

**EFFECTOS DEL MANEJO AGRÍCOLA SOBRE ARTRÓPODOS DE SUELO CON  
ÉNFASIS EN CHISAS DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE (INSECTA: COLEOPTERA)  
EN TRES AGROECOSISTEMAS Y EN UN RELICTO DE BOSQUE NATURAL DEL  
MUNICIPIO DE PURACÉ, CAUCA.**

**CLARA MARELVI MUÑOZ FLOR**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA  
EDUCACIÓN DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2011**

**EFFECTOS DEL MANEJO AGRÍCOLA SOBRE ARTRÓPODOS DE SUELO CON  
ÉNFASIS EN CHISAS DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE (INSECTA: COLEOPTERA)  
EN TRES AGROECOSISTEMAS Y EN UN RELICTO DE BOSQUE NATURAL DEL  
MUNICIPIO DE PURACÉ, CAUCA.**

**CLARA MARELVI MUÑOZ FLOR**

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

Directora

**M.Sc., María Cristina Gallego Roperó**

Asesor

Luis Carlos Pardo Locarno, Ph. D.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2011**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Director \_\_\_\_\_

(Ad-hoc)

**M.Sc., Hildier Zamora**

Jurado \_\_\_\_\_

**M.Sc., Fabio Prado**

Jurado \_\_\_\_\_

**M.Sc., Leonidas Zambrano**

Fecha de sustentación: Popayán, 31 de Agosto de 2011.

*Dedicatoria*

*“Te doy Gracias, Dios, de todo corazón,  
por tu amor y tu verdad,  
porque tus promesas han superado tu fama,  
cuando te invoque tú me escuchaste,  
diste fuerza y vigor a mi alma...  
Termina en mi lo comenzado,  
no abandones la obra de tus manos”. Sal 138.*

*A mis padres Reinel y María V., por brindarme siempre su amor y su apoyo...  
a quienes siempre estaré agradecida.*

*A mis Hermanos.*

*A mis sobrinos: Jiselth, Eduardo, R. Eduardo, Darío, Diego, Rony, Natalia, Ricardo, Oscar (†), Leidy,  
Fabián, Maritza, Daniel, Paula, Diana, Laura, Karol, Johan A., Tatiana (†), Miguel Ángel (y M.A,  
Jr.), Steven, Ximena, Juan José, Johan, Estefanía, Kevin y David Santiago, por su alegría y ser una  
motivación muy importante en mi vida.*

*A mi familia y Amigos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus agradecimientos a la maestra María Cristina Gallego, por haber guiado el desarrollo de este trabajo y por su constante apoyo.

Agradezco al especialista Luis Carlos Pardo, por sus importantes aportes para esta investigación; al profesor Apolinar Figueroa, por su colaboración e interés mostrado durante el desarrollo del trabajo.

A los señores, Pablo Bucheli y Lorenzo Pizo, por facilitarme los lugares para la realización de este trabajo; a Jesús E. Fernández, a Miguel Ángel, a Clara Concha y al Sr. Arquímedes por su apoyo en el trabajo de campo.

Al grupo de Agroquímica, por su colaboración para realizar el análisis de suelos.

A los jurados, los profesores Leónidas Zambrano y Fabio Prado, por sus importantes aportes y sugerencias.

A la Universidad del Cauca y en especial a la Facultad de Ciencias Naturales que me dieron la oportunidad de ser parte de ellos y por el apoyo fundamental en los momentos más difíciles,

A todas aquellas personas que contribuyeron para alcanzar esta meta.

Gracias!

## CONTENIDO

	Pág
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
1.1. GENERAL	2
1.2. ESPECÍFICOS	2
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
3.1. COMPOSICIÓN DE LA BIOMASA DEL SUELO EN ZONAS TROPICALES	7
3.1.1. Macrofauna del suelo	7
3.1.2. Los artrópodos	8
3.1.3. Efectos de la biota sobre el suelo	8
3.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE (INSECTA: COLEOPTERA)	9
3.3 GRUPOS FUNCIONALES	10
3.4. ASPECTOS BIOFISICOS DEL AREA DE ESTUDIO	10
3.4.1. Suelos	10
3.4.2. Precipitación	10
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
4.2. DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO	13
4.2.1. Bosque Natural	13
4.2.2. Agroecosistema pastizal	13
4.2.3. Agroecosistema Cultivo de Maíz	14
4.2.4. Agroecosistema Cultivo de Granadilla	15
4.3. MÉTODO DE MUESTREO DE LA EDAFOFAUNA	15
4.4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS	16
4.5. ACTIVIDADES ANTRÓPICAS	16
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>18</b>
5.1. EDAFOFAUNA ASOCIADA A LAS DIFERENTES COBERTURAS	18
5.2. ARTRÓPODOS ASOCIADOS A LAS DIFERENTES COBERTURAS	18

5.3. RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LA FAMILIA	27
5.3.1. Grupos funcionales	32
5.4. ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INCIDENCIA EN LA COMPOSICIÓN DE ARTRÓPODOS	37
5.4.1. Análisis de las propiedades físicas	37
5.4.1.1. Textura	38
5.4.1.2. Humedad de Campo	38
5.4.1.3. Densidad aparente (D.A)	40
5.4.2. Análisis de propiedades químicas de los suelos	41
5.4.2.1. pH	41
5.4.2.2. Materia Orgánica (M.O)	44
5.4.2.3. Nitrógeno (N)	45
5.4.2.4. Relación Carbono nitrógeno (C/N)	47
5.4.2.5. Fósforo (P)	47
5.4.2.6. Potasio (K)	48
5.4.3. Análisis fisicoquímicos de suelos por coberturas	48
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>51</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>

## **ANEXOS**

	Pág
1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de suelos de las coberturas.	65

## RESUMEN

Con el objetivo de conocer la diversidad y abundancia de las especies de Melolonthidae en tres agroecosistemas y en un relicto de bosque natural y los efectos que en estos agroecosistemas ocasiona el tipo de manejo que se le da a los cultivos, se realizaron muestreos en maíz, granadilla, pastizal y bosque en el municipio de Puracé, Cauca. En cada agroecosistema se seleccionaron parcelas de una hectárea y en cada parcela se marcaron 6 cuadrantes de un m<sup>2</sup> por 30 cm de profundidad. El material colectado fue depositado en frascos con alcohol e identificados en el laboratorio. Además, se colectaron muestras de suelo para evaluar algunas de sus características fisicoquímicas. Los resultados indican que las chisas de la familia Melolonthidae incrementaron su densidad poblacional en los agroecosistemas. La abundancia de especies presentó variaciones estadísticamente significativas para los agroecosistemas pastizal (P= 0,021), maíz (P= 0,009) y granadilla (P= 0,008), estos resultados sugieren que el tipo de cobertura parece influir en la composición de especies de chisa y en su abundancia. De las larvas colectadas *Macroductylus* y *Astaena* fueron los géneros más representativos, siendo considerados de importancia agrícola por su hábito rizófago y fue exclusivo del cultivo de maíz; esta cobertura por su manejo agrícola tradicional afecta la estabilidad del sistema y sus redes tróficas, propiciando el desarrollo de larvas rizófagas. Se destaca también *Golofa*, de hábitos saproxilófagos como género exclusivo del bosque. Se logró establecer que el tipo de manejo agrícola genera diferentes condiciones en el agroecosistema que permite albergar una mayor o menor diversidad de artrópodos que pueden actuar como fauna benéfica o comportarse como insectos plaga. Así mismo se destacó el comportamiento del complejo chisa en el cultivo de maíz y en el bosque. En Colombia se conoce poco sobre la identidad de las larvas del complejo Melolonthidae presentes en los agroecosistemas, con los resultados obtenidos se pretende contribuir con información que oriente hacia metodologías de uso adecuado del suelo y manejo de los recursos bióticos.

**Palabras clave:** Melolonthidae, larvas rizófagas, abundancia, suelo, agroecosistema, bosque.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de la fauna del suelo del suelo son esenciales para el funcionamiento de todos los ecosistemas terrestres, ya que ayudan en la transformación física y química de la materia orgánica, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el sostenimiento de la productividad (Marshall, 1993).

La degradación de los suelos por el uso inadecuado de las tierras, constituye uno de los problemas que confronta la agricultura alrededor del mundo, por la falta de formación y desconocimiento de la población que presiona por un uso cada vez más intenso de los recursos y ampliando cada vez más la frontera agrícola hacia las áreas de las cuencas. Estos factores ocasionan la destrucción de la vegetación sin remplazo y el cambio del estado natural de la fisiografía, crea problemas severos de erosión, ocasionando la pérdida de la fertilidad de la tierra, la extinción de las especies, por la intervención de hábitats, entre otros (Guevara & Shaner, 1997). Igualmente las prácticas agrícolas pueden afectar gravemente las fases de la estructura orgánica edáfica propiciando patrones de disfuncionalidad química, física o biológica de los suelos, con alteraciones o deterioros que imposibilitan su uso en la visión de uso sostenible (Pardo-Locarno *et al.* 2006).

Este estudio se llevó a cabo en el municipio de Puracé (Cauca), corregimiento de Santa Leticia con el objetivo de evaluar los cambios en la composición de Artrópodos con énfasis en larvas de la familia Melolonthidae en tres agroecosistemas pastizal, cultivo de maíz y granadilla, y en un relicto de bosque natural. Además, se tuvieron en cuenta algunas características físicas y químicas del suelo y se analizaron los efectos que en estos ecosistemas ocasiona el tipo de manejo que se le da a los cultivos, lográndose establecer que éste genera diferentes condiciones en el agroecosistema que permite albergar una mayor o menor diversidad de artrópodos que pueden actuar como fauna benéfica o comportarse como insectos plaga, así mismo se destacó el comportamiento del complejo chisa en el cultivo de maíz y en el bosque. Con los resultados obtenidos se pretende contribuir con información que oriente hacia metodologías de uso adecuado del suelo y manejo de los recursos bióticos. Se logró también hacer un aporte importante en el conocimiento sobre la composición de artrópodos de estos suelos en los agroecosistemas más representativos de la región.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. GENERAL**

Evaluar como el manejo agrícola afecta la comunidad de artrópodos del suelo, con énfasis en chisas de la familia Melolonthidae, en tres agroecosistemas: cultivo de maíz, granadilla y pastizal, y en un relicto de bosque natural.

### **1.2. ESPECIFICOS**

- Determinar a nivel de orden y familia la composición de artrópodos presentes en las coberturas.
- Determinar y comparar la riqueza y abundancia de especies de chisas (Coleóptera: Melolonthidae) en las coberturas.
- Determinar las características fisicoquímicas de los suelos de cada cobertura.
- Identificar las actividades antrópicas de mayor incidencia en la zona sobre el componente suelo que pueden influir en la diversidad de Artrópodos especialmente en la comunidad de chisas de la familia Melolonthidae presentes en cada uno de las coberturas.

## 2. ANTECEDENTES

En Colombia son escasas las investigaciones sobre artrópodos y particularmente, estudios que relacionen esta clase de fauna con el efecto de una actividad antrópica. A continuación se citan algunos estudios sobre la macrofauna en suelos tropicales.

El IDEAM en convenio con la Universidad Nacional (1997), realizó un trabajo de análisis de las comunidades edáficas en 13 sitios de tres regiones naturales de Colombia. Se observó que el *phylum* Artrópoda es el más diverso y el de más amplia distribución geográfica. Dentro de este *phylum* los órdenes Díptera y Coleóptera presentaron mayor riqueza en todos los biotipos estudiados.

Marín (2000), cuantificó la macrofauna en cuatro sistemas de cultivo en el valle del Cauca, reconociendo en este estudio el papel de la edafofauna como un grupo sensible al impacto de diferentes tipos de labranza, siendo los coleópteros el grupo más representativo.

En un estudio realizado por Sevilla y Pardo-Locarno (2002), en una microcuenca del departamento del Cauca, sobre la presencia y abundancia de coleópteros en diferentes usos de la tierra, encontraron que la comunidad varió de forma significativa según los tipos de suelos evaluados y concluyen que las especies depredadoras de escarabajos fueron más abundantes en ambientes mejor conservados o estructurados que en los más intervenidos.

Decaens *et al.* (2003), determinaron con el método de muestreo recomendado por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) de Anderson e Ingram (1993), el efecto que causan diferentes sistemas de uso de la tierra en las comunidades de macroinvertebrados del suelo en los Llanos Orientales de Colombia. Los autores encontraron que las comunidades de invertebrados son muy sensibles a los cambios ambientales originados en la intensificación agrícola. Estos resultados permitieron establecer varias alternativas de uso del suelo que conservan y estimulan la macrofauna del suelo.

Camero *et al.* (2005), efectuaron comparaciones en cuanto a la composición de los artrópodos asociados a suelos de dos tipos de ecosistemas: bosque nativo y de coníferas en la cuenca del río Cauca. En bosques nativos, la mayor cantidad de organismos correspondió al orden Colémbola seguido por Coleóptera y Díptera. El orden más representativo en los estratos subsuperficiales fue Isóptera seguido del orden Himenóptera. Para el caso del bosque de coníferas, el mayor número de organismos perteneció al orden Acarí, seguido por Colémbola y Coleóptera para el estrato rasante; mientras que en los estratos subsuperficiales, fueron los órdenes Himenóptera y Acarí. Ellos encontraron también que la estructura trófica para cada ecosistema fue distinta;

mientras que para el bosque nativo existe el predominio de grupos de hábito saprófagos seguido por los fitófagos; en el bosque de coníferas el predominio es de los grupos fitófagos seguido por los saprófagos. Los resultados mostraron diferencias significativas en la abundancia y la composición de los grupos de artrópodos encontrados, al igual que en los parámetros de biomasa y en la composición de grupos funcionales, lo cual puede interpretarse como cambios en la estructura trófica de los ecosistemas nativos por razones de intervención antrópica.

En un estudio sobre la distribución de la macrofauna edáfica en bosques de roble con diferente grado de intervención antrópica en la vereda Clarete, Popayán, Ceballos (2007), reportó la presencia de tres phylum: Molusca, Anélida y Artrópoda, destacando que el mayor porcentaje de los artrópodos de la clase Insecta colectados, fueron larvas del orden Coleóptera de la familia Melolonthidae.

Investigadores de varios países han publicado estudios sobre los diversos aspectos del conocimiento sobre los insectos edafícolas y de la posibilidad de utilizar esta información para proponer acciones que permitan un adecuado manejo de aquellos organismos considerados plagas agrícolas subterráneas, en un marco del respeto por el equilibrio del medio ambiente.

En Colombia se han realizado algunos estudios sobre la composición y riqueza de los complejos chisa de la familia Melolonthidae en agroecosistemas, así como estudios morfológicos y taxonómicos. Para el caso de chisas Coleóptera, Melolonthidae se relacionan los siguientes trabajos:

Boving (1942) y Richter (1966) elaboraron claves para la separación de familias, subfamilias, géneros y especies de larvas; King (1984) realizó un estudio sobre las larvas de Melolonthidae rizófagas de Costa Rica y países vecinos; Morón (1994, 1995) propuso la clave para los escarabajos edafícolas de importancia agrícola en Colombia; Vallejo (1997) escribió sobre la taxonomía y los avanzados conceptos de sistemática del grupo y Pardo Locarno y Victoria (1999) sobre la taxonomía de larvas que incluye gran representación de especies del complejo chisa del Cauca.

Vásquez y Sánchez (1997), en el municipio de Cajamarca, Tolima, realizaron un estudio sobre larvas edafícolas asociadas al sistema de producción de arracacha. Los autores registraron ocho géneros de coleópteros y sugieren que su importancia económica está relacionada con la altitud y la cobertura vegetal.

Pardo Locarno *et al.* (2003b), examinaron y compararon las variaciones en composición específica de los ensamblajes de Melolonthidae edafícolas en diferentes pisos altitudinales y condiciones agrícolas en Colombia. Los autores encontraron que los complejos chisas ubicados entre los 2500 y 3000 metros presentan una baja riqueza reportando los géneros *Clavipalpus*, *Plectris*, *Astaena*

y *Macroductylus*. Entre los 1000-1500 msnm, sobresalen *Phyllopagea*, *Plectris*, *Macroductylus*, *Ceraspis*, *Anómala* y *Callistethus*.

En las regiones bajas de 80 a 150 msnm, se observó un complejo ensamblaje que comparte muchos elementos con regiones amazónicas bajas y ganaderas ricas en *Cyclocephala*, *Aspidolea*, *Dysinetus*, *Halepides*, *Stenocrates*, *Suruto*, *Euetheola*, *Botarus*, *Oxyligyrus*. Finalmente en tierras agrícolas del Caribe se observaron dos tendencias, en el Caribe húmedo (+/-100 msnm) un complejo Melolonthidae mejor estructurado y caracterizado por *Euetheola* y *Botarus*, *Cyclocephala*, *Dysinetus* y *Anómala*, algunos de ellos compartidos con regiones vecinas más húmedas y el Caribe seco, donde declina notablemente la estructura del complejo chisa a una decena de especies, con predominio de *Euetheola*, *Cyclocephala* y *Liogenys*. Se ilustra en este trabajo el estado actual de conocimiento, recomendando su profundización y exploración en otras regiones del país.

Otros estudios realizados en cuatro circunstancias agroecológicas en los municipios de Caldon y Buenos aires, Cauca, en un rango de altitud entre 1400-1500 msnm, por Pardo Locarno et al (2003a), donde estudiaron la composición y variación del complejo de larvas Melolonthidae, encontrando que los promedios de riqueza de especies, fueron estadísticamente diferentes entre los usos del suelo, a saber: yuca (4.5), pastizal (3.6), café (2.1) y bosque (2.2). Discuten además, las curvas de isodensidades de cada parcela y sus implicaciones en el programa de manejo, el cual debe asumir un conjunto de especies con particularidades biológicas y ecológicas diferentes, ello implica conocer el complejo, discriminar las especies estrictamente rizófagas, además de medidas de control y prácticas culturales que promuevan bajas poblaciones de las especies consideradas rizófagas, así como incrementar la funcionalidad del agroecosistema y con ello el biocontrol a todo nivel.

Estudios complementarios por los mismos autores (Pardo-Locarno et al. 2003c) determinaron la variación de la abundancia del complejo chisa en los cuatro cultivos en la misma localidad del departamento del Cauca. Encontraron que la parcela de yuca presentó variaciones de 0 a 92 larvas por cuadrante, pastizal 0 a 99, café de 0 a 23 y bosques de 0 a 93. Concluyen que el tipo de hábitat (parcelas) y las prácticas de manejo asociadas pueden influenciar en la abundancia de chisas, aspecto muy importante en un programa de manejo de insectos, el cual debe enfocarse a la conjugación de prácticas culturales como el manejo de arvenses y la inclusión de materia orgánica que promuevan una baja población de las chisas estrictamente rizófagas y mayor abundancia de las consideradas saprófagas, las cuales participan en el mejoramiento de la bioestructura y la química del suelo. Se recomienda realizar muestreos en otras regiones agrícolas a una escala temporal y espacial más amplia para precisar mejor este fenómeno.

Serna (2004), identificó adultos y larvas Melolonthidae asociados a cultivos de yuca y pasto en los municipios de Pereira y Dosquebradas. En su investigación encontró 10 especies y de ellas una fuerte predilección de la subfamilia Rutelinae por el cultivo de yuca y el género *Cyclocephala* en el cultivo de pasto. Se determinó que la especie *Cyclocephala lunata* fue la más abundante en las dos zonas y que la especie de Melolonthidae que afecta la yuca es *Phyllophaga menetriesi*.

Villegas (2004), realizó un trabajo sobre el reconocimiento del complejo regional de chisas asociados a cultivos de cebolla y pasto en la localidad de la Florida, Pereira, donde encontró que el complejo chisa de esta zona registro ocho especies *Cyclocephala* la más abundante durante todo el año.

Londoño *et al* 2007, realizaron un estudio de los escarabajos edafícolas Melolonthidae de los municipios paperos de los altiplanos norte y oriente del departamento de Antioquia. Concluyen que el complejo chisa de esta región se integra de nueve especies, siendo Dynastinae y Melolonthinae los grupos de mayor importancia agrícola.

Gómez & Ruge (2009), en un estudio en cuatro coberturas en Cauca, encontraron una mayor diversidad de Melolonthidos en los ecosistemas más intervenidos. Entre otras se destacaron *Phyllophaga* y *Barybas* de hábitos rizófagos, siendo menor la presencia de *Barybas* en Bosque.

### 3. MARCO TEÓRICO

El suelo es, según el United States Department of Agricultura USDA (1998), “la parte más diversa, biológicamente, de la tierra”. Los organismos vivos del suelo mejoran la entrada y el almacenamiento del agua, la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas y la descomposición de la materia orgánica. La biodiversidad del suelo, el tamaño de las poblaciones de organismos, su actividad, dependen de prácticas de manejo como laboreo, controles fitosanitarios y manejo de residuos de cosecha, así como de la cobertura y de la fertilidad que tenga (Jaramillo, 2002).

#### 3.1. COMPOSICION DE LA BIOMASA DEL SUELO EN ZONAS TROPICALES.

Lee (1991) clasifica los organismos del suelo por tamaño:

**Microfauna:** Comprende organismos menores a 2 mm, representados por protozoa y nemátoda.

**Mesofauna:** Comprende organismos menores a 2 mm, representados por Microartrópodos, Colémbola y Acarí.

**Macrofauna:** Comprende organismos mayores a 10 mm, están incluidos una gran cantidad de insectos, arañas, crustáceos y otros grupos como moluscos, caracoles y anélidos.

**Microorganismos:** Bacterias, hongos y otros organismos.

##### 3.1.1. Macrofauna del suelo:

Existen varias definiciones disponibles para la macrofauna del suelo, ellos incluyen todos los invertebrados que emplean al menos una parte de su ciclo de vida en el suelo o sobre la superficie inmediata.

- Tiene una longitud del cuerpo mayor a 1 cm (Dunger 1964; Wallwork 1970)
- Tienen un ancho del cuerpo mayor a 2mm (Swift et al 1979);
- Son visibles a simple vista (Kevan 1968);
- El 90% o la mayoría de sus especímenes son visibles a simple vista (Eggleton *et al.* 2000).

En total más de 20 grupos taxonómicos están involucrados y en particular para el trópico, no se ha estimado la biodiversidad de estos organismos. Los principales grupos de la macrofauna del suelo son los Anélidos, Moluscos y Artrópodos, y de estos los Coleópteros son los más diversos (Brown *et al.* 2001b).

### 3.1.2. Los artrópodos.

Los artrópodos son aquellos animales que presentan un esqueleto externo endurecido que recubre todo su cuerpo (cutícula quitinosa) y son articulados. Los principales representantes de los artrópodos son los insectos, los arácnidos, los miriápodos y los crustáceos.

La mayoría de los animales de la meso y macrofauna del suelo, a excepción de los anélidos, viven en la capa superficial del mismo. Allí se acumulan los residuos orgánicos frescos que llegan al suelo y que le suministran condiciones adecuadas de humedad, temperatura y ventilación.

En los artrópodos, los órdenes que se presentan con frecuencia en los suelos son: Díptera (moscas), Coleóptera (cucarrones o escarabajos), Collémbola, Arachnida (arañas), Himenóptera (hormigas), Isóptera (termitas), Diplópoda (milpiés) y Quilópoda (Ciempiés). (Pritchett, 1991; Cochran *et al.*, 1994).

### 3.1.3. Efectos de la biota sobre el suelo.

Los organismos que integran la meso y macrobiota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y traslocación de materiales orgánicos en él. Además, aportan considerables cantidades de biomasa al suelo y mejoran algunas de sus propiedades físicas incrementando notablemente la cantidad y variedad de la materia orgánica. También, en estos grupos de organismos se presentan algunos animales que son herbívoros y que pueden convertirse en plagas para las plantas, así como otros que son parásitos o predadores (Jaramillo, 2002).

La fauna del suelo lleva a cabo otras acciones como son:

- Mejoran la agregación y, consecuentemente la aireación y la infiltración, sobre todo aquellos individuos de mayor tamaño, debido a su desplazamiento en el suelo.
- Transportan materiales desde el interior hacia la superficie del suelo, generando un intenso reciclaje de elementos en sólidos acarreados: Hormigas, lombrices.

- Mantener en equilibrio las poblaciones de otros organismos: Predadores como algunos ciempiés, arañas, escorpiones, coleópteros y colémbolos.

### 3.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE (INSECTA: COLEÓPTERA)

La posición geográfica de Colombia ha permitido el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas, entre los cuales se encuentra la región del macizo Colombiano. Es muy poco lo que se conoce sobre la biota de este ecosistema, sobre todo en lo que se refiere a insectos.

Las investigaciones de artrópodos edíficolas, han tomado gran auge en la última década por su papel bioecológico en la formación del suelo, por la biodiversidad que encierran y dada su importancia agrícola como plagas rizófagas, aspectos que son pocos conocidos, sobretodo en suelos tropicales (Pardo-Locarno 2003a).

Los escarabajos Melolontidos son un grupo que por sus características fitófagas presentan una gran adaptación a nuevos ambientes creados por el hombre e invaden con éxito las áreas intervenidas (Morón 1991; Lobo y Morón 1993; Morón 1994). Sus larvas se conocen en el país con los nombres comunes de mojoy o chisa, mientras a los adultos que producen daños en el follaje, flores o frutos se les denomina cucarros cucarrones, frailecillos, mayos, abriños, nazis o toritos, dependiendo de la especie a que corresponda o la región en que se encuentre (Restrepo 1998; Restrepo & López 2000).

Las especies de escarabajos edíficolas localizados en un agroecosistema presentan diferentes hábitos alimenticios y por lo tanto, también difieren en el impacto que ocasionan al cultivo, los cuales pueden conformar complejos regionales integrados por especies rizófagas y saprófagas, constituyéndose en organismos de importancia edáfica; esta situación explica la dificultad que presenta el manejo integrado de chisas en cultivos (Pardo-Locarno *et al.* 2003a).

Algunas especies de escarabajos cuyas larvas no son rizófagas, se alimentan sobre la superficie de material orgánico muerto o de excrementos de animales, actuando como individuos saprófagos o coprófagos que ayudan a incrementar la tasa de descomposición y de mineralización, y la consecuente liberación de los nutrientes para las plantas. Dentro de estos escarabajos encontramos los géneros *Ciclocephala*, *Diloboderus* y *Bothynus*, que son frecuentemente confundidos como plagas por los agricultores. Es importante aclarar que las larvas del género *Diloboderus* pueden llegar a ser plaga, sino hay suficiente material orgánico sobre la superficie del suelo para alimentarse. En estos casos, comienzan a atacar la raíz de los cultivos y pueden causar daños significantes. Así estos organismos pueden ser clasificados en una categoría intermedia, como plaga facultativa (Silva 1995; Gassen 2000, Brown *et al.* 2001a).

Las larvas de escarabajos también son importantes porque modifican la estructura del suelo, abriendo canales dentro y sobre la superficie, afectando los procesos hidrológicos, y los cambios gaseosos, que permiten airear el suelo y servir de canales para el crecimiento de las raíces de las plantas, llegando a ser morada de otros organismos (Silva *et al.* 1997).

### 3.3. GRUPOS FUNCIONALES

De acuerdo con estudios de Restrepo & López (1998); Victoria & pardo (2000); Pardo-Locarno (2000); Pardo *et al.* (2003a); Pardo-Locarno, Gail & Varela (2003) y Morón (2007) se pueden diferenciar los siguientes grupos funcionales:

**Rizófagos:** Las larvas al consumir la raíz de las plantas son limitantes de los diferentes cultivos. Estas características pueden ocasionar la disminución de la productividad o pérdida de los cultivos, este tipo de daño se registra en todos los pisos térmicos y pueden ser considerados de importancia económica.

**Saprófagos:** Se alimentan de materia orgánica de origen vegetal en descomposición.

**Saproxilófagos:** Se alimentan de materia orgánica de origen vegetal en descomposición y de madera (tejidos xilosos), estas chizas se caracterizan porque son inocuas y desempeñan una labor ecológica importante.

### 3.4. ASPECTOS BIOFISICOS DEL AREA DE ESTUDIO.

#### 3.4.1. Suelos

Las laderas de montañas de clima frío entre los 2.000 y 3.000 msnm, con pendientes de 24 a 50% y 50-75%, el relieve es quebrado a muy quebrado. Son suelos originados a partir de cenizas volcánicas, con drenaje natural bueno; erosión de ligera a severa con presencia de deslizamientos en algunos lugares.

Según Malangón *et al.* (1995), el principal material parental de los suelos en esta cordillera lo constituye la ceniza volcánica y en las áreas que presentan influencia de ceniza volcánica, son dominantes los suelos del orden del Andisol (Jaramillo 1995; Malagón *et al.* 1991), y prácticamente en toda la cordillera Central la fracción de arcilla está dominada por alófano (IGAC 1988).

Estos suelos componen la asociación los suelos Typic Hapludands en un 50%, son bien desarrollados, de perfil ABC, texturas francas en la superficie, a franco y franco arenosas en los horizontes inferiores, son profundos, bien drenados y de consistencia friable. Los Hidric hapludands han evolucionado a partir de capas de

cenizas volcánicas que cubren la roca ígnea, se caracterizan por tener texturas medias y moderadamente finas, son moderadamente profundos e imperfectamente drenados, de consistencia friable y medianamente evolucionados; participan dentro de la asociación en una proporción del 40%. Los suelos Typic Placaquands completan el 10 % restante (EOT 2000).

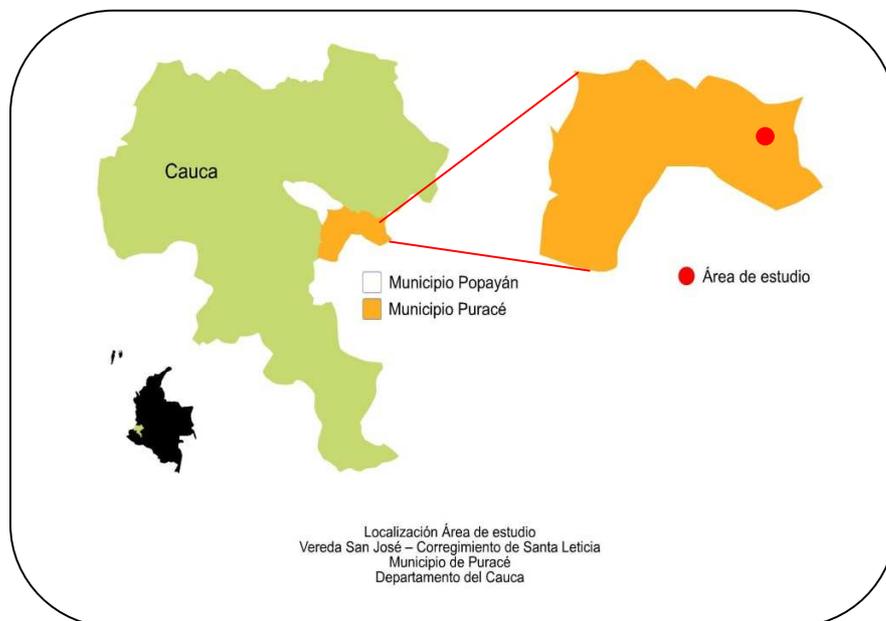
#### 3.4.2. Precipitación.

Presenta una precipitación media entre 1000 y 4000 mm, dentro del área del municipio se determina un régimen de lluvia bimodal-tetraestacional, con dos periodos de concentración de lluvia. El primero con cuatro meses de duración desde marzo hasta junio, el segundo periodo invernal de dos meses de duración se registra en los meses de octubre y noviembre, los periodos secos son de tres meses de duración, el primero comprende los meses de diciembre hasta febrero y el segundo periodo se registra en los meses de julio, agosto y septiembre, el resto del año es invierno intermitente (EOT 2000a).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en el corregimiento de Santa Leticia, municipio de Puracé, departamento del Cauca (Figura1). El municipio de Puracé, se encuentra ubicado al suroccidente del país, localizado en la parte alta de la cordillera Central, de allí su relieve montañoso. Hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Puracé. Santa Leticia está situado, entre las coordenadas geográficas a  $76^{\circ} 10' 30''$  W;  $2^{\circ} 14' 22''$  N. El área de estudio se encuentra en un rango altitudinal entre 2100-2240 msnm, de clima frío, la temperatura promedio oscila entre 12 a  $18^{\circ}\text{C}$  (EOT 2000a), hace parte de la selva subandina, según Cuatrecasas (1989). Las principales actividades económicas se han basado en la explotación de los recursos madereros, la ganadería extensiva, la agricultura tradicional y en menor escala la tecnificada como la piscicultura (EOT 2000b). También se encuentran diversas aéreas de conservación.



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

## 4.2. DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO

### 4.2.1. Bosque Natural.

Este relicto de bosque (Figura 2), ha sido dejado como una pequeña reserva y está rodeado de una matriz de pastizal, constituido por una mezcla de diversas especies de árboles y arbustos que crecen en forma natural con un típico crecimiento herbáceo por debajo y una cobertura de hojas y otros restos vegetales sobre la superficie (hojarasca). Se encuentra entre los 2100-2160 msnm. El área que abarca la cobertura es de 3 has. Aproximadamente, el muestreo abarco 1 ha.

### 4.2.2. Agroecosistema Pastizal.

Está ubicado entre los 2095-2120 msnm, constituido por pastos naturales y cercos vivos (Figura 2). Esta cobertura tiene más de 50 años de establecida, el manejo que le dan consiste en que el lote se divide en dos potreros que se van utilizando alternativamente con todo el ganado, hasta agotar la disponibilidad del pasto, en la parte superior existe una cobertura de bosque natural. No realizan prácticas de riego o arado; el suministro de agua para los animales se hace en forma directa de un río. El área de este sistema es de aproximadamente 8 has. El área de muestreo abarco una ha.



**Figura 2.** Relicto de bosque natural y pastizal

#### 4.2.3. Agroecosistema cultivo de maíz.

El cultivo de maíz (*Zea maíz* L.), se encuentra entre los 2105-2130 msnm. Esta rodeado de un bosque, en la parte superior cruza una carretera de comunicación interveredal. El cultivo de maíz, se estableció luego de una tala y quema de un área boscosa, por lo cual se observó gran cantidad de tallos de arbustos secos, se observaron también rastrojos de menor altura, ortiga, otras plantas como frijol, tomate de árbol y cidra que habían sido sembrados en una mínima proporción dentro del cultivo de maíz. En el transcurso del desarrollo del cultivo no se realizan prácticas de fertilización ni de adición de enmiendas (Figura 3). El área de este cultivo es aproximadamente de 2 has. El área de muestreo abarcó 1 ha.



**Figura 3.** Agroecosistema cultivo de maíz.

#### 4.2.4. Agroecosistema cultivo de granadilla.

El cultivo de granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss.) (Figura 4), se encuentra ubicado entre los 2200-2240 msnm. En este cultivo no se realizan prácticas de arado y se pretende que con el uso de fertilización, se logren buenos rendimientos. Está rodeado de una matriz de pastos naturales destinado para la ganadería por lo cual se observan pastos invadiendo el cultivo; en la parte superior limita con una cobertura de bosque. El área de este sistema es de aproximadamente 1 ha. El área de muestreo abarcó toda el área.



**Figura 4.** Agroecosistema cultivo de granadilla.

#### 4.3. MÉTODO DE MUESTREO DE LA EDAFOFAUNA.

En cada una de las coberturas seleccionadas se trazaron dos transectos. En cada transecto se tomaron tres (3) unidades muestréales, la unidad muestral consta de un cuadrante de 1m<sup>2</sup> por 30 cm de profundidad (Morón, 1994; Decaens *et al.* 2003; Pardo Locarno *et al.* 2003 a, b, c; Bran *et al.* 2006), establecidos a una distancia de 30 m entre sí. El cuadrante fue debidamente marcado y a su alrededor se hizo una zanja con ayuda de un palín. Posteriormente con una pala se fue sacando el suelo y depositando sobre bandejas plásticas para revisar la muestra y recolectar los individuos.

Los macroinvertebrados se depositaron en frascos con alcohol al 70%, debidamente rotulado con nombre de cultivo, número de transecto, número de cuadrante y fecha.

Las larvas de la familia Melolonthidae colectadas en cada cuadrante se separaron en frascos con agua y jabón (4-5 gramos en un litro de agua, concentración suficiente para romper la tensión superficial y agilizar el ahogamiento). Luego el material se preservó pasándolo por agua hirviendo durante 2-3 minutos y posteriormente se almacenó en solución de formol al 10 %; para su estudio taxonómico. Cuando el material se estabiliza (a los dos o tres días) se pasa frasco por frasco a una bandeja con agua y se desformoliza temporalmente para la identificación y conteo (Pardo *et al.*, 2007a). Se realizaron dos muestreos intensivos con un intervalo de seis meses entre ellos y se cubrió durante el tiempo de muestreo dos temporadas climáticas diferentes.

Las muestras colectadas fueron llevados al laboratorio del grupo de estudios ambientales para procesarlas, se separaron por taxa y se determinaron usando claves taxonómicas propuestas por Ritcher (1966), Boving (1942); Morón (1994,1995), Vallejo *et al.* (1996) y King (1984) y Pardo *et al.* (2007a), para la identificación de chisas.

#### 4.4. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS SUELOS.

Paralelamente al muestreo de edafofauna, se realizó toma de muestras de suelo en cada uno de los agroecosistemas y el relicto de bosque natural estudiados y fueron procesados en el laboratorio de Agroquímica de la universidad del Cauca para su determinación fisicoquímica. Las variables a determinar fueron: 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. Se hicieron dos muestreo uno en época de lluvia y otro en época de verano.

#### 4.5. ACTIVIDADES ANTROPICAS.

Con el fin de describir y comparar las actividades antrópicas en las coberturas estudiadas, se identificaron los diferentes usos del suelo alrededor de cada cobertura realizando observación directa en cada área de estudio, entrevistas no estructuradas con los propietarios de cada sitio, así como consultas bibliográficas en los esquemas de ordenamiento territorial disponibles de los municipios de La Plata y Puracé. En cada cultivo se tuvieron en cuenta: el grado de intervención, labranza, fertilización, uso de agroquímicos (aplicación de insecticidas o fungicidas), manejo de monocultivos o policultivos y actividades de riego. Se realizaron además algunos registros fotográficos de las áreas de muestreo.

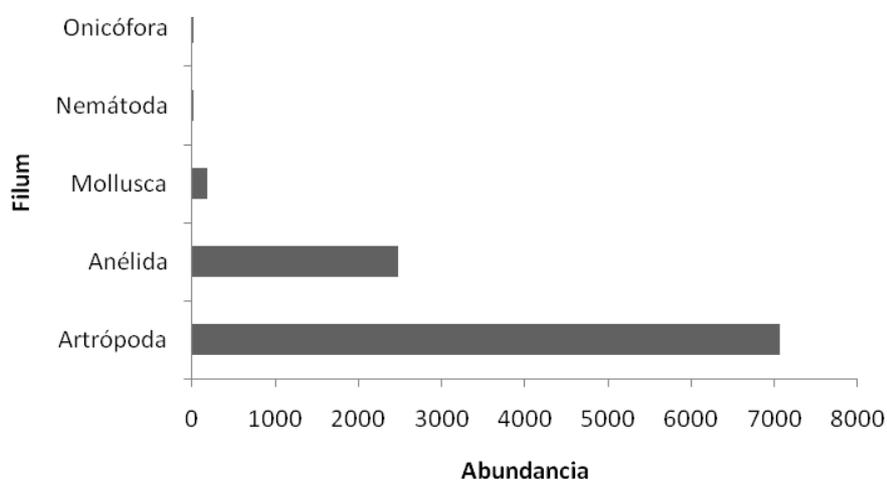
#### 4.6. ANALISIS ESTADISTICO.

La información recolectada se organizó en una base de datos en excel. A los datos se les realizaron análisis estadísticos descriptivos. Se realizó una Anova para determinar si existen diferencias significativas en cuanto a riqueza y abundancia de artrópodos y de especies de chisas entre los agroecosistemas estudiados usando el programa estadístico SPSS15.0.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. EDAFOFAUNA ASOCIADA A LAS DIFERENTES COBERTURAS.

Se colectó un total de 9.661 individuos, distribuidos en cinco Filum: Nemátoda, Mollusca, Anélida, Onicófora y Artrópoda. El filum Artrópoda presentó la mayor abundancia (72%) de individuos (Figura 5).

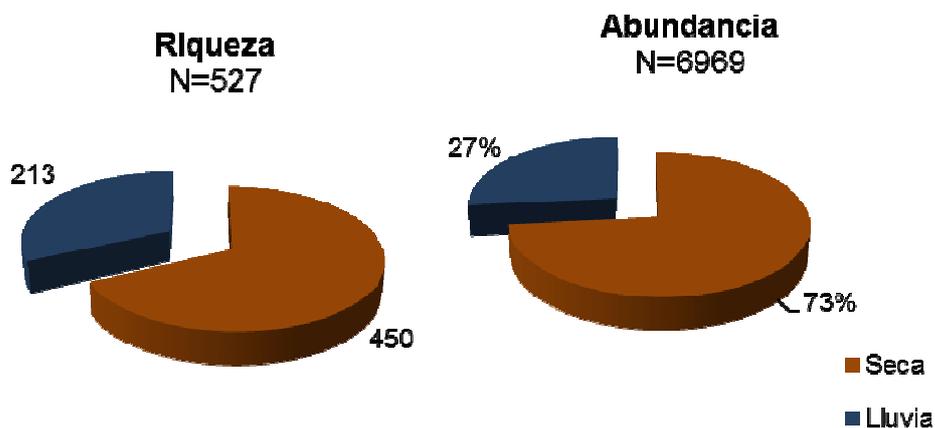


**Figura 5.** Distribución de la abundancia de la edafofauna por filum.

### 5.2. ATROPODOS ASOCIADOS A LAS DIFERENTES COBERTURAS.

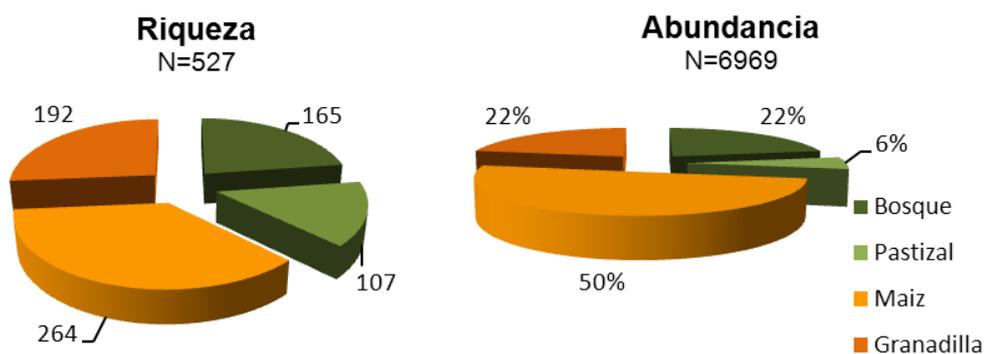
Entre las cuatro coberturas maíz, granadilla, pasto y bosque se colectaron un total de 6.969 individuos distribuidos en cuatro clases, 15 órdenes y 527 morfoespecies, de los cuales el 73 % se registró en época seca (5108 individuos) y el 27% (1861) en época de lluvia (Figura 6). Resultados similares fueron registrados en un estudio realizado en la vereda La Rejoya por Gómez & Ruge (2009) Los autores encontraron una mayor riqueza y abundancia de especies en época seca. Así mismo, García y Chamorro (1994), en su estudio sobre la dinámica temporal de la edafofauna en un bosque altoandino de la región de Monserrate (Cundinamarca), registraron que esta probablemente fue influenciada por la precipitación, con una disminución de la abundancia durante los periodos de máxima pluviosidad.

Al analizar la riqueza y abundancia de especies por coberturas, el cultivo de maíz presentó el mayor número con 264 morfoespecies y el 50% del total de individuos



**Figura 6.** Riqueza y abundancia de artrópodos por épocas de muestreo.

colectados, el menor se presentó en pastizal con 107 morfoespecies y el 6% de los individuos (Figura 7). Bajo la misma metodología de muestreo, Gómez y Ruge (2009) registraron la menor riqueza de artrópodos en potrero semiarbolado.



**Figura 7.** Riqueza y abundancia de artrópodos por coberturas.

La alta riqueza de especies encontrada en el cultivo de maíz, indica que es un ambiente heterogéneo que ofrece una alta variedad de nichos (material vegetal derivados de la tala de bosques para el establecimiento del cultivo), microclimas y una mayor disponibilidad de recursos que pueden soportar una biota más rica. De otro lado, se podría explicar también por la heterogeneidad de la matriz circundante, constituida por un potrero arbolado, un río y en mayor proporción relictos de bosque natural, lo cual podría estar favoreciendo un flujo de especies hacia este cultivo (As, 1999).

En contraste, el relicto de bosque natural presenta otro tipo de matriz circundante, en una alta proporción se encuentra rodeado de una matriz homogénea de pastizal, lo que sugiere pensar que no hay una fuente de colonizadores para este sistema, así como una oferta de material orgánico como lo brinda el cultivo de maíz. La perturbación en los ambientes naturales ocasiona alteraciones en los procesos ecológicos y en las interacciones entre especies nativas, provocando la pérdida de especies ya que pueden limitar su dispersión y colonización. De esta manera, muchas especies nativas no pueden recolonizar los fragmentos aislados, lo cual a corto, mediano y largo plazo, modifica la riqueza y diversidad de especies nativas (Primack, 1995).

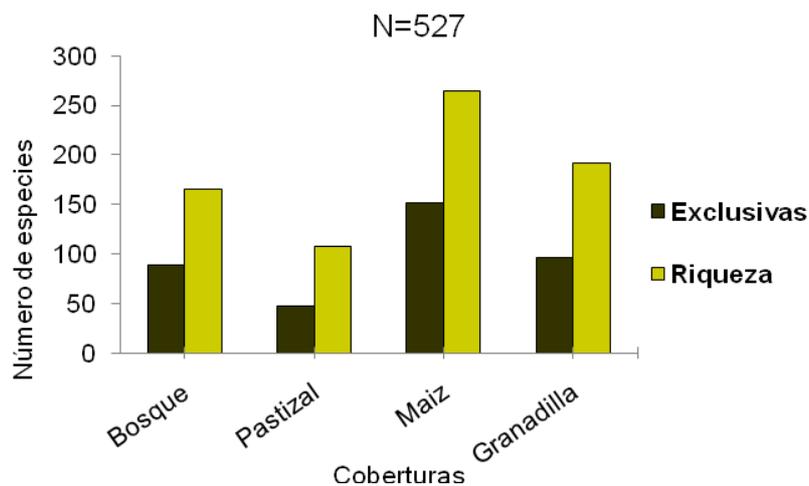
El cultivo de granadilla es un lugar que ofrece condiciones ambientales variadas (derivadas de actividades como fertilización y fumigación). Este lugar presentó una de las mayores riquezas de especies, lo que indica también que se trata de un ecosistema de alta productividad.

El bajo número de especies en pastizal se debe posiblemente a que en este lugar por la escasa cobertura vegetal, con una baja producción de hojarasca y la incidencia directa de rayos de sol, no ofrece unas condiciones ambientales mínimas adecuadas. Ha sido un ecosistema fuertemente perturbado por los usos que se le han dado, pues ha sido impactado por el sobrepastoreo y la tala de árboles, por lo tanto en el pastizal como en los otros sistemas, cualquier intervención de alguno de sus componentes repercute en todo el ecosistema. De acuerdo con Lavelle (2000) la disminución de la riqueza y abundancia de artrópodos como ocurre en el pastizal puede deberse a la “degradación física y química de los suelos, que implica la pérdida de su estructuras por la erosión, la compactación y la desagregación, así como la disminución de la fertilidad, por la reducción de compuestos asimilables o materia orgánica, pueden relacionarse directamente con la disminución de las poblaciones de la macrofauna subterránea, o con la pérdida de especies ecológicamente estratégicas para la regulación de los ciclos de la materia y energía en el suelo”. Buckman & Brady (1976) consideran que el uso excesivo de maquinaria agrícola o la utilización inadecuada de implementos agrícolas durante la preparación del suelo, pueden ocasionar un aumento en la densidad de sus partículas, fenómeno denominado compactación del suelo. La compactación puede interferir directamente en el desarrollo de las

plantas y de los macro y microorganismos, así como otras propiedades intrínsecas del suelo, como el diámetro de los poros y la disponibilidad del agua y de oxígeno.

El cultivo de maíz presentó el mayor número de especies exclusivas y el menor valor se reportó en pastizal. Solo el 2.7% de las especies fueron compartidas entre las cuatro coberturas (Figura 8). De lo anterior se pueden inferir que se presentan diferencias en la composición de artrópodos encontrados, que podrían interpretarse como cambios en la estructura trófica de los ecosistemas como consecuencias de las actividades antrópicas.

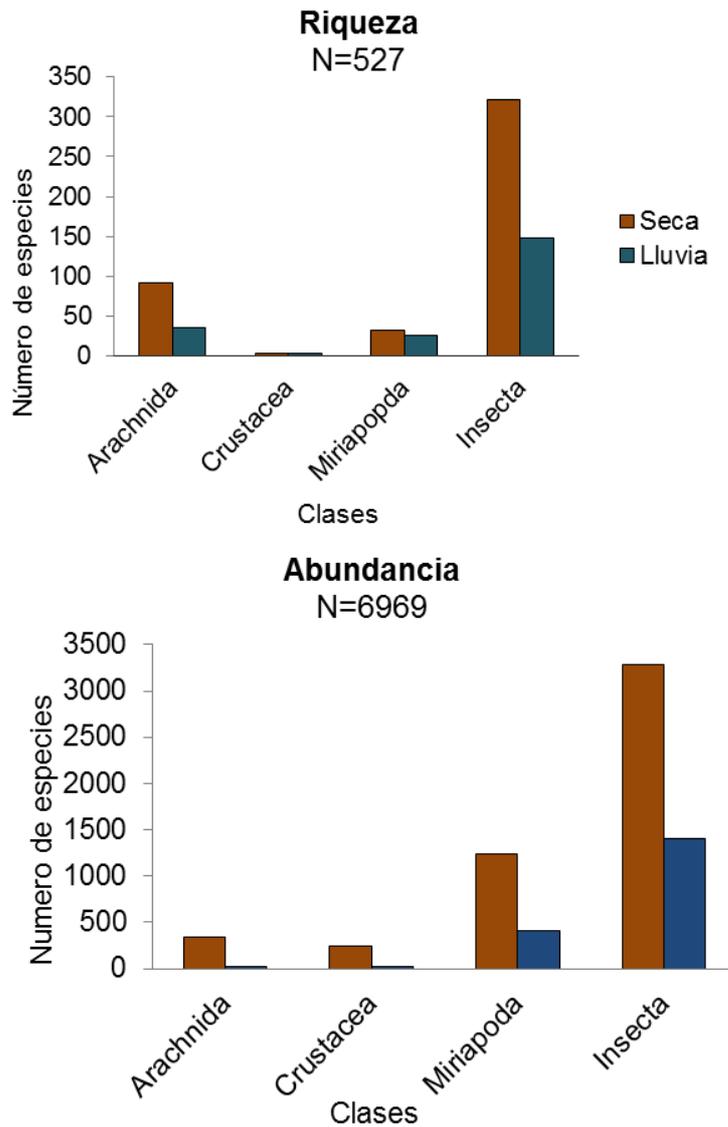
Los sistemas de manejo agrícola provocan la pérdida de la diversidad y cambios en la composición, lo que se observa también en el bajo porcentaje de individuos que comparten las cuatro coberturas.



**Figura 8.** Riqueza y exclusividad de especies de artrópodos distribuidos por coberturas.

Dentro del filum Artrópoda, la clase Insecta fue la más abundante y diversa con 4682 individuos distribuidos en 386 especies y la menor fue Crustácea (Figura 9). Borror *et al.* (1992) afirman que muchos grupos de insectos pasan una parte o toda su vida en el suelo. El suelo provee de hábitat, protección y la mayoría de las veces de alimentos, a su vez el suelo es cavado en forma de caminos por los insectos y esos llegan a ser más aireados, y estos son enriquecidos por las excreciones y los cuerpos muertos de los insectos. Los insectos del suelo mejoran sus propiedades físicas y agregan a éste materia orgánica.

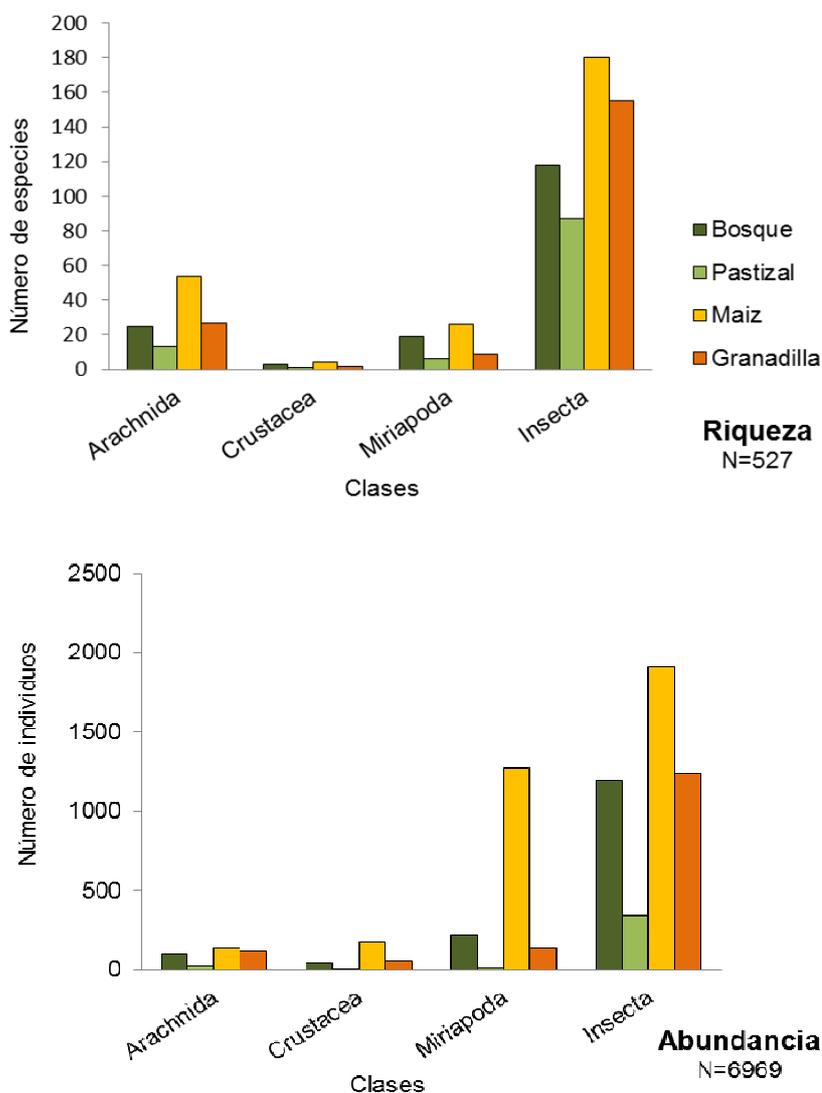
Los insectos son artrópodos que viven en el suelo en grandes cantidades, tanto en términos de biomasa como en términos del número de individuos y de especies (López 1997) y constituyen un elemento vital en la compleja cadena de relaciones entre la vida vegetal y la vida animal (Berti, 1995).



**Figura 9.** 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. En cuanto a riqueza, se destaca también que las clases Arácnida y Miriápoda sobresalen por su abundancia (Figura10).

En términos generales, de acuerdo con los cambios en la diversidad y composición de artrópodos, se puede sugerir que existen diferencias de acuerdo al manejo agrícola de cada sistema, conservando una alta riqueza, lo que se justifica porque estos agroecosistemas no han sido manejados con prácticas agrícolas tecnificadas que involucren por ejemplo, el uso intensivo de agroquímicos, maquinaria para arado y fumigación. Estos resultados concuerdan



**Figura 10.** Riqueza y abundancia de artrópodos distribuidos por clase en cada cobertura.

con lo encontrado en estudios donde con el desarrollo de prácticas de conservación ecológica, basadas en la reducción de monocultivos, del consumo de fertilizantes y rotación de cultivos, han permitido el retorno de la biodiversidad de los organismos del suelo. Por el contrario se han encontrado pocas especies o significativas pérdidas de biodiversidad de fauna del suelo en sistemas agrícolas convencionales, que se basan en monocultivos, el cultivo intensivo, y el uso intensificado de fertilizantes (Paleotti, 1992).

El alto número de especies encontradas en este trabajo, se puede atribuir a que estos sistemas presentan menor grado de intervención antrópica.

Con respecto a la composición de artrópodos en los suelos Salvadori (2004), afirma que la mayoría de los grupos de artrópodos son benéficos para los agroecosistemas, y algunas especies ocasionan daños constantes o esporádicos. Por su parte Brown *et al.* (2001 b), encontraron que el aumento de la diversidad, abundancia y actividad de algunos organismos, incrementa la heterogeneidad de las actividades biológicas bajo sistemas donde no se realiza ningún tipo de arado del suelo.

En la clase insecta, la mayor riqueza y abundancia por cobertura se registró en el orden Coleóptera (Figura 11). Los Coleópteros constituyen el grupo animal más numeroso y aunque han colonizado los medios tierra, aire y agua, muestran una especial atracción por el medio edáfico y por el aprovechamiento del material orgánico en descomposición que se encuentra en el suelo (De la Fuente, 1994).

Del orden Coleóptera sobresalen por su abundancia los estados inmaduros de la familia Melolonthidae conocidos comúnmente como chisas con 459 (10%) del total de insectos colectados y la familia Staphylinidae como una de las más diversas. Las larvas de la familia Melolonthidae estuvieron presentes en todas las coberturas, observándose que la mayor riqueza y menor abundancia se asocia al bosque y la mayor abundancia al sistema de maíz, siendo congruente con otros estudios donde se ha encontrado que por las características fitófagas de la familia Melolonthidae, este grupo presenta una gran adaptación a nuevos ambientes creados por el hombre e invade con éxito las áreas intervenidas (Lobo & Morón 1993; Morón 1991, 1994).

La familia Staphylinidae es uno de los grupos de coleópteros con mayor número de especies, se encuentran en gran variedad de hábitats, pero especialmente en aquellos que son más húmedos. Por su biología depredadores o parásitos, se ha considerado que algunas especies pueden ser de utilidad para reducir las poblaciones de especies consideradas plaga (Navarrete, 2009).

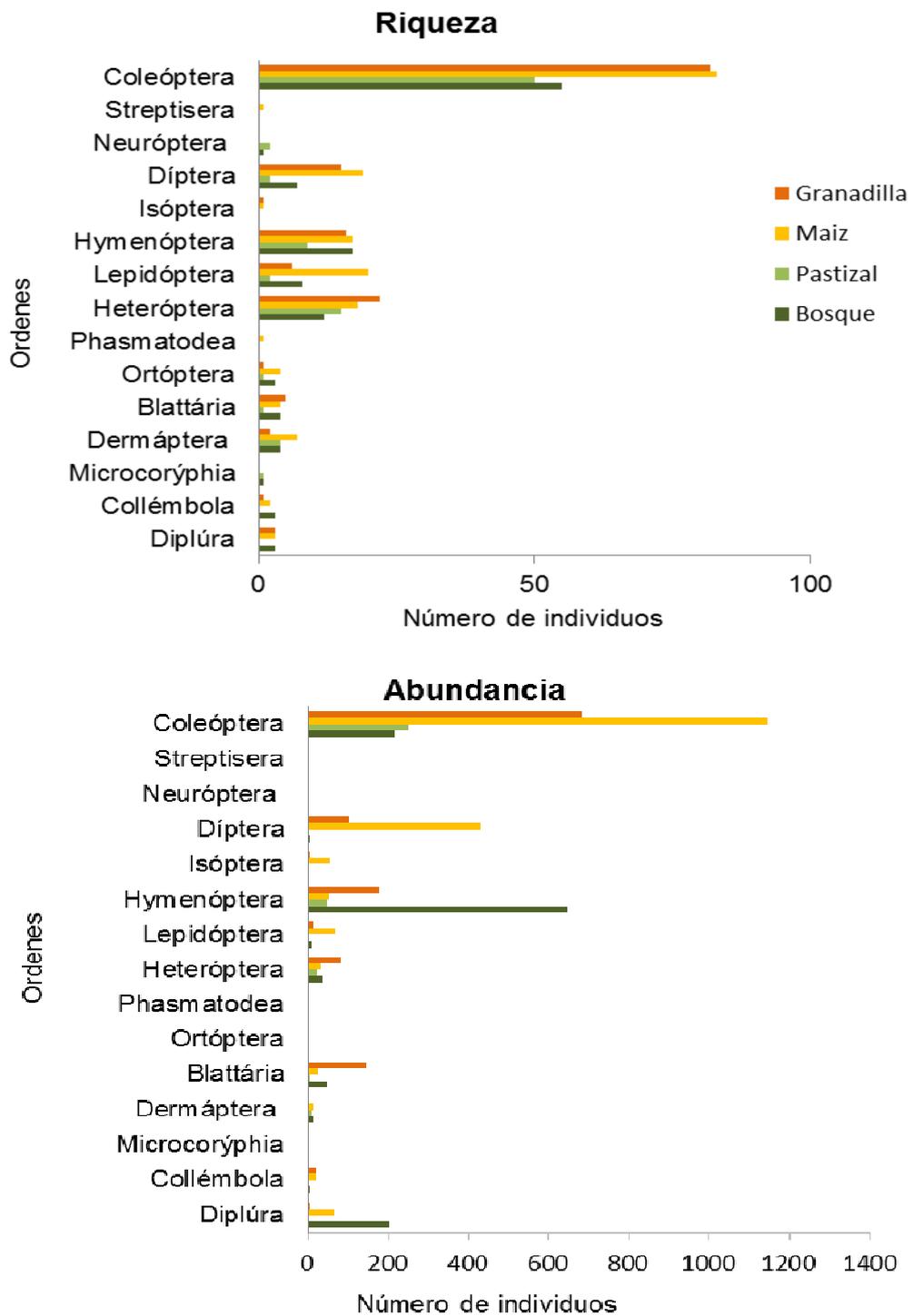
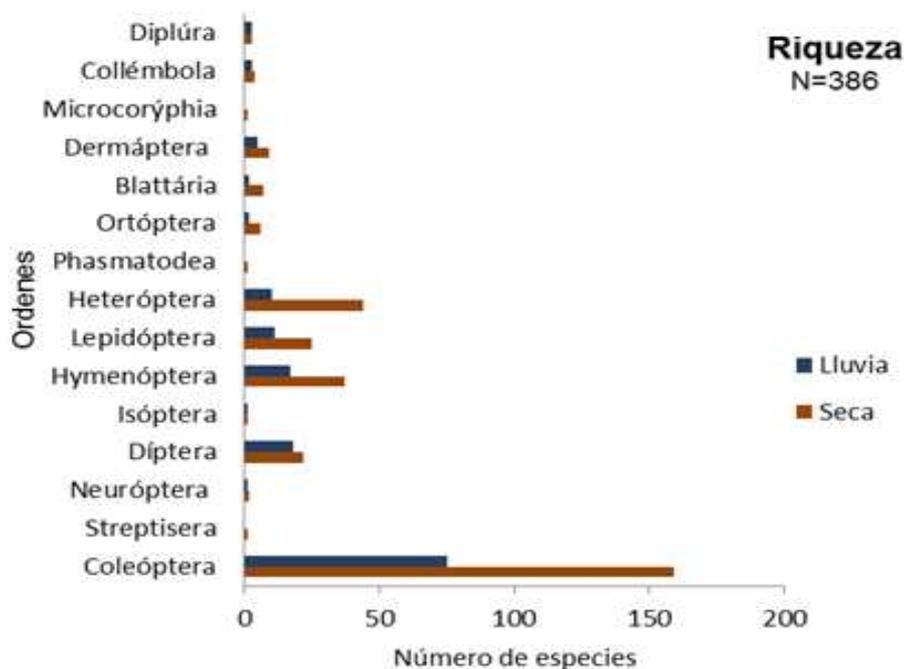


Figura 11. Riqueza y abundancia de artrópodos distribuidos por orden en cada cobertura.

Las comunidades de Coleópteros responden de manera diferente a 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 está fuertemente correlacionada con la diversidad de vegetación presente en el agroecosistema (Stork & Eggleton 1992; Nestel *et al.* 1993).

Los ordenes Heteróptera, Himenóptera y Lepidóptera registraron un alto número de morfoespecies en la época seca (Figuras 12<sup>a</sup> y 12<sup>b</sup>). En el caso de las hormigas dentro del orden himenóptera estos resultados son coherentes con lo encontrado en la literatura donde se ha visto que aún en medios ricos en recursos, con climas fríos y húmedos hay baja diversidad. En contraste ambientes secos y cálidos parecen tener condiciones adecuadas para las hormigas. 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.



**Figura 12a.** Riqueza por órdenes de la clase Insecta en las épocas muestreadas.

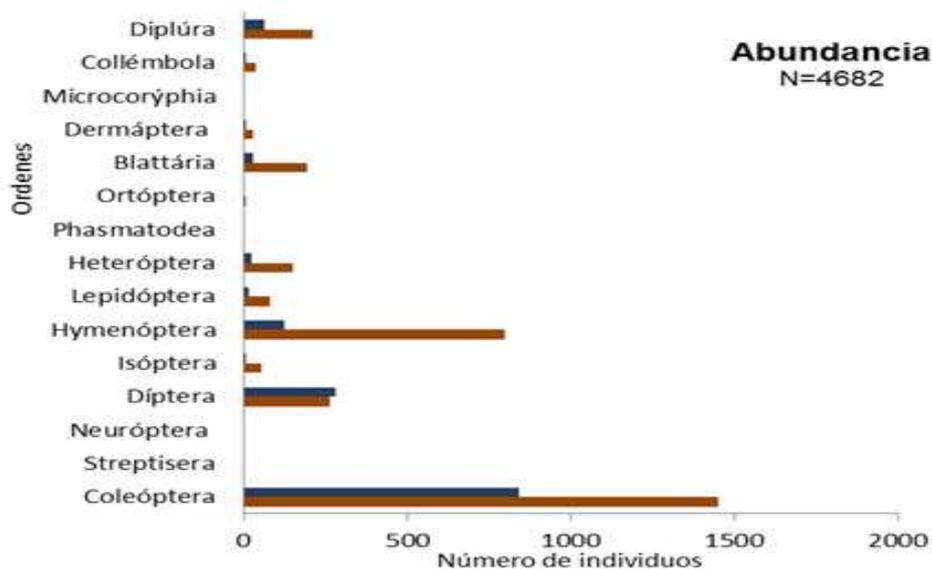


Figura 12b. Abundancia por órdenes de la clase insecta en las épocas muestreadas.

### 5.3. RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE.

En las cuatro coberturas fueron colectadas un total de 459 larvas de la familia Melolonthidae distribuidas en 9 especies y 7 géneros (Tabla 1), el 57.3% fue colectado en época seca. Las chisas encontradas en este estudio corresponden aproximadamente al 8.4% de los 107 géneros registrados para Colombia (Restrepo *et al.* 2003).

Tabla 1. Riqueza de chisas colectadas en cada cobertura.

Morfoespecie	Bosque	Pastizal	Maíz	Granadilla
<i>Golofa</i>	x			
<i>Ancognatha sp1</i>		x		x
<i>Ancognatha sp2</i>			x	
<i>Anómala</i>	x	x		x
<i>Callistethus sp1</i>		x		
<i>Callistethus sp2</i>				x
<i>Astaena</i>	x		x	x
<i>Isonychus</i>	x			
<i>Macroductylus</i>			x	
<b>Riqueza</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Al observar la figura 13, se tiene que las subfamilias Melolonthinae, Dynastinae y Rutelinae presentaron una riqueza de especies similar, pero en cuanto a la abundancia se destaca la familia Melolonthinae con el 63% del total colectado.

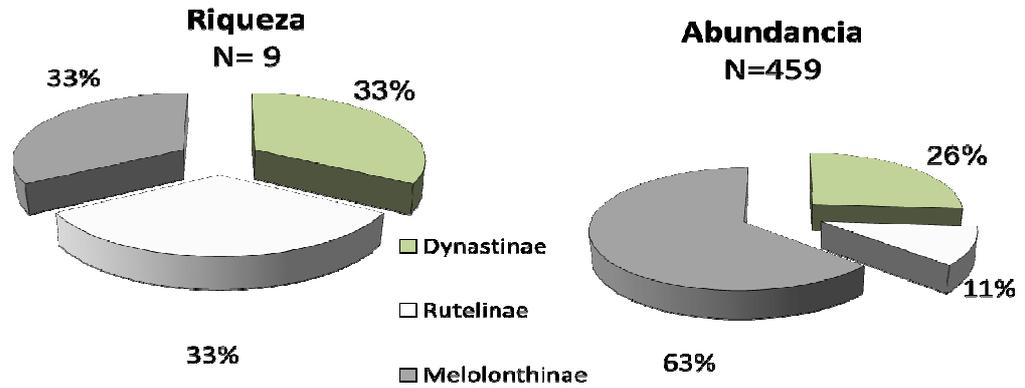


Figura 13. Riqueza y abundancia de chisas distribuidas por subfamilias.

Al analizar la distribución de las chisas por épocas de muestreo (Figura14), se observa una mayor riqueza de especies en época de lluvia y una mayor abundancia en época seca.

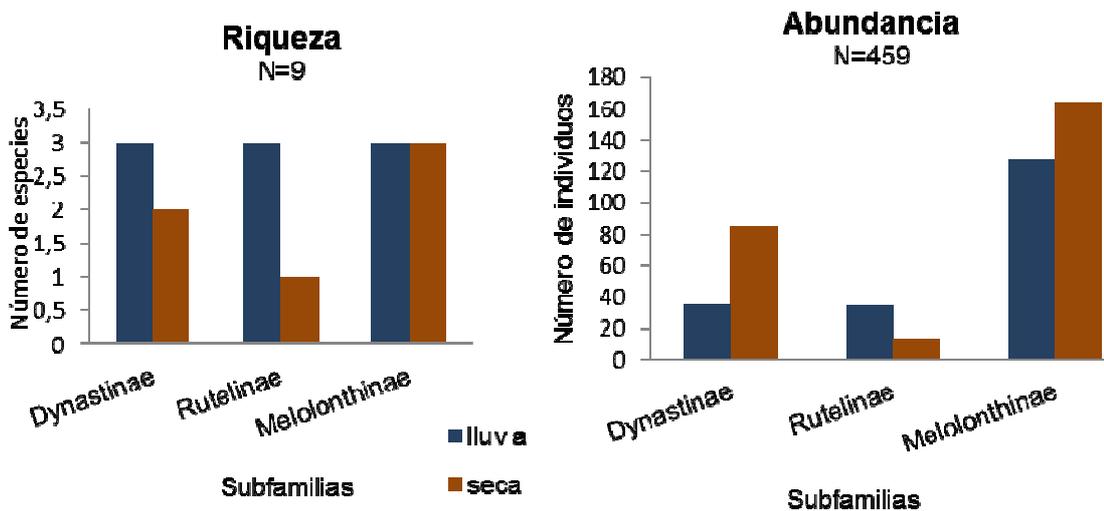
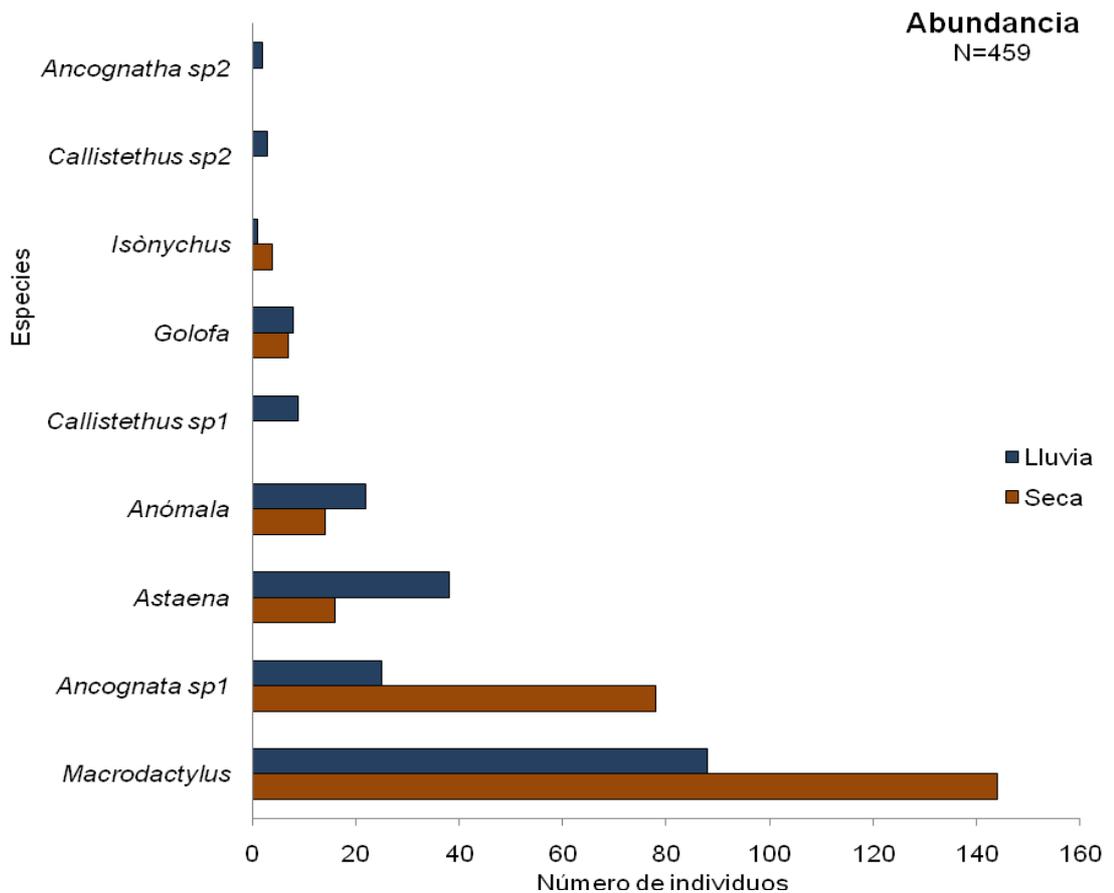


Figura 14. Riqueza y abundancia de chisas en las épocas muestreadas.

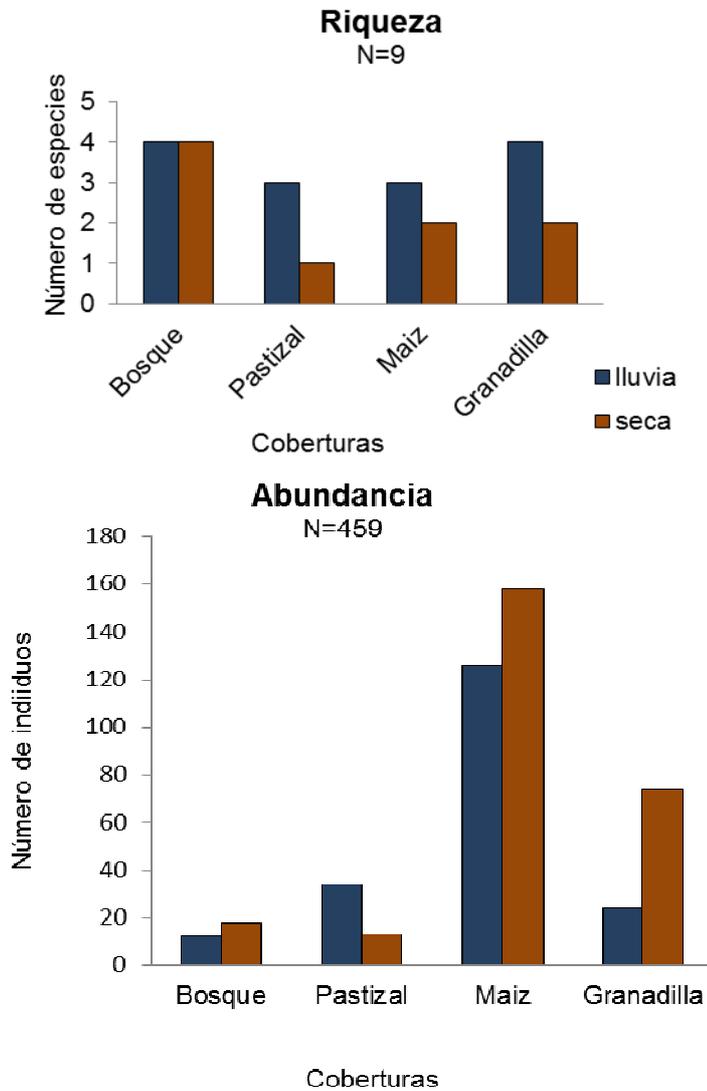
La especie *Macroductylus* fue la más abundante con 88 individuos en época de lluvia y 144 en época seca. Las especies menos abundantes fueron *Ancognatha* sp2 y *Callistethus* sp2 con solo 2 y 3 individuos, respectivamente, en la época de lluvia (Figura 15).



**Figura 15.** Abundancia de larvas de la familia Melolonthidae en las épocas muestreadas.

Al realizar una Anova no se encontraron diferencias significativas en la riqueza entre los hábitats ( $F=0.719$ ;  $p=0.546$ ), las épocas de muestreo ( $F=0.442$ ;  $p=0.510$ ) y tampoco en la interacción hábitat-época ( $F=1.608$ ;  $p=0.203$ ). Aunque no se encontraron diferencias significativas en cuanto a riqueza, la mayor diversidad se obtuvo en bosque (4 sp) la cual se mantuvo tanto en época de lluvia como en

época seca. En pasto se encontró que en época seca fue la cobertura con menor riqueza con 1 sola especie (Figura 16).



**Figura 16** Riqueza y abundancia de larvas de chisas por coberturas en las épocas muestreadas.

Se observa que la mayor diversidad de Melolonthidos se asocia a ecosistemas menos intervenidos lo cual es posible debido a que la complejidad estructural del bosque permite mayor variabilidad de microhábitats y las diversas especies encuentran refugios donde, por ejemplo, condiciones como la humedad y temperatura son más estables durante la mayor parte del año, favoreciendo su

permanencia (Morón, 2007). Predomina en bosque especies con hábitos saproxilofagós o rizófagos facultativos como es el caso de *Golofa* y *Anómala*.

Gómez y Ruge (2009) en su estudio realizado en la vereda La Rejoja, municipio de Popayán, hallaron que la mayor diversidad de melolonthidos se asocia a los ecosistemas más intervenidos con mayor periodo de uso del suelo. Los autores encontraron diferencias significativas en la riqueza de chisas entre las plantaciones de eucalipto con edad de 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. Entre otras se destacaron *Phyllopagea* y *Barybas* de hábitos rizófagos, siendo menor la presencia de *Barybas* en Bosque.

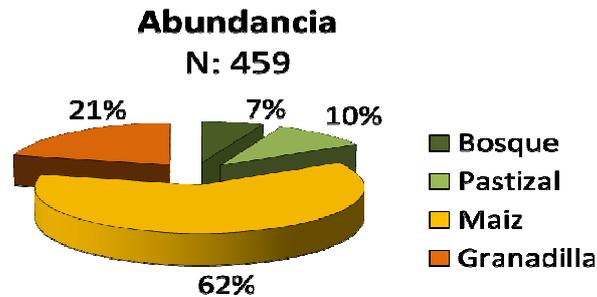
Tanto la mayor diversidad con una baja abundancia de chisas encontradas en bosque y la baja riqueza y alta abundancia de chisas observada en maíz, se puede explicar de acuerdo a Morón (2006), quien afirma que en el suelo de los bosques la abundancia o la densidad de larvas parece ser mucho menor que en los terrenos abiertos con cierta abundancia de herbáceas, sobre todo gramíneas. Por estas razones un monocultivo extensivo sería lo más parecido a una pradera natural donde la riqueza de especies puede ser baja, pero la densidad o abundancia de larvas puede ser muy alta.

La disminución en la riqueza de especies en el cultivo de granadilla puede ser ocasionada por la presión que tiene este sistema sobre las poblaciones de la edafofauna por la degradación mecánica y uso de plaguicidas que reducen la vegetación, disminuyen la materia orgánica y otros elementos del suelo.

Al realizar una Anova para la abundancia, se establecieron diferencias significativas entre los hábitats muestreados ( $F_{5,343}$ ;  $P=0.003$ ). La postAnova muestra las diferencias entre los hábitats. Estos resultados indican que no hay diferencias significativas para bosque ( $P=0.4$ ), pero si hay diferencias significativas para los agroecosistemas pastizal ( $P=0.021$ ), maíz (0.009) y granadilla (0.008), lo cual nos sugiere que el tipo de cobertura parece influir en la composición de especies de chisa y en su abundancia.

Estos resultados concuerdan con otras investigaciones, donde se ha encontrado que la distribución espacial de una especie de chisa está concentrada en algunos puntos, lo cual depende de sus preferencias ambientales, es así que el tipo de hábitat influencia su abundancia. Por ejemplo se supone que la localización de los adultos y las posturas podrán estar afectadas por la cobertura vegetal, cuyo ensamblaje y oferta de follaje y néctar podría ser diferencialmente atractivo para distintas especies, como lo registrado por Pardo *et al.* (2003c) al encontrar diferencias significativas entre los cultivos de pastizal, yuca, café y bosque en Caldon, Cauca.

El cultivo de maíz presentó la mayor proporción de abundancia de chisas 62% y la menor el relicto de bosque natural 7% (Figura 17).



**Figura 17.** Abundancia de chisas de la familia Melolonthidae distribuidos por coberturas.

Este comportamiento en maíz, podría estar relacionado con su menor alteración del suelo en comparación con los otros agroecosistemas y con la presencia de mayor cantidad de materia orgánica de origen vegetal, residuos vegetales provenientes de la tala del bosque por la adecuación de tierras para siembra, que se convierten en fuente de alimento y cubren la superficie del suelo brindando protección, y además ayudan a mejorar las condiciones físicas como una menor densidad del suelo y una humedad más constante; contrastando esta situación, con los otros cultivos donde los suelos han sido más laborados.

La baja abundancia de individuos en pastizal, se puede atribuir a las prácticas que se desarrollan de forma no tecnificada (CRC 2002) y a la que ha sido sometida por más de 50 años (según entrevista personal con el señor José Muñoz), ocasionan la reducción mecánica de la vegetación, lo que ha generado la formación de una cobertura homogénea y los procesos de compactación del suelo especialmente por pisoteo de ganado, lo cual dificulta el movimiento de la fauna edáfica. Adicional a esto no se realizan prácticas controladas para aportar nutrientes a este sistema, lo cual concuerda con los resultados del análisis de suelos realizados donde se observan valores bajos de nutrientes.

### 5.3.1. 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.

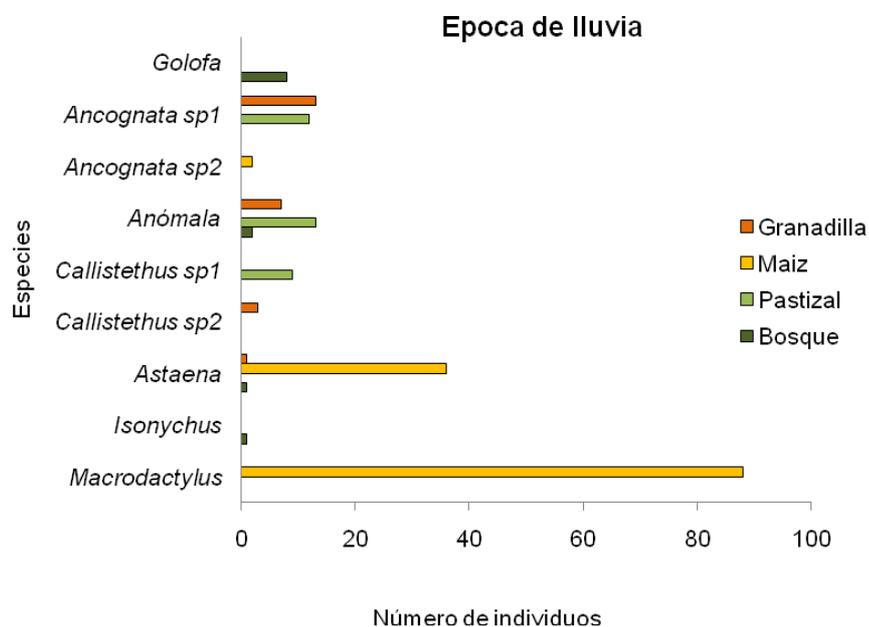
La mayoría de las larvas de Melolonthidae se desarrollan dentro del suelo, consumiendo raíces o materia orgánica en áreas silvestres o cultivadas, y una menor parte de las especies se desarrolla en restos xilosos, en nidos de hormigas o termitas, y en madrigueras o nidos de vertebrados. La mayor parte de las especies rizófagas corresponden a las subfamilias Melolonthinae y Rutelinae, mientras que las especies de Cetoniinae y Dynastinae, son predominantemente saprófagas (Moron 2007). En la tabla 2, se listan las diferentes especies de chisas en las coberturas estudiadas.

**Tabla 2.** Distribución de las chisas por grupos funcionales (Fuente: Pardo-Locarno *et al.* 2007b).

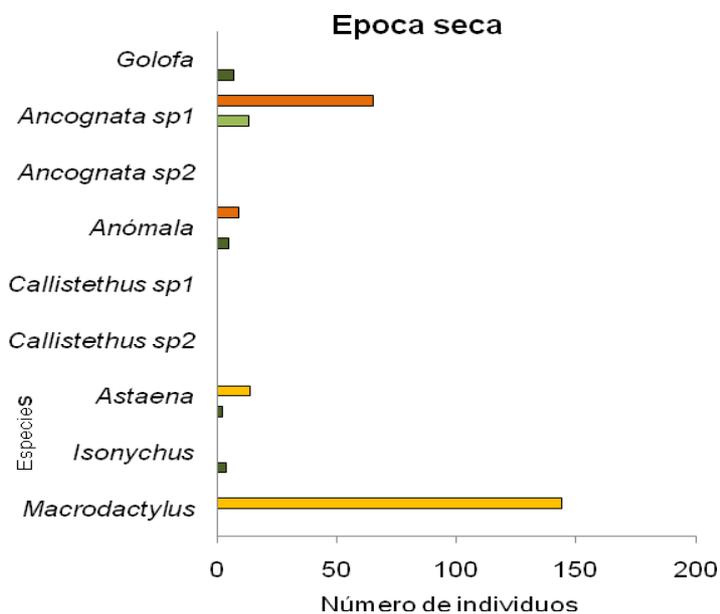
Subfamilia	Género	GREMIO		
		Saprófago	Saproxilófago	Rizófago
Dynastinae	<i>Golofa</i>		x	
	<i>Ancognata</i> sp1	x		x
Rutelinae	<i>Anómala</i>	?		x
	<i>Callistethus</i>	?		x
Melolonthinae	<i>Astaena</i>			x
	<i>Macroductylus</i>			x
	<i>Isonychