

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El suelo es un recurso natural de inestimable valor, un regulador de la biosfera cuya génesis y desarrollo natural transcurren en el largo plazo, pero que el uso no sostenible deteriora rápidamente, por ello, el manejo del suelo es una prioridad social y su aprovechamiento debe procurar la funcionalidad química, física y biológica del recurso. Desde el punto de vista de la conservación y productividad, se incluye el mantenimiento de la red trófica, que tiende a ser más extensa, con mayor incidencia de saprófagos y posiblemente de mayor complejidad en ecosistemas naturales que en ecosistemas alterados (Neher, 1999). Estudios realizados por Pardo *et al.* (2002) han mostrado que la estructura de los macroinvertebrados es más compleja en ambientes edáficos mejor conservados o estructurados y que además, estimulan la presencia de una mayor diversidad y abundancia de grupos depredadores; esta observación, como resultado de la práctica de los agricultores de dejar descansar los suelos que muestran síntomas de infertilidad.

Los suelos forestales. Para definir los “suelos forestales” es precisa una aproximación ecológica sobre un ecosistema en particular, caracterizado por una cubierta forestal que determina propiedades de los suelos distintas a las de otros suelos, que están asociados a un microclima, al reciclaje de los elementos, a una población microbiana específica y a la formación de ácidos orgánicos provenientes de la descomposición de la litera, que a su vez van a afectar el movimiento de los metales en el suelo (Honorato, 2000).

Existen aproximaciones más limitadas, que consideran como suelos forestales a aquellos que tienen una cubierta forestal o un uso forestal o más comúnmente, a los suelos marginales, que no tienen uso agrícola y que automáticamente por esta razón son considerados forestales; sin necesariamente tener horizontes orgánicos desarrollados y algunas otras de las características señaladas anteriormente (Honorato, 2000).

El reciclaje de los elementos en el ecosistema forestal. El desarrollo del piso forestal resultante del retorno periódico de hojas, ramas, ramillas, corteza, frutos e incluso árboles enteros es característico de los ecosistemas forestales. Estos componentes orgánicos contienen una cantidad significativa de nutrientes extraídos del suelo, que liberan como consecuencia de la descomposición, estableciéndose así un ciclo de los nutrientes. En la actividad forestal, a diferencia de la actividad agrícola, se extraen cantidades relativamente bajas de nutrientes, dados los largos períodos de cosecha y siendo la madera, además, relativamente pobre en nutrientes (Honorato, 2000).

En general, los ecosistemas forestales acumulan una capa de residuos orgánicos sobre el suelo, los cuales entran a la cadena de detritos y empiezan a descomponerse, el proceso de descomposición y liberación de elementos inorgánicos (mineralización) de la hojarasca, es esencial para el mantenimiento de su productividad (Poggiani *et al.*, 1996).

En los bosques de Eucalipto en Australia, se ha registrado que el aporte orgánico anual de hojarasca al suelo es de hasta 9.4 ton/ha, conteniendo hasta 87.7 Kg. de N; 4.6 Kg/ha de P; 14 Kg/ha K; 11.3 Kg/ha de Mg y 48.8 Kg/ha año de Ca. La constante de descomposición media es 0.26 por año, de manera que la residencia media de la materia orgánica en la litera es de 3.8 años, similar al de otros bosques templados en el mundo (Honorato, 2000).

Sin embargo, según House & Parmelee (1985), Reddy & Goud (1987) los monocultivos de altos insumos ocasionan un descenso drástico de la riqueza taxonómica, de la densidad y de la biomasa poblacional de artrópodos, lo cual se explica por la acción negativa del laboreo del suelo, la fertilización especialmente cuando ésta induce a una mayor acidificación, la modificación del microclima del suelo, la acción de pesticidas no específicos y la reducción de las reservas orgánicas de carbono disponibles en el suelo.

Existe una gran cantidad de artrópodos que habitan en la cubierta del piso forestal. Escarabajos, hormigas, ciempiés, milpiés, arañas, cochinillas, garrapatas y ácaros que son de gran importancia en la descomposición de los restos forestales pero aún se sabe muy poco sobre su identidad específica (Tapia *et al.*, 2003).

Los Coleópteros Melolonthidae. En Colombia se conoce con el nombre vulgar de chisa a las larvas de los insectos del orden Coleóptera familia Melolonthidae, cuyos adultos son escarabajos o cucarrones que varían en tamaño, forma, coloración y hábitos de acuerdo con la especie (Restrepo & López, 2000). Las chisas son larvas de tipo escarabeiforme, reconocidas fácilmente por la forma del cuerpo en “c”, una capsula cefálica definida y en general de color castaño-amarillento, el tórax y el abdomen membranosos y blanquecinos. Las pupas son de tipo exarcta y adécticas (Murelli 2006). Varias especies de estos melolóntidos constituyen un complejo de insectos que afectan en forma severa una gran diversidad de cultivos en el país, como plagas rizófagas o plagas del follaje y los frutos (Restrepo & López, 2000). Sin embargo, otras especies se han identificado como indicadoras de degradación ambiental, cumpliendo una función ecológica importante dentro de los ecosistemas que habitan y ofreciendo alternativas para su manejo (Restrepo & López, 2000).

De acuerdo con Vallejo, *et al.* (2003), las chisas están implicadas en varias funciones biológicas especialmente aquellas relacionadas con el flujo trófico de los componentes bióticos y abióticos del suelo, lo cual sucede cuando se presentan las siguientes interacciones:

- a. Interacción trófica entre la raíz de la planta y la materia orgánica.
- b. Interacción trófica con los microorganismos.
- c. Interacción trófica con la micro, meso y macrofauna.
- d. Dispersión de micorrizas.

En el municipio de Ibagué Tolima Pardo *et al.* (1995) desarrollaron observaciones preliminares de los escarabajos Melolonthidae donde se reconocen las especies distribuidas en la región, su estacionalidad, sustrato o circunstancia de colecta. De los 4.648 ejemplares de Scarabaeoidea colectados, 3.710 correspondieron a Melolonthidae.

En la región de San Antonio, Cauca, Pardo & Franco (1996) realizaron un monitoreo de chisas rizófagas, durante dos años en cultivos de yuca. La captura totalizó 55.331 ejemplares pertenecientes a 24 géneros de Scarabaeoidea. Los autores diferenciaron dos grupos, los de interés agrícola Dynastinae 59.6%, Melolonthinae 15.7%, Rutelinae 5%; y los de interés agroecológico Aphodiinae 19.2%, Geotrupinae 0.02% y Troginae 0.005%. Dentro de estos grupos se diferencian algunos géneros como *Cyclocephala*, *Phyllophaga*, *Anomala*, *Ligyris*, *Dyscinetus* y *Stenocrates* causantes de hasta un 30% de las pérdidas del cultivo. Por el contrario, se considera a *Aphodius*, *Ataenius*, *Dichotomius*, *Onthofagus* y *Omorgus* como fauna benéfica de interés edáfico pues participan en la degradación de estiércol y otros sustratos orgánicos.

Sevilla *et al.* (2002), realizaron un estudio sobre la comunidad de coleópteros edáficos en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca, encontrando que la riqueza y abundancia varió significativamente de acuerdo al uso, además reportan que las especies depredadoras se encontraron en mayor número en los ambientes mejor conservados o estructurados.

Pardo y colaboradores (2003), desarrollaron un estudio sobre los complejos regionales de Melolonthidae Rizófagos en Colombia. Su objetivo fue examinar y comparar variaciones en composición específica de los ensamblajes de Melolonthidae edafícolas, a diferentes pisos altitudinales y condiciones agrícolas. Los resultados revelan que los complejos chisa de tres altiplanos andinos, Bogotá (9 spp.), Boyacá (21 spp.) y Nariño (8 spp.) ubicados entre los 2500 y 3000 msnm, presentan una baja riqueza en ocasiones con distribución muy focalizada (*Clavipalpus*, *Plectris*, *Astaena*, *Macroductylus*) debido a que se integran de elementos orogénicos de alta montaña. En el rango altitudinal de los 1800-2200 msnm, se encuentran las regiones agrícolas frías de Antioquia, Rionegro (50 spp.) y Santuario (20 spp.) presentando estructura más compleja compartida parcialmente con aquellos de las regiones cafeteras y piedemonte entre los 1000-1500 msnm, como son Ibagué, Tolima (31 spp.); La Florida, Risaralda (15 spp.); Armenia, Quindío (12 spp.) y Caldon, Cauca (44 spp.), donde sobresale *Phyllophaga*, *Plectris*, *Macroductylus*, *Ceraspis*, *Anómala* y *Callistethus*.

En otro estudio Pardo *et al.* (2003), en la zona de Caldoño y Buenos Aires, Cauca en un rango altitudinal entre 1400-1500 msnm examinaron la variación de la abundancia, la composición y riqueza del complejo Melolonthidae en cuatro ecosistemas: yuca, pastizal, cafetal con sombrío y relicto de bosque natural secundario, obteniendo 10.261 ejemplares de Melolóntidos, distribuidos en 32 spp y los siguientes géneros: *Phyllophaga*, *Plectris*, *Astaena*, *Macroductylus*, *Ceraspis*, *Barybas*, *Isonychus*, *Anomala*, *Callistethus*, *Strigoderma*, *Leucothyreus*, *Cyclocephala*.

En algunas regiones cafeteras de los Andes occidentales de Colombia se realizó un estudio sobre posibilidades de manejo integrado de chisas Rizófagas por Pardo *et al.* (2007). Los autores documentan aspectos básicos del problema fitosanitario en la región cafetera ocasionado por las larvas de escarabajos rizófagos; presentan ilustraciones de grupos, una clave para identificación y al final una propuesta de manejo integrado.

En los altiplanos de Antioquia Londoño *et al.* (2007) desarrollaron un estudio sobre la biología, ecología y manejo de chisas, donde se analizaron 249.021 adultos de Melolonthidae representativos de las tres subfamilias, nueve tribus, 15 géneros y 32 especies. El 86.34% de los especímenes correspondieron a la subfamilia Dynastinae (215.021). La dominancia de la subfamilia Dynastinae podría estar relacionada con la acumulación de materia orgánica sin descomponer, lo cual es común sobre el suelo y dentro de él.

A nivel Internacional se describen los tres estadios larvarios y la pupa de *Euphoria basalis* (Gory & Percheron, 1833) con base en ejemplares recolectados en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, situado a 2130 msnm (precipitación media 1.187 mm y T14.4° C). La vegetación corresponde a bosque de Pino Encino muy perturbado, maíz, hortalizas y frutales como el durazno, pera y manzana; además se tienen extensiones de pastizales para el ganado. Se incluyen ilustraciones diagnósticas y datos sobre el ciclo de vida y los hábitos de esta especie, sin presentar comparaciones entre las especies encontradas en cada uso del suelo.

