp.1</i>)	x	x
157. Hormiga (<i>Myrmelachista sp.2</i>)	x	x
158. Hormiga (<i>Camponotus sp.3</i>)	x	x
159. Hormiga (<i>Hypoponera sp.1</i>)	x	
160. Hexapodo (Hymenoptera)	x	
161.Coleóptero (Scydmaenidae)	x	
162.Coleóptero (Staphylinidae/ Aleocharinae)	x	
163.Coleóptero (Lampyridae)	x	
164.Coleóptero (Staphylinidae/Tachyporinae)	x	
165. Coleóptero (Staphylinidae/Oxytelinae)	x	
166.Coleóptero (Aphodidae)	x	
167. Coleóptero (Curculionidae)		x
168. Opilion (Opilionidae)		x
169. Opilion (Opilionidae)		x