Tapia y colaboradores (2003) en algunos suelos forestales del estado de Puebla, México determinaron la diversidad y abundancia relativa de las especies de melolóntidos encontrados en los siguientes tipos de suelos: Bosque tropical perennifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical caducifolio, Bosque espinoso, Bosque de encino, Bosque de Coníferas, Bosque mesófilo de montaña, Pastizal, Matorral xerófilo y vegetación acuática y subacuática. Obteniendo un total de 311 ejemplares de escarabajos edafícolas en casi todos los ambientes continentales e insulares de México, desde el nivel del mar hasta los 3800 m de altitud.

En la Sierra de Quila, Jalisco, México, Bustos-Santana & Rivera-Cervantes (2003), realizaron un estudio de la abundancia estacional de los coleópteros nocturnos Melolonthidae, asociados a un bosque de Pino-Encino. Después de un año de colectas, se obtuvieron 1247 melolóntidos, distribuidos en nueve géneros y 23 especies, siendo *Phyllophaga* el género más abundante y diverso.

En México los coleópteros Lamelicornios tienen una gran importancia ecológica dentro de los ecosistemas forestales y de manera particular en las áreas agrícolas, al ser señaladas algunas especies de melolóntidos como plagas importantes, tanto en estado larval como en estado adulto (Nájera-Rincón, 1993). Por otra parte, este grupo de coleópteros también son considerados como potenciales bioindicadores (Morón, 1997), o como exponentes de la riqueza biótica (Morón, 1991)

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la vereda La Rejoja, municipio de Popayán, Cauca, cuyas coordenadas geográficas fueron: 2° 31' N y 76° 35' W, a 1800 msnm, temperatura promedio de 19 ° C y precipitación promedio anual de 2100 mm.

En la zona de estudio cuya área total fue de 17.3 ha, se seleccionaron parcelas comerciales de Eucalipto < 2 años, de 4 años, potrero semiarbolado, cultivo de plátano y parche de bosque natural.

3.1.1 Plantación de Eucalipto (< 2 años). El lote muestreado fue de 1.24 ha; la zona se caracterizó por presentar suelos de tipo franco-limoso, pH promedio de 4.45 y ricos en materia orgánica (Figura 1).

Figura 1. Fotografía de plantación de Eucalipto < 2 años.



Fotografía: Autores

3.1.2. Plantación de Eucalipto (4 años). El muestreo se realizó en un lote con un área total de 2.58 ha, reconociendo dos tipos de suelos: el primero, ubicado en zona de baja pendiente mostrando una textura franco-limoso, pH promedio de 5.08 y porcentaje de materia orgánica de 21.03, en contraste con el segundo lote ubicado en zona de mayor pendiente, con la misma textura del anterior, pero con pH promedio de 5.38 y 12.33% de materia orgánica (Figura 2).

Figura 2. Fotografía plantación Eucalipto 4 años.



Fotografía: Autores

3.1.3 Cultivo de plátano. Para el estudio se utilizaron parcelas sembrada con plátano (*Musa paradisiaca*) con área de 0.845 ha, distribuida en dos lotes; el primero con suelos franco-limosos, pH promedio de 4.91 y materia orgánica de 24.22%, y el segundo lote con suelos franco-arenosos, pH promedio de 5.28 y 17.78% de materia orgánica (Figura 3).

Figura 3. Fotografía del cultivo de plátano.



Fotografía: Autores

3.1.4 Potrero semiarbolado. En la figura 4 se observa la cobertura de potrero semiarbolado con sombrío de guamo (*Inga sp.*) delimitando los lotes. Contó con un área de 1.48 Ha. y con sistema de rotación de ganado. Presentó suelo franco-arenoso con pH promedio de 5.12 y 22.45% de materia orgánica.

Figura 4. Fotografía potrero semiarbolado



Fotografía: Autores

3.1.5 Bosque natural secundario. En el parche de bosque natural secundario la especie de mayor peso ecológico fué *Alchornea latifolia* perteneciente a la familia Euphorbiaceae, seguida por especies de las familias Myrtáceae, Chloranthaceae y Annonaceae. El área muestreada fué de 4 ha aproximadamente. Sus suelos se caracterizaron por ser franco-arenosos, con pH promedio de 4.68 y 19.46% de materia orgánica (Figura 5).

Figura 5. Fotografía del bosque natural secundario



3.2 MÉTODOS DE MUESTREO

3.2.1 Caracterización habitacional. En cada una de los diferentes hábitats a estudiar, se tomaron medidas de algunas variables que pudieron influir en la dinámica de las poblaciones de chisas, como fueron: DAP, altura total, cobertura vegetal, temperatura ambiente, humedad relativa y volumen de hojarasca. También se tomaron muestras de suelos en cada época climática y para cada cobertura para medir algunas variables como porcentaje de humedad de campo, porcentaje de humedad higroscópica, densidad aparente, textura, pH, porcentaje de Carbono orgánico, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de Nitrógeno total y relación Carbono/Nitrógeno.

3.2.2 Muestreo de larvas de Melolonthidae. En cada una de las parcelas seleccionadas se trazaron dos transectos de 120 metros y en cada uno se ubicaron tres estaciones muestrales. Como unidad muestral se tomó un cuadrante de 1m². Las unidades muestrales estaban separadas 30 m entre si y 100 metros entre transectos. El cuadrante se marcó con una cuerda y se cavó hasta 30 cm de profundidad. La tierra del cuadrante fue removida con ayuda de una pala y ésta fue separada sobre un plástico y revisada cuidadosamente, con ayuda de pinzas y pinceles para recoger todos los organismos presentes (Figura 6).

Figura 6. Cuadrante de muestreo de artrópofauna.



Fotografía: Autores

El material colectado fue debidamente rotulado con la información de cada parcela y depositado en viales con formol al 10%. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio de biología de la Universidad del Cauca donde se limpió el material y se guardó en alcohol al 70%. Las muestras fueron identificadas con

ayuda de claves taxonómicas y la revisión del especialista L. C. Pardo-Locarno. El muestreo se realizó en dos épocas climáticas diferentes, la primera en época de lluvia y la segunda en época seca. (Figura 7).

Figura 7. Estado inmaduro de la familia Melolonthidae.



Fotografía: Autores.

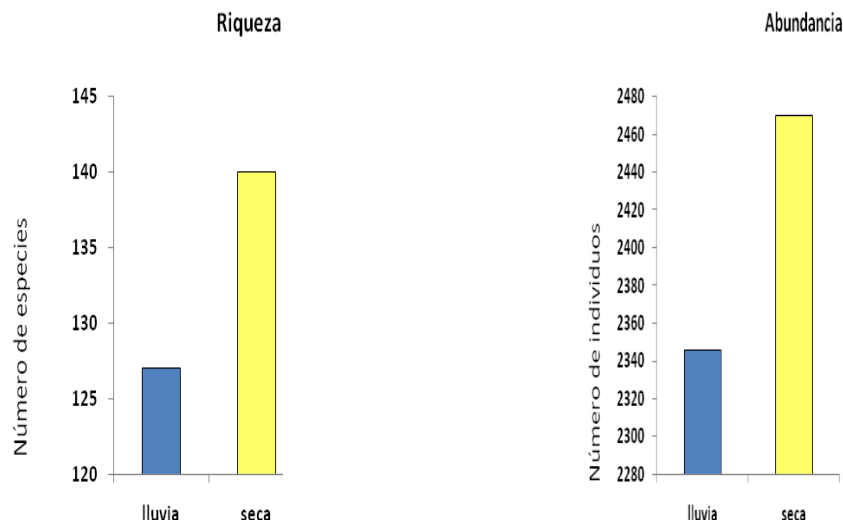
3.2.3. Análisis de los datos. Los datos obtenidos de la riqueza y abundancia de chisas fueron organizados en una base de datos en el programa Excel para Windows y por medio del estadístico de Kolmogorov-Smirnov se logró establecer la normalidad de los datos de riqueza. Posteriormente, se realizó un Análisis de varianza para determinar si existían diferencias en la riqueza de especies de chisas en las diferentes coberturas, utilizando el programa estadístico SPSS. Se calcularon índices de diversidad, dominancia, equitabilidad, riqueza estimada y curva de acumulación de especies utilizando el programa estadístico Stimates (Colwell, 1997).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ARTROPOFAUNA ASOCIADA A LAS DIFERENTES COBERTURAS

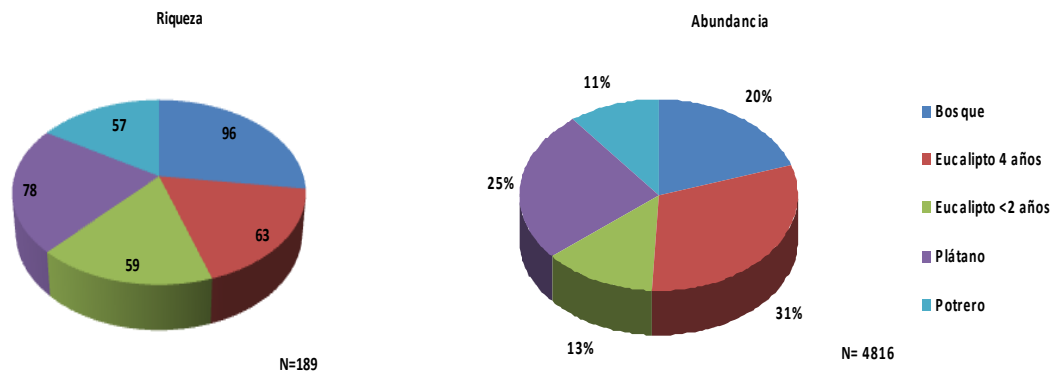
4.1.1. Riqueza y abundancia de artrópodos. Se colectaron un total de 4816 individuos de los cuales el 51% se registró en época seca (2470 individuos) y el 49% (2346 individuos) en época de lluvia; distribuidos en 4 clases, 12 ordenes y 189 morfoespecies, presentándose en época seca el mayor número de ellas (Figura 8).

Figura 8. Riqueza y abundancia de artrópodos por épocas de muestreo.



Al analizar la riqueza de especies por coberturas, se tiene que en el bosque fue mayor con 96 morfoespecies y la menor se registró en potrero semiarbolado con 57. En cuanto a la abundancia fue mayor en la plantación de Eucalipto 4 años y la menor igualmente se presentó en el potrero semiarbolado (Figura 9). Resultados similares se presentaron en un estudio sobre diversidad de artropofauna del suelo en el Valle del Cauca realizado por Patiño y Mesa (1995) donde registraron la mayor riqueza de artrópodos en la selva semintervenida en zona plana (1100 msnm) y en zona de ladera (1700 msnm), en contraste con los agroecosistemas de tomate y caña de azúcar.

Figura 9. Riqueza y abundancia de artrópodos por coberturas.



La disminución de la riqueza y abundancia de artrópodos como ocurre en el potrero semiarbolado, es explicada por Ducatti (2002) quien afirma que los organismos del suelo son afectados por la compactación, disminución en la calidad y cantidad de material orgánico y la destrucción del revestimiento vegetal del terreno, que causan fluctuaciones microclimáticas y expone a los organismos a excesos de temperatura (exposición directa del suelo al sol), a ciclos de humedecimiento y secado (estrés hídrico prolongado e inundación).

El bosque presentó el mayor número de especies exclusivas y el menor valor se reportó en potrero. Solo el 12% de las especies fueron compartidas entre las cinco coberturas (Figura 10). De lo anterior se infiere que el mayor número de especies exclusivas encontradas en el bosque natural, se debe a que este ecosistema presenta menor grado de intervención antrópica, aún se encuentran muchas plantas superiores que determinan la formación del mantillo de un ambiente y así mismo ofrecen una variada oferta alimenticia y espacios para su establecimiento, que podrían explicar la mayor variedad y abundancia de la comunidad en este estrato (Ceballos, 2007); a diferencia de los otras coberturas que han sido drásticamente transformadas y con un manejo agrícola intensivo.

Entre las clases identificadas, la más abundante y diversa fue la clase Insecta con 3853 individuos distribuidos en 175 especies. La clase menos abundante y diversa fue Arácnida (Figura 11). Los insectos son artrópodos que viven en el suelo en grandes cantidades, tanto en términos de biomasa como en términos del número de individuos y de especies (Lopes, 1997) y constituyen un elemento vital en la compleja cadena de relaciones entre la vida vegetal y la vida animal (Berti, 1995).

Figura 10. Riqueza y exclusividad de especies de artrópodos distribuidos por coberturas.

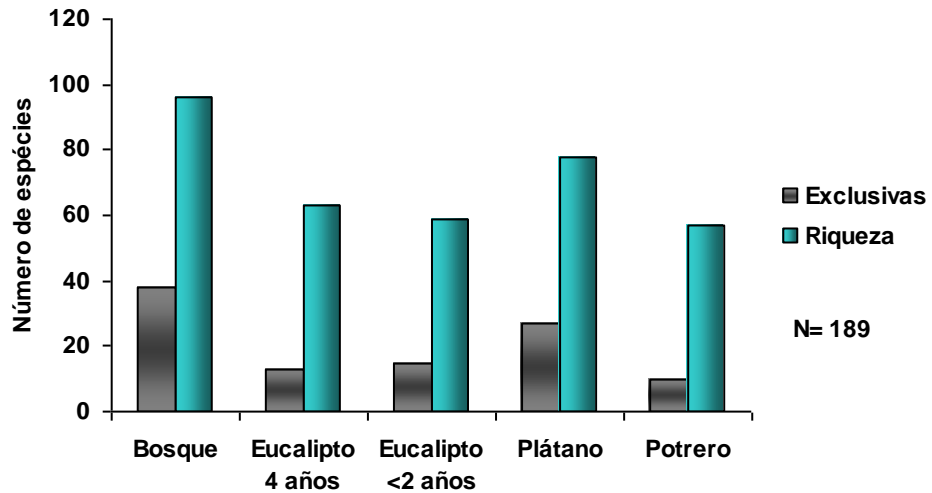
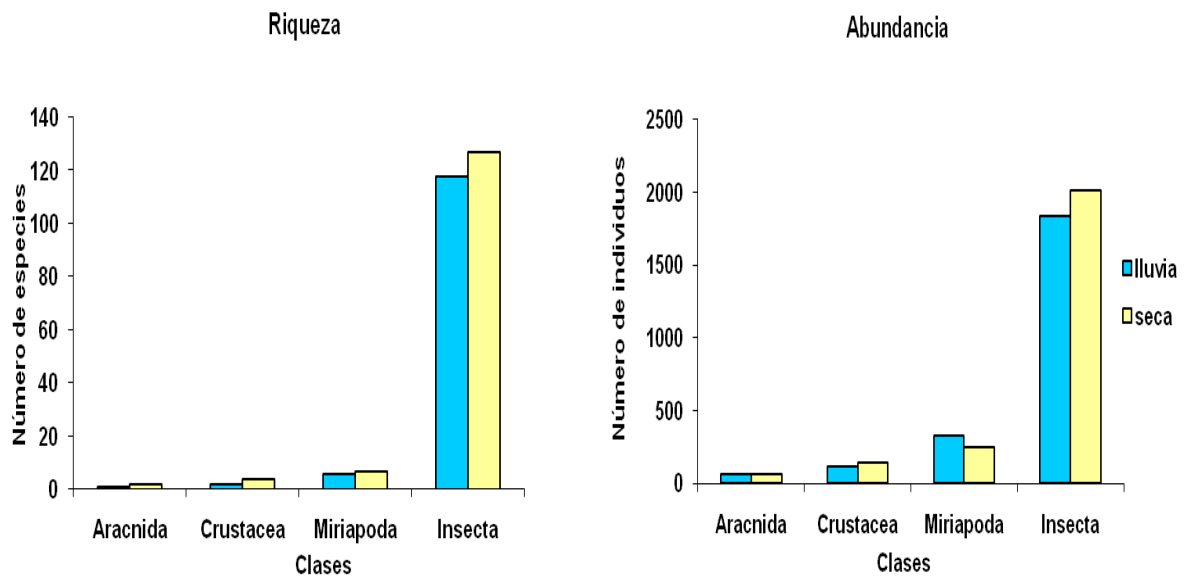
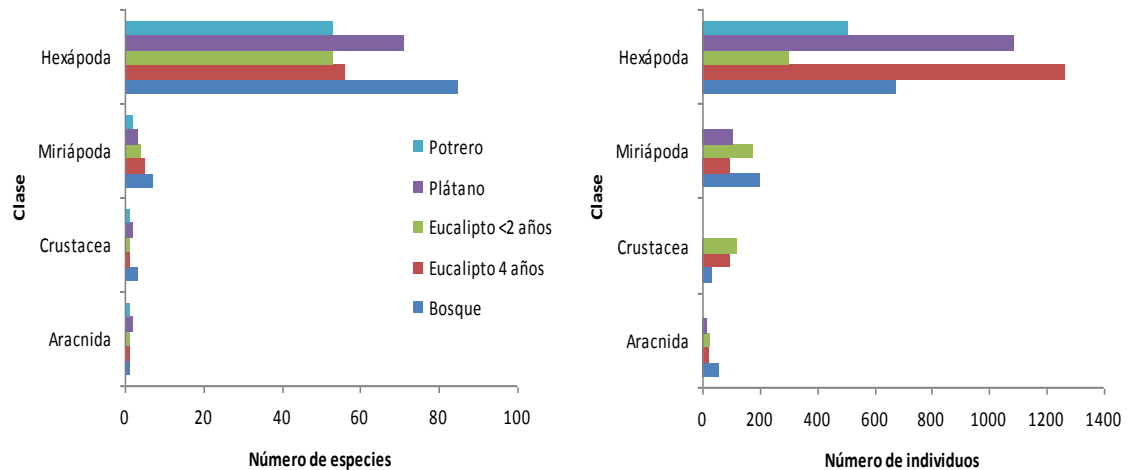


Figura 11. Riqueza y abundancia de artrópodos distribuidos por clases en las épocas muestreadas.



A nivel de las coberturas, la clase Insecta también fue la que registró la mayor riqueza y abundancia de especies (Figura 12).

Figura 12. Riqueza y abundancia de artrópodos distribuidos por clase en cada cobertura.



Dentro de la clase insecta, el orden Coleóptera fue el más representativo, presentando mayor riqueza y abundancia de estados inmaduros en la época de lluvia. Los coleópteros son el orden más grande de la clase y a su vez uno de los más abundantes del suelo (Marín, 2000). El orden Hymenóptera también reportó un alto número de morfoespecies representados en la familia Formicidae (Neita, Cortés & Madrigal, 2001) con mayor presencia en la época seca, al igual que los ordenes Díptera, Isóptera y Heteróptera (Figura 13).

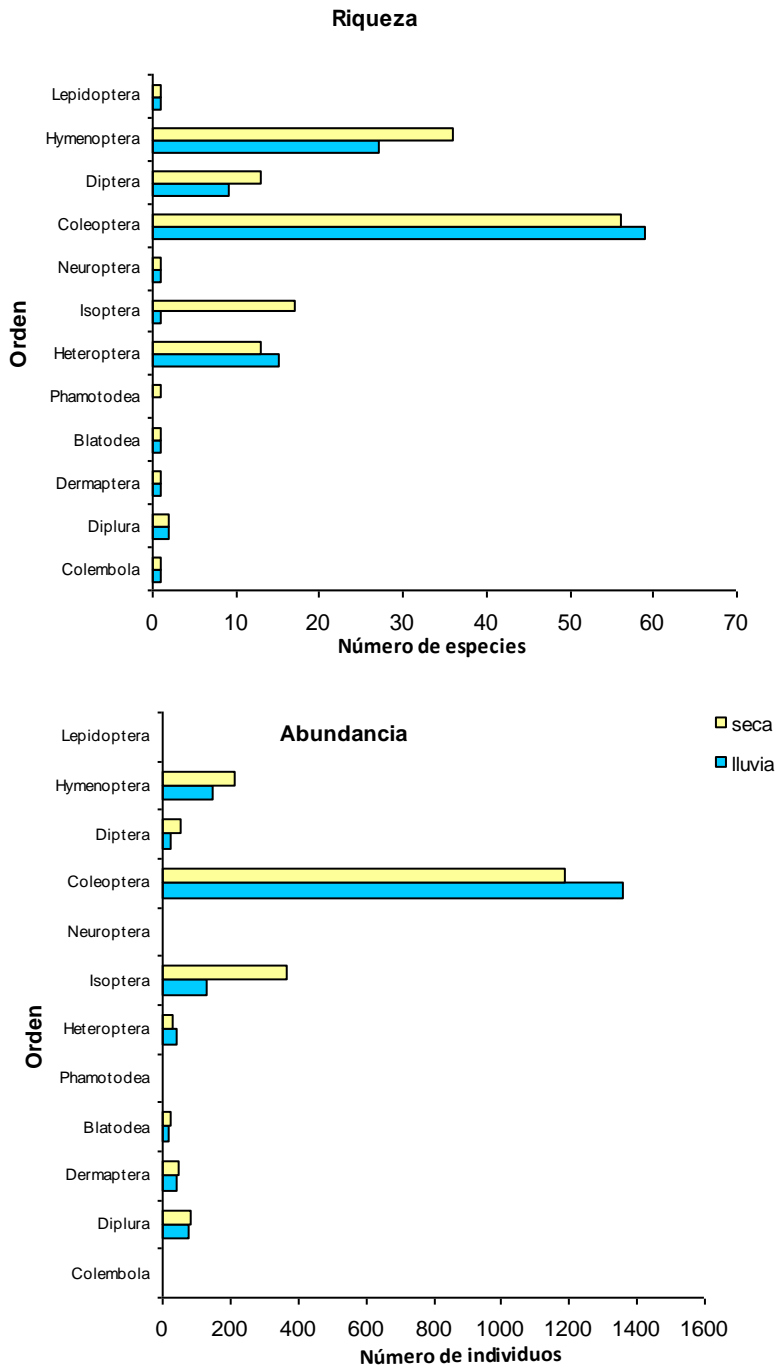
Según Lobry de Bruyn (1999), las comunidades de hormigas cambian su densidad de acuerdo al grado de perturbación del hábitat, siendo indicadoras de la calidad del suelo al igual que las termitas quienes son consideradas por Stork & Eggleton, (1992) como insectos muy frágiles que en ocasiones no soportan prácticas como la tala de la vegetación, quema y establecimiento de cultivos.

Las comunidades de Coleópteros responden de manera diferente a las alteraciones del medio, ya que algunos grupos son muy sensibles a la perturbación que causa la remoción de especies vegetales en sistemas agrícolas, debido a que su riqueza esta fuertemente correlacionada con la diversidad de vegetación presente en el agrosistema (Stork & Eggleton, 1992; Nestel *et al.*, 1993).

Del orden Coleóptera sobresalen estados inmaduros de la familia Melolonthidae conocidos comúnmente como chisas con 2017 individuos muestreados, datos que coinciden con otros estudios realizados en el departamento del Cauca (Pardo *et*

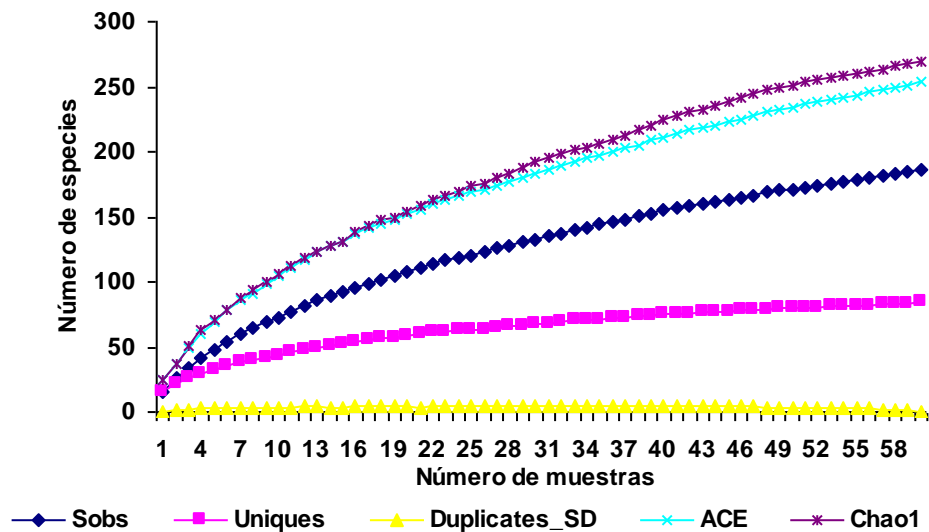
al., 2003; Pardo, Montoya & Schoonhoven, 2003) y en otras regiones de Colombia (Pardo, Morón & Montoya, 2006; 2007).

Figura 13. Riqueza y abundancia por órdenes de la clase insecta entre épocas muestreadas.



4.1.2. Curva de acumulación de especies y eficiencia de muestreo. Al realizar la curva de acumulación de especies de artrópodos encontrados en todo el estudio y teniendo en cuenta los estimadores de riqueza CHAO1 y ACE (Coddington, 2000), los cuales se basan en la abundancia relativa de los individuos que pertenecen a un determinado grupo en una muestra, se calcula una eficiencia de muestreo del 71,3% (Figura 14). Este resultado sugiere que al seguir muestreando existe la probabilidad de aumentar la riqueza de la artropofauna edáfica en un 28%.

Figura 14. Curva de acumulación de especies para artrópodos.



4.1.3. Índice de diversidad, dominancia y equitabilidad. De acuerdo con los valores calculados para el índice de Shannon el bosque reportó el mayor valor y la plantación de Eucalipto 4 años el menor. Ceballos (2007) afirma que los 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 por 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 la artropofauna pueda establecerse y tenga mayor acceso a recursos alimenticios y de nidificación.

Linares *et al* (2007), obtuvieron resultados similares en un estudio sobre la macrofauna del suelo en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. Las coberturas evaluadas fueron sistema agroforestal con café, sistema agroforestal con cultivos transitorios, bosque secundario manejado y bosque primario, donde se encontró que el bosque secundario fue más diverso y el menos diverso fue el sistema agroforestal con café. Además se observó que en el bosque secundario la diversidad se distribuyó de una manera más uniforme que en los otros sistemas.

Los índices de dominancia y equitabilidad, muestran que en el bosque las especies se encuentran mejor distribuidas, a diferencia de las otras coberturas donde predominan algunos géneros de chisas (Tabla 1; Figura 20).

Tabla 1. Índices calculados para los artrópodos colectados en las diferentes coberturas

	Bosque	Eucalipto 4años	Eucalipto <2 años	Plátano	Potrero
Riqueza	96	63	59	79	57
Abundancia	967	1479	627	1228	515
Dominancia	0,04952	0,1706	0,1064	0,1331	0,1732
Shannon	3,585	2,314	2,767	2,863	2,599
Equitabilidad	0,7854	0,5586	0,6785	0,6552	0,6427

4.2. ESTADOS INMADUROS DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE ASOCIADOS A LAS DIFERENTES COBERTURAS

4.2.1. Grupos funcionales. Para entender el efecto que tienen las diferentes coberturas estudiadas sobre las poblaciones de chisas es necesario conocer el hábito alimenticio de estos grupos y su distribución en los ecosistemas (Restrepo & López, 1998; Victoria & Pardo, 2000; Pardo *et al.*, 2003; Pardo, Gaigl & Varela, 2003).

Saprófago: se alimentan de materia orgánica de origen vegetal en descomposición.

Saproxilófago: se alimentan de materia orgánica de origen vegetal en descomposición y de madera (tejidos xilosos)

Rizófagos: se alimentan de raíces de diferentes plantas.

De acuerdo a esta caracterización en la Tabla 2, se listan las diferentes especies de chisas encontradas en las coberturas estudiadas.

En Colombia se han realizado estudios sobre algunos géneros de Melolonthidae de importancia agrícola, como *Anomala*, *Barybas*, *Macroductylus*, *Plectris pavid*a (Pardo *et al.*, 1995; Restrepo & López, 1998; Victoria & Pardo, 2000; Pardo *et al.*, 2003). En regiones cafeteras de Risaralda y Quindío sobresalen especies de *Phyllophaga* y *Ceraspis*, considerados de importancia agrícola. En algunos municipios agrícolas de Antioquia ubicados en un rango altitudinal de 2100 a 2600 msnm con producción de leche (pastos), hortalizas, papa, frutales, se identificaron como géneros dañinos a *Phyllophaga*, *Plectris*, *Astaena* y *Ceraspis* (Londoño, 2007).

Tabla 2. Distribución de las chisas por grupos funcionales.

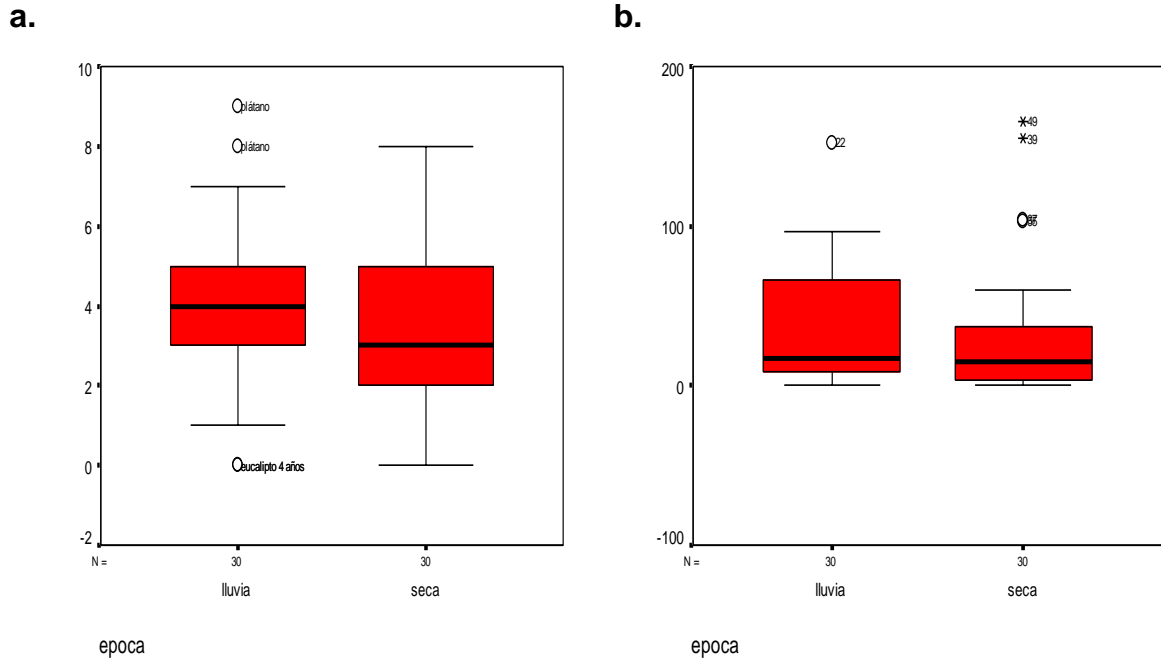
GÉNERO	GREMIO		
	Saprófago	Sapro-xilófago	Rizófago
<i>Anómala</i>			X
<i>Astaena</i>			X
<i>Barybas</i>			X
<i>Callistethus</i>			X
<i>Ceraspis</i>			X
<i>Cyclocephala</i>	X		
<i>Golofa</i>		X	
<i>Macroductylus</i>			X
<i>Phyllophaga</i>			X
<i>Plectrls</i>			X
<i>Strigoderma</i>			X

El género *Golofa* es el más diverso en el Chocó Biogeográfico (Pardo, 2005) y también se encuentra distribuido en Valle, Antioquia, Cundinamarca, Ecuador y Perú, abundan en páramos y climas fríos habitando en bases de tallo y raíces de *Chusquea* sp., troncos descompuestos y en suelos ricos en materia orgánica, siendo importante por presentar hábito saprófago (Morón & Pardo, 1994). De lo anterior se deduce que la presencia de este género sugiere suelos sanos, de poca perturbación antrópica y en general de ecosistemas conservados.

Morón (2006) menciona que la densidad y la diversidad de la vegetación herbácea condicionan la abundancia y la riqueza de las especies rizófagas, mientras que la diversidad y la densidad de la vegetación arbórea y arbustiva condicionan la riqueza y la abundancia de las especies saprófagas, aunque se debe tener en cuenta el tipo de suelo y sus características físicas.

4.2.2. Riqueza y abundancia de chisas. Del total de larvas de la familia Melolonthidae encontradas (2017 individuos), el 53,3% fue colectado en época de lluvias, estas larvas se encuentran distribuidas en 13 géneros de 14 especies. La figura 15a. muestra los valores medios de riqueza de chisas encontradas por épocas, donde se observa que la mayor variabilidad se reportó en la época seca, en contraste la figura 15b. muestra los valores medios de abundancia de chisas por épocas, siendo la época de lluvia la que favoreció la mayor variabilidad de individuos.

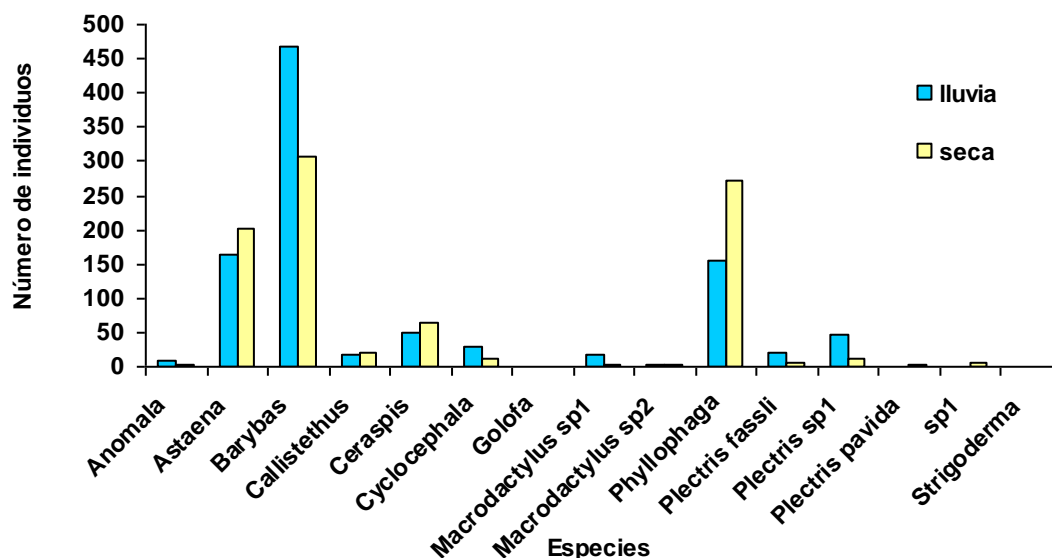
Figura 15. Valores medios de la (a) riqueza y (b) abundancia de chisas colectadas por épocas.



Al realizar un análisis detallado de la composición de las chisas, se observa que el género *Barybas* fue el más abundante con 468 individuos en época de lluvia y 308 en época seca, seguido por el género *Phyllophaga* con 154 y 272 individuos y *Astaena* con 164 y 201 individuos, respectivamente. El género menos abundante fue *Golofa* con solo un ejemplar en la época de lluvia (Figura 16). En un estudio realizado por Victoria & Pardo (2000) en cultivos de yuca, café, espárragos, fique, ornamentales, piña, plátano y tomate se concluyó que los complejos de plagas de Caldo mostraron una gran dinámica estacional con variaciones de la riqueza y la abundancia. Estas diferencias se mantuvieron aún entre cultivos cercanos sugiriendo una distribución localizada por parches, un comportamiento similar se presentó en las poblaciones de chisas encontradas en el bosque natural, plantación de Eucalipto < 2 años y potrero semiarbolado.

A los datos de riqueza de chisas se les aplicó el estadístico de prueba de Kolmogorov-Smirnov, encontrándose normalidad en los datos (p: 0,001). Posteriormente se realizó una análisis de varianza resultando diferencias significativas en la riqueza de especies de chisas entre coberturas ($F_4: 14,288$; $p:0,0001$).

Figura 16. Abundancia de estados inmaduros de la familia Melolonthidae (chisas) en las épocas muestreadas.



Al realizar una post-anova se logró establecer diferencias significativas ($p: 0,0001$) en la riqueza de especies de chisas entre algunas coberturas. Se observó que entre las plantaciones de Eucalipto, el tiempo de establecimiento del cultivo parece generar un cambio en la composición de especies de chisas y en su abundancia (Tabla 3). Los modelos de explotación agrícola convencional, con monocultivos a largo plazo y marcada simplificación ecológica, afectan el balance de los agroecosistemas propiciando que algunas especies de insectos preadaptadas se conviertan en plagas de diversos cultivos (Victoria & Pardo, 2000).

Tabla 3. Prueba post-anova. Riqueza total de chisas por coberturas.

	(I) Hábitat	(J) Hábitat	Diferencia entre medias (I-J)	Significancia
DHS de Tukey	Bosque	Plátano	-3.58(*)	.000
	Eucalipto 4 años	Eucalipto 2 años	2.42(*)	.004
	Eucalipto 2 años	Plátano	-4.33(*)	.000
		Potrero	-2.50(*)	.003

En la plantación de Eucalipto 4 años se observó la mayor riqueza de chisas con los géneros *Barybas* y *Phyllophaga* como los más representativos caracterizándose por su hábito rizófago. Un comportamiento similar se observa en algunos suelos forestales del estado de Puebla, México, donde el género mejor representado es *Phyllophaga* con cinco especies, considerándose a *Phyllophaga rubela* (Bates) como la única especie de Melolonthidae con importancia forestal en

México, ya que atacan plántulas de viveros forestales o árboles jóvenes de pinos (Tapia *et al.*, 2003).

El bosque presentó la menor riqueza total, con el mayor número de individuos en los géneros *Phyllophaga* y *Astaena* cuyo hábito alimenticio es rizófago (Pardo *et al.* 2003; Pardo *et al.* 2007). Sin embargo Deloya (2006) afirma que el género *Phyllophaga* tiene hábito alimenticio rizo-filófago lo cual quiere decir que se alimentan con raíces, materia orgánica en descomposición o pueden ser facultativas. De lo anterior se puede sugerir que el género *Phyllophaga* cumple un papel importante en el ciclo de los nutrientes en el bosque, al establecer su alimentación en base a la materia orgánica descompuesta.

Analizando la riqueza entre coberturas, se observa que la época de lluvia presenta la mayor diversidad en el cultivo de plátano con 11 especies. En época seca los más diversos son el cultivo de plátano y potrero semiarbolado con 10 especies cada uno; por el contrario las coberturas con menor riqueza son el bosque y la plantación de Eucalipto < 2 años con 5 especies cada una y en ambas épocas (Figura 17a). Estos resultados se ajustan a las pruebas de post-anova realizadas en cada época, encontrándose diferencias significativas en la diversidad de chisas entre algunas coberturas. Se observa que la mayor diversidad de melolóntidos se asocia a los ecosistemas más intervenidos y con mayor período de uso del suelo (Tabla 4). Morón (2006) afirma que la riqueza y la representatividad de cada especie en las muestras estudiadas, en general tiene congruencia con el tipo de hábitat y su estado de conservación o grado de perturbación.

Tabla 4. Prueba post-anova. Riqueza de chisas por coberturas en las épocas muestreadas.

ÉPOCA DE LLUVIA	(I) Hábitat	(J) Hábitat	Diferencia entre medias (I-J)	Significancia
DHS de Tukey	Bosque	Plátano	-3.67(*)	.002
	Eucalipto 4 años	Eucalipto 2 años	3.33(*)	.005
	Eucalipto 2 años	Plátano	-5.00(*)	.000
ÉPOCA SECA				
DHS de Tukey	Eucalipto 4 años	Plátano	-3.67(*)	.008

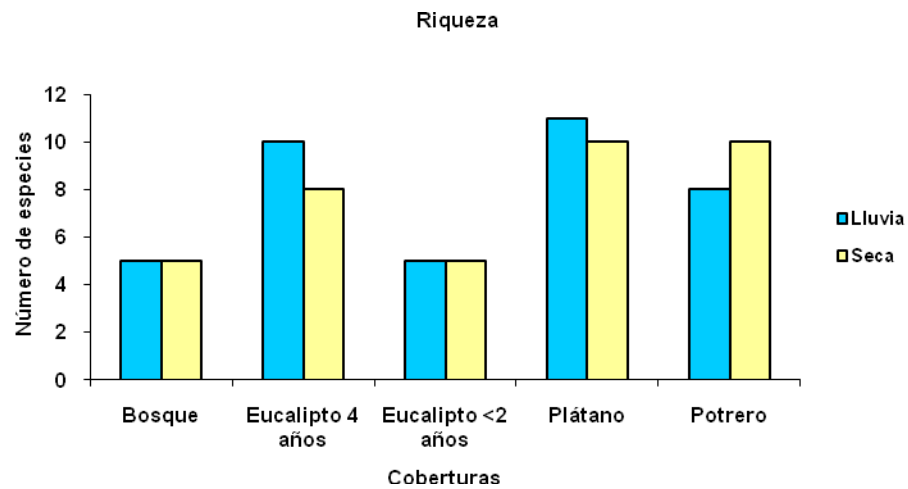
Las coberturas que registraron la mayor abundancia de chisas tanto en época de lluvia como en seca fueron el cultivo de plátano y plantación de Eucalipto 4 años, a diferencia del bosque y plantación de Eucalipto < 2 años que presentaron el menor registro de abundancia (Figura 17b).

En el suelo de los bosques la abundancia o la densidad de larvas parece ser mucho menor que en los terrenos abiertos con cierta abundancia de herbáceas, sobre todo gramíneas. Por estas razones un monocultivo extensivo sería lo mas

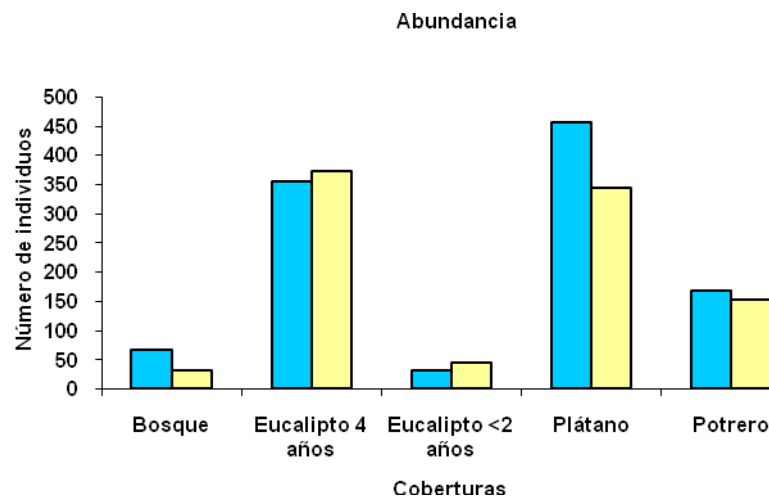
parecido a una pradera natural donde la riqueza de especies puede ser baja, pero la densidad o abundancia de larvas puede ser muy alta (Morón, 2006).

Figura 17. Riqueza y abundancia de estados inmaduros de la familia Melolonthidae (chisas) por coberturas en las épocas muestreadas.

a.



b.

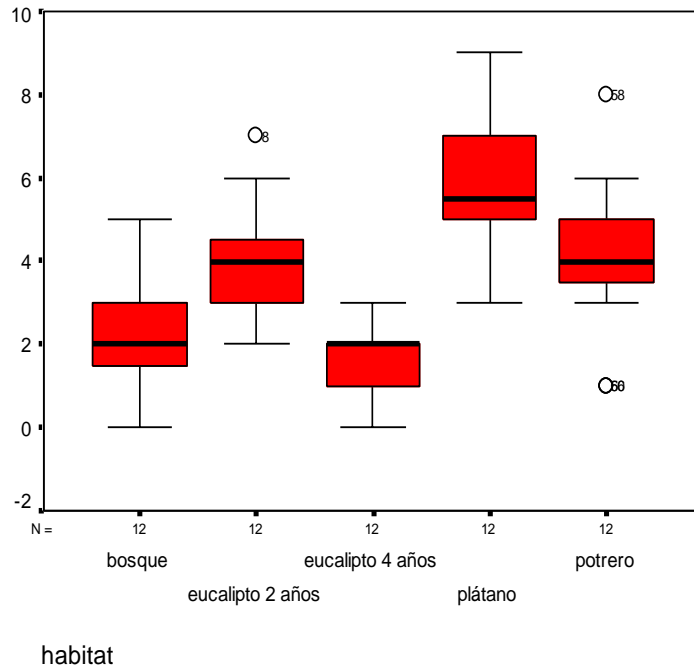


La figura 18 muestra los valores medios de riqueza de chisas encontradas por coberturas. La mayor variabilidad se reportó en el cultivo de plátano y la menor fue en bosque natural.

En el caso del género *Astaena*, Pardo, Morón & Montoya (2006) mencionan que en Colombia estas larvas son de importancia agrícola por su hábito rizófago

cuando se encuentran conformando parches de hasta 23 ejemplares/m², en suelos disfuncionales donde predominan monocultivos. En este caso *Astaena* fue uno de los géneros más abundantes en el bosque con 1.8 individuos/m², lo que significa que no puede ser considerado plaga en este tipo de ecosistema.

Figura 18. Riqueza de estados inmaduros de la familia Melolonthidae (chisas) distribuidos por coberturas.



La figura 19 muestra los valores medios de abundancia de chisas. La mayor variabilidad de individuos se obtuvo en el cultivo de plátano mientras que la menor se encontró en la plantación de Eucalipto < 2 años. Pardo, Montoya & Schoonhoven (2003), reconocen que es factible que el tipo de hábitat (parcela) inflencie la abundancia de chisas al encontrar diferencias significativas entre los cultivos de pastizal, yuca, café y bosque en Caldoño, Cauca.

Los géneros *Astaena*, *Barybas* y *Phyllophaga* fueron los más abundantes y se encontraron en mayor proporción en el cultivo de plátano, plantación de Eucalipto 4 años y potrero semiarbolado. La menor presencia de *Barybas* se presentó en el bosque (Figura 20).

Figura 19. Abundancia de estados inmaduros de la familia Melolonthidae (chisas) distribuidos por coberturas.

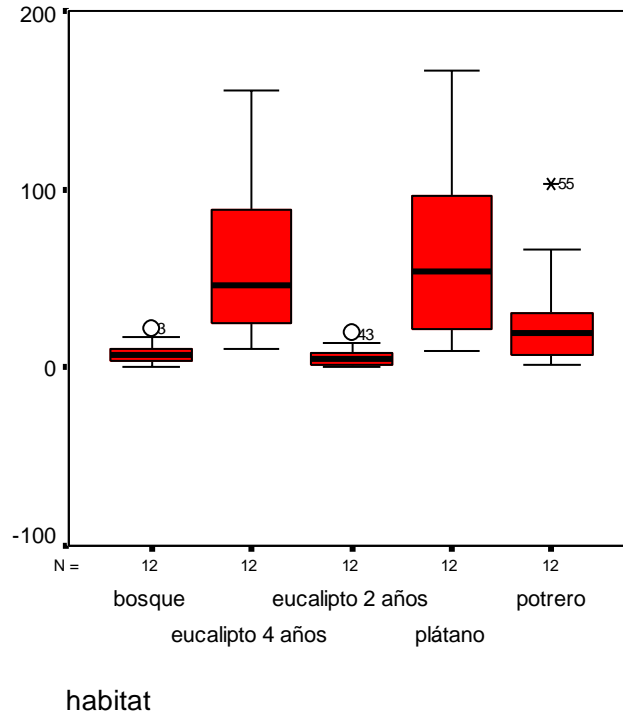
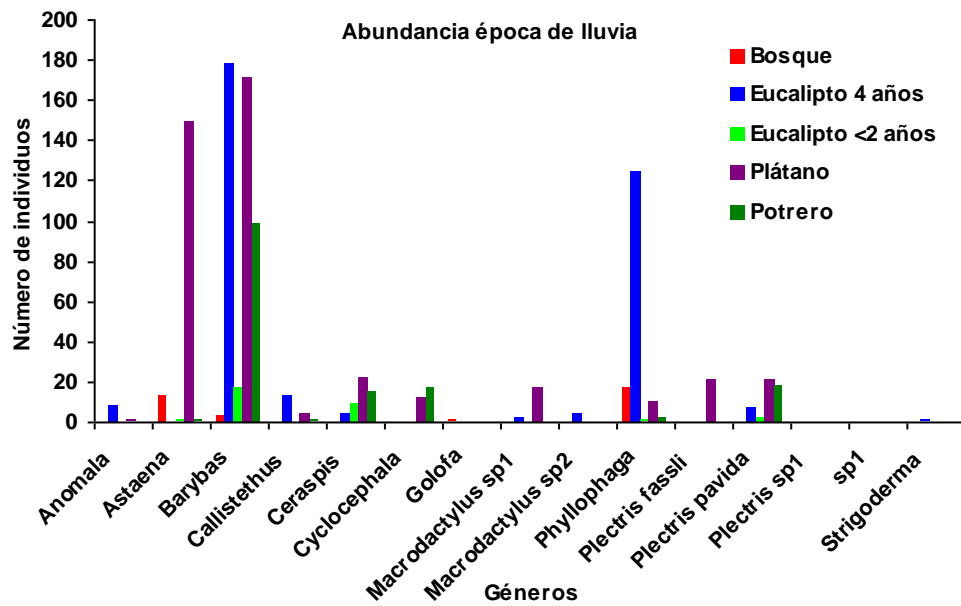
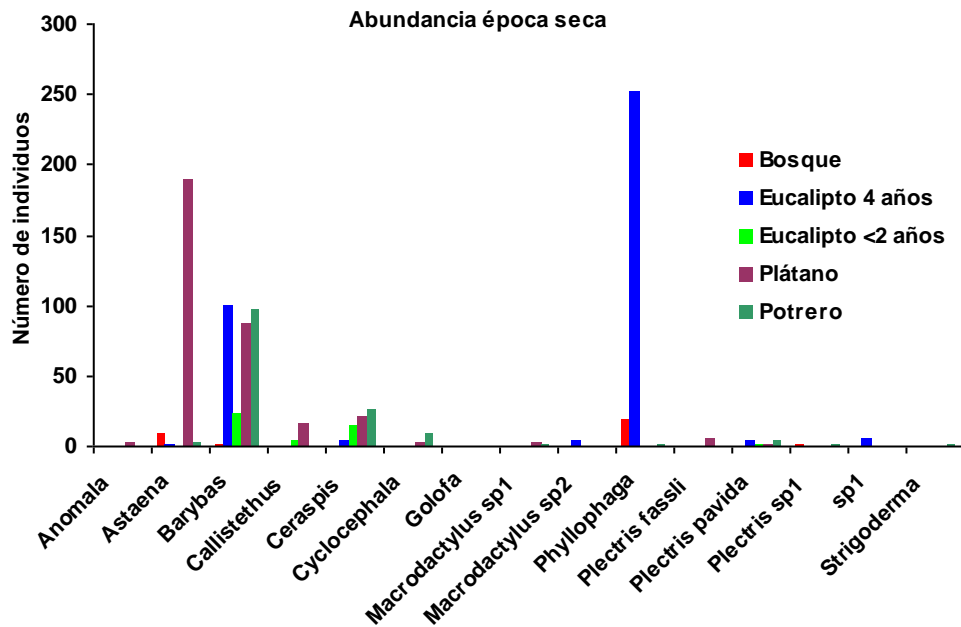


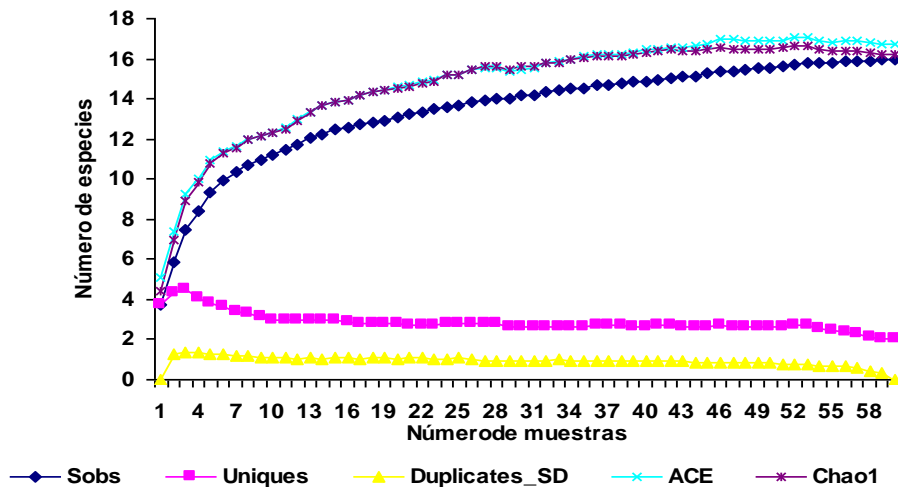
Figura 20. Abundancia de estados inmaduros de la familia Melolonthidae (chisas) por coberturas en las dos épocas muestreadas.





4.2.3. Curva de acumulación de especies y eficiencia de muestreo. Al realizar la curva de acumulación de especies para el total de chisas colectadas en las diferentes coberturas y utilizando los estimadores de riqueza ACE y CHAO1, se observa en la figura 21 que la curva de las especies observadas se aproxima a la asíntota, lo cual nos indica una muy buena eficiencia del muestreo con aproximadamente el 97,26%, es decir de acuerdo con los estimadores si se aumentan los muestreos es posible encontrar al menos una especie más.

Figura 21. Curva de acumulación de especies para estados inmaduros de Melolónthidae.



4.2.4. Índice de diversidad, dominancia y equitabilidad. Al calcular el índice de Shannon para cada una de las coberturas, se encontró que estos valores se registran en el rango de 1-2 con baja diversidad (Tabla 5).

De acuerdo con el valor del índice de dominancia, la plantación de Eucalipto 4 años presenta el mayor valor que se explica con una baja uniformidad en la distribución de especies, concentrándose la mayoría de individuos en los géneros *Barybas* y *Phyllophaga* (Tabla 5).

Tabla 5. Índices calculados para las chisas colectadas en las diferentes coberturas.

	Bosque	Eucalipto 4 años	Eucalipto <2años	Plátano	Potrero
Riqueza	6	12	7	11	11
Abundancia	97	727	74	800	319
Dominancia	0,3028	0,4152	0,3952	0,2919	0,4068
Shannon	1,314	1,145	1,186	1,597	1,327
Equitabilidad	0,7332	0,461	0,6093	0,6662	0,5533

4.3 ANALISIS DE SUELOS

4.3.1 Plantación de Eucalipto < 2 años. Los resultados obtenidos muestran que entre las cinco coberturas la plantación de Eucalipto < 2 años registró en las dos épocas el mayor porcentaje de materia orgánica. La cobertura presenta uno de los mayores porcentajes de humedad de campo en las épocas muestreadas, lo cual no concuerda con lo encontrado por Ladrach (1994) quien plantea que es natural que los árboles de una plantación joven que crecen rápidamente consuman más agua durante la formación de sus hojas, ramas, raíces, frutos y madera, que los árboles en un bosque natural viejo el cual se encuentra en un estado de "equilibrio". Por lo tanto en este tipo de plantación el contenido de humedad debería presentarse en menor porcentaje.

Para el caso del Nitrógeno total en época de lluvia, se obtuvo el valor más elevado con respecto a las demás coberturas, pero en la época seca este porcentaje disminuyó. Esto se puede explicar debido a que el incremento de la temperatura acelera el proceso de mineralización del N proveniente de la materia orgánica, el cual tiende a consumirse rápido por las plantas en estado de crecimiento. Malagón (2004) afirma que los altos contenidos de materia orgánica y el mecanismo por el cual se acumula están en estrecha relación con la baja rata de mineralización, la cual se ha atribuido a la gran capacidad en los aluminosilicatos amorfos (alófanos) para absorber los productos húmicos de diferentes grados de polimerización.

4.3.2. Plantación de Eucalipto 4 años. Al realizar el análisis dentro del cultivo de Eucalipto 4 años, teniendo en cuenta el relieve, en ambas épocas se encontró

que el N en la zona plana tiene una mayor rata de mineralización posiblemente por tener una mayor radiación que incrementa la temperatura favoreciendo la actividad microbológica del suelo ayudando a la descomposición y liberación de N. Se presentó el menor porcentaje de humedad de campo en la zona de pendiente, esto puede deberse a la pérdida de agua del suelo por escurrimiento e infiltración ya que los dos sitios tienen la misma textura. Esto lo evidencia Mila (2001) quien afirma que en suelos tropicales generalmente la intensidad de lluvias es tan alta que origina un volumen de agua mayor que el que es capaz de penetrar y moverse en el suelo, produciendo inundaciones en suelos planos y aguas de escorrentía en zonas de ladera o pendientes.

4.3.3. Cultivo de plátano. Evaluando los lotes de plátano en el lote contiguo a un cultivo de caña de azúcar se obtuvo el porcentaje de materia orgánica, humedad de campo y Nitrógeno total superiores al lote adyacente al bosque natural secundario. Observándose un comportamiento similar en las épocas de muestreo. Este resultado puede ser explicado por las prácticas agrícolas de rotación de cultivos que se realizan en el primer lote, las cuales favorecen la productividad del suelo.

4.3.4. Potrero semiarbolado. Comparando entre épocas de muestreo, el mayor porcentaje de materia orgánica, humedad de campo y Nitrógeno total se encontraron en la época seca. Se puede inferir que este resultado se debe a que el suelo del potrero recibe aportes de materia orgánica provenientes de la hojarasca de los árboles de guamo (*Inga sp.*) y de los excrementos del ganado; sin embargo los altos contenidos de materia orgánica no indican que se encuentre disponible o mineralizada.

4.3.5. Bosque natural. En época de lluvia el porcentaje de materia orgánica, de humedad de campo y de relación C/N superan a los valores de época seca. Estos resultados se interpretan como consecuencia de la variación de la temperatura, humedad relativa y precipitación entre épocas. Lo anterior se ajusta a lo expuesto en el texto Biblioteca de la Agricultura (1998) donde se describe que la mayor precipitación de una zona incide en el mayor incremento del porcentaje de materia orgánica. Así, parece lógico pensar que a mayor precipitación anual, mayor crecimiento vegetal y consecuentemente, mayor aporte de M. O. al suelo. Por el contrario, al hablar de la temperatura, se produce el efecto contrario. Cuanto mayor es la temperatura media anual más decrece el porcentaje de materia orgánica, puesto que la actividad microbiana de descomposición es mayor y, por lo tanto, el porcentaje de M. O. en el suelo se reduce.

En cuanto a la textura, la zona estudiada presenta en general texturas franco-limosas y franco-arenosas lo cual se traduce en suelos saludables, aptos para la producción forestal y agrícola con características equilibradas, proporciones adecuadas de arcillas, limos y arenas y con buenas propiedades físico-químicas.

Según los resultados de la tabla 6 se observa que, la plantación de Eucalipto < 2 años presentó el mayor porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno total, pero reportó la menor riqueza de artrópodos y de chisas. Mientras la plantación de Eucalipto 4 años obtuvo menor promedio de materia orgánica, humedad de campo y nitrógeno total, pero presentó uno de los valores más altos en abundancia de artrópodos y de chisas. El valor más alto sobre humedad de campo se presentó en el bosque natural al igual que la riqueza de artrópodos sin embargo presentó el menor valor de riqueza en chisas.

Tabla 6. Análisis de suelos en la época de lluvia.

Coberturas	Hum.C(%)	M. O.(%)	N. (%)	C/N	Artrópodos		Chisas	
					Riqu.	Abund.	Riqu.	Abund.
Eucalipto 4 años lote 1	49,32	19,15	0,958	11,59	41	664	10	355
Eucalipto 4 años lote 2	47,27	11,52	0,66	10,16				
Eucalipto < 2 años.	53,94	25,17	1,19	12,24	37	309	5	30
Plátano lote 1	51,7	24,62	1,03	13,81	50	683	11	457
Plátano lote 2	49,25	18,19	0,87	12,15				
Potrero Semiarbolado	52,45	19,77	0,72	15,84	40	295	8	167
Bosque Natural	55,95	21	0,92	13,3	60	395	5	67

Según los resultados en la tabla 7 el menor promedio de humedad de campo influyó en la mayor abundancia de artrópodos y de chisas. De igual forma Nájera, Jackson & López (2003), encontraron que existe una relación de las chisas con la disponibilidad de agua, ya que las menores densidades se registraron en sitios con exceso o falta de humedad. En las coberturas de potrero semiarbolado y cultivo de plátano se presentó la mayor riqueza de chisas, valores relacionados con los mayores porcentajes de humedad de campo, materia orgánica y nitrógeno total. El bosque natural reportó la menor relación C/N, obteniendo la mayor riqueza de artrópodos pero la menor riqueza y abundancia de chisas.

Brussaard, (1994) encontró que la artropofauna edáfica contribuye en la mineralización del nitrógeno en un 88 % incrementando la cantidad de nitrógeno tomado por la planta, señalando que esto se debe a que la mineralización del nitrógeno esta relacionado con la biomasa y actividad de los organismos.

Tabla 7. Análisis de suelos en la época seca.

Coberturas	Hum.C(%)	M.O.(%)	N. (%)	C/N	Artrópodos		Chisas	
					Riqu.	Abund.	Riqu.	Abund.
Eucalipto 4 años lote 1	51,97	22,91	0,835	15,86	46	814	8	372
Eucalipto 4 años lote 2	48,18	13,15	0,74	10,31				
Eucalipto <2 años	53,79	24,33	0,71	19,87	40	319	5	44
Plátano lote 1	53,52	23,83	1,02	13,55	57	545	10	343
Plátano lote 2	51,62	17,38	0,76	13,28				
Potrero Semiarbolado	54,76	25,14	1,1	13,25	33	220	10	152
Bosque natural	52,86	17,93	1,07	9,72	68	572	5	30

5. CONCLUSIONES

- Al igual que en anteriores estudios, se confirmó que los remanentes de bosque natural que aún persisten en una región, presentan tanto la mayor diversidad de artrópodos como de especies exclusivas por ser un ecosistema poco intervenido a diferencia de las otras coberturas muestreadas.
- De los géneros encontrados *Barybas*, *Phyllophaga* y *Astaena* fueron los más representativos, siendo considerados de importancia agrícola por su hábito rizófago. Su mayor concentración se presentó en el cultivo de plátano, plantación de Eucalipto 4 años y potrero semiarbolado, coberturas que por su manejo agrícola intensivo influyen la estabilidad de la estructura de los suelos y sus redes tróficas.
- La menor riqueza y abundancia de chisas se encontró en el bosque natural y en la plantación de Eucalipto < 2 años, compartiendo a los géneros *Astaena*, *Barybas* y *Phyllophaga* e identificando a *Golofa* como género propio del bosque.
- De acuerdo a los análisis de suelos, el bosque presentó los mayores valores de humedad de campo, incidiendo en la baja mineralización del nitrógeno en el suelo, lo cual influyó posiblemente en la mayor riqueza de artrópodos y menor riqueza y abundancia de chisas.
- Se encontraron diferencias significativas en la riqueza de chisas entre las plantaciones de Eucalipto 4 y < 2 años, mostrando que el establecimiento de una plantación altera la composición de especies y su abundancia con respecto al tiempo, lo que significa que una especie puede convertirse en plaga a largo plazo.
- En las plantaciones de Eucalipto se observó que existe una relación entre la materia orgánica y el nitrógeno total del suelo con la artropofauna; encontrando que a mayor M. O. y Nt, hay menor riqueza de artrópodos y de chisas; y la menor presencia de M. O. y Nt estimula un incremento en la abundancia de artrópodos y de chisas.
- De acuerdo a los resultados de este estudio, se acepta la hipótesis nula confirmando que existe un efecto de las diferentes coberturas sobre las poblaciones de chisas.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar estudios de chisas en suelos plantados con Eucalipto en diferentes edades, evaluando el efecto de éstas en la plantación, con el fin de evitar problemas fitosanitarios a mediano y largo plazo.
- Tener en cuenta el comportamiento del complejo chisa en otro tipo de plantaciones forestales del Cauca, que permita establecer si el tiempo de establecimiento y cosecha influyen en la abundancia del complejo.
- Es necesaria una investigación más detallada de la ecología del género *Barybas* debido al poco conocimiento que se tiene en cuanto a preferencia de cultivos y los métodos de control cuando se comporta como plaga.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTI FILHO, E. Cupins em florestas. En: Berti Filho, E; Fontes, L. R (Ed). Alguns Aspectos atuais da biología e controle cupins. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 127-140.
- Biblioteca de la Agricultura. Suelos, Abonos y materia Orgánica. IDEA BOOKS S.A. Segunda edición. Mayo 1998.
- BRUSSAARD, L. Interrelationships between Biological activities, Soil Properties and Soil Management. Soil Resilience and Sustainable Land Use. Greta Britain: Edited by D. Greenland and I. Szabolcs CAB International, 1994. p. 309-329.
- BUSTOS, Humberto & RIVERA, Luís. Abundancia estacional de los Coleópteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia), asociados a un bosque de pino-encino en la Sierra de Quila, Jalisco, México. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 2003. p. 137-148.
- CEBALLOS, Victoria. Análisis y distribución de la macrofauna edáfica de dos relictos de bosque de roble (*Quercus humboldtii*, Bonpland) con diferente grado de intervención antrópica. Popayán, 2007. 79 p. Tesis (Bióloga) Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.
- COLWELL, Robert. "Estimates". Statistical estimation of species richness and Shared species from simples. En: Manual de Métodos para el Desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Ramos López Editorial. Bogotá, Colombia. (Julio, 1997). p. 235.
- CORPOICA. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas- MIP. RESTREPO, H. & LÓPEZ, Miguel Ángel. Especies de chisas (Coleóptera: Melolonthidae) de Importancia Agrícola en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-. Bogotá, Colombia. 2000. p. 9.
- DELOYA, Cuauhtémoc. Escarabajos fitófagos del bosque mesófilo de montaña y comunidades derivadas en el centro de Veracruz, México (Coleóptera: scarabaeoidea). Citado por: Adriana E. Castro Ramírez; Miguel Ángel Morón y Agustín Aragón. En: Diversidad, importancia y manejo de escarabajos edafícolas. 2006. p. 82-96.
- DESARROLLO ENDÓGENO AGROPECUARIO. Nueva Biblioteca del Campo. Suelos. Manual Práctico Ilustrado. Granja Integral Autosuficiente. Bogotá, Colombia, 2008.

- DUCATTI, Fabiane. Fauna Edifica em Fragmentos Florestais e em Áreas Reflorestadas com Espécies da Mata Atlântica. Piracicaba 2002. p. 1-15.
- HONORATO, Ricardo. Manual de Edafología 4ª Edición. Alfaomega. Ediciones Universidad Católica de Chile. México, 2000. p. 23-29.
- LADRACH, William. Aspectos ecológicos de la reforestación. En: Revista Bosques y futuro. Asociación colombiana de reforestadores. Bogotá, Colombia, No. 12. 1994. p. 3-4.
- LAVELLE, Patrick *et al.* The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. The Biological Management of Tropical Soil Fertility. Edited by P. Woormer and M. Swift. Hong Kong: A Wiley- Sayce Publication. 1994. p. 137 – 169.
- LINARES, Dalia, TAPIA, Sandra; GAMARRA, Oscar & TORRES, Jaime. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo Maria. Universidad Nacional Agraria de la Selva Huánuco- Perú. 2007. p. 1-5
- LOBRY, L. Ants as bioindicator of soil function in rural environments. In: Agricultural, Ecosystems and Environment. No. 74; 1999. p. 425-441.
- LONDOÑO Martha E. Las chizas Coleóptera: Melolonthidae en los altiplanos de Antioquia (Colombia). Biología, Ecología y Manejo, En: MEMORIAS DEL XXXIV CONGRESO DE ENTOMOLOGÍA. “El Caribe Colombiano Intercambiando Conocimiento Entomológico. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) Cartagena de Indias, Colombia. Julio 25, 26 y 27 de 2007. p. 156-164
- LOPES ASSAD, M.L. Fauna do solo. En: Vargas, M. A. T.; Hungria, M. (Ed) Biologia dos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1997. Cap. 7, p. 363-444.
- MALAGÓN, Dimas. Los suelos de Colombia. Instituto Geológico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. 2004. p. 1-21.
- MARÍN, Patricia. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo cuatro sistemas de labranza en el Valle del Cauca, Colombia. Palmira, 2000. 122.p. Tesis (Ingeniera Agrónoma). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Bogotá D.C. Editorial UNISUR, 2001. p. 16-17.
- MORÓN, Miguel Ángel. Composición de comunidades de *Phyllophaga* en México (Coleóptera: Melolonthidae: Melolonthinae) En: Diversidad, importancia y manejo

- de escarabajos edáficos. CASTRO, Adriana; MORÓN, Miguel Ángel & ARAGÓN, Agustín 2006. p. 12-35
- MORÓN, Miguel Ángel & PARDO, Luís Carlos, - Larvae and Pupae of *Golofa Hope* (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae) from Colombia 1994. In: *The Coleopterist Bulletin*, 48 (4): p. 390-399.
- NÁJERA, Miguel; JACKSON, Trevor & LÓPEZ, Juan Daniel. Especies de “Gallina Ciega” (Coleóptera: Melolonthidae) asociadas al cultivo de maíz en tres localidades de la Ciénega de Zacapu, Michoacán, México. En: *Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México*. 2003. p. 215-230.
- NEITA, John; CORTÉS, Hernán & MADRIGAL, Alejandro. Hymenopteros asociados a una parcela agroforestal en la granja de la Universidad del Chocó en Lloró, Chocó, En: *Resúmenes XXVIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN)*. Pereira, Colombia 8, 9 y 10 de Agosto, 2001. p. 1.
- NESTEL, D; DICKSCHEN, F. & ALTIERI, M. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican Shaded and Unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. In: *Biodiversity and Conservation*. No 2; 1993. p. 70-78.
- PARDO, Luís Carlos; FRANCO Patricia & ALARCÓN G. A. Estudios preliminares de las chizas (Coleóptera: Lamellicornia) de San Antonio, Cauca. I. Pleurosticti. En: *Resúmenes XX CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (SOCOLEN)*. Cali, Colombia, Julio 13, 14,15 y 16 de 1993. p.38-39.
- PARDO, Luís Carlos; GALEANO, Pedro; PRECIADO, Victor & RUBIANO, Marlon. Observaciones preliminares de los escarabajos *Melolonthidae* (Coleóptera: Scarabaeoidea) del municipio de Ibagué Tolima. En: *Resúmenes XXII CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (SOCOLEN)*. Santafé de Bogotá, Julio 26, 27 y 28 de 1995. p. 27.
- PARDO, Luís Carlos & FRANCO, Patricia. Avances en el monitoreo de chizas rizófagas (Coleóptera-Melolonthidae), sinopsis de dos años de muestreo en cultivos de yuca en San Antonio, Cauca, Colombia. En: *Resúmenes XXIII CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (SOCOLEN)*. Cartagena de Indias. Colombia, Julio 17, 18 y 19 de 1996. p.4.
- PARDO, Luís Carlos; MONTOYA, James & SCHOONHOVEN, Aart. Comparación de la Abundancia de chizas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de Caldono, Cauca, Colombia. En: *Estudios sobre Coleópteros*

- del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2003. p. 66-77.
- PARDO, Luís Carlos; MONTOYA, James & SCHOONHOVEN, Aart. Composición y riqueza del Complejo Melolonthidae (Coleóptera) en cuatro agroecosistemas del Cauca, Colombia. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2003. p. 29-43.
- PARDO, Luís Carlos *et al.* Los complejos regionales de Melolonthidae (Coleóptera) rizófagos en Colombia. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2003. p. 45-63.
- PARDO Luís Carlos; MONTOYA, James; MORÓN, Miguel Ángel & VALLEJO, Fernando. Chizas rizófagas (Col: Melolonthidae) en regiones cafeteras de los Andes occidentales de Colombia y posibilidades de manejo integrado En: memorias del XXXIV Congreso de Entomología. “El Caribe Colombiano Intercambiando Conocimiento Entomológico”. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Cartagena de Indias, Colombia. Julio 25, 26 y 27 de 2007. p. 179-185
- PARDO, Luís Carlos; GAIGL, Andreas & VARELA Adolfo. Adiciones al estudio de los complejos chisa (Coleóptera: Melolonthidae) de Colombia. En: Resúmenes XXX CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (SOCOLEN). Cali, Colombia, Julio 17,18 y 19 de 2003. p. 48.
- PATÍÑO, Ana Maria & MESA, Nora Cristina. Estudios sobre diversidad de la artropofauna del suelo en diferentes ecosistemas del Valle del Cauca. En: Resúmenes XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Santafé de Bogotá, Julio 26, 27 y 28 de 1995. p. 93.
- POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E. de & CUNHA, G.C. da. Prácticas de ecología florestal. Documentos Florestais, n. 16. Brasil, 1996. p. 1-44.
- RAMÍREZ, Concepción; CASTRO, Adriana. & MORON, Miguel. Descripción de la larva y pupa de *Euphoria basalis* (Gory & Percheron, 1833) (Coleóptera: Melolonthidae: Cetoniinae) con observaciones sobre su biología. Acta Zool. Mex. (n.s.) 83 (2001). p. 73-82.
- RESTREPO, Heyller & LÓPEZ, Aristóbulo. Revisión sobre especies Coleóptera: Melolonthinae, de importancia agrícola en Colombia. En: Resúmenes XXV CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (SOCOLEN). Cali, Colombia, Julio 16, 17 y 18 de 1998. p. 144.

- . Especies de chisas (Coleóptera: Melolonthinae), de importancia agrícola en Colombia. CORPOICA. Bogotá, 2000. 62 p.
- SEVILLA, Fernando & PARDO, Luís Carlos. 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. 2002. p. 274
- STORK, N. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. In: American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 7, Nos. 1-2; 1992. p. 38-47.
- TAPIA, Ana Maria *et al.* Determinación de Melolonthidae (Insecta: Coleóptera) en algunos suelos forestales del Estado de Puebla, México. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2003. p. 129-135.
- VALLEJO, LUIS Fernando E.; MORÓN, Miguel Ángel & PARDO, Luís Carlos. Morfología, Ecología e Importancia de especies del género *Phyllophaga*, Harris de Colombia. En: Memorias del XXXIV Congreso de Entomología. "El Caribe Colombiano Intercambiando Conocimiento Entomológico". Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) Cartagena de Indias, Colombia. Julio 25, 26 y 27 de 2007. p. 165-178.
- VICTORIA, Jorge. Reconocimiento e identificación de chisas rizófagas (*Coleóptera: Melolonthidae*) en cultivos de yuca (*Manihot sculenta* Krantz) de la zona de ladera del Norte del departamento del Cauca. Palmira, 2000. 89 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- VICTORIA, Jorge & PARDO, Luis Carlos. Adiciones y notas ecológicas al estudio de las chisas rizófagas de Caldoño, Cauca. En: Memorias del XXVII Congreso de Entomología. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) Medellín, Colombia. Julio 26, 27 y 28 de 2000. p. 56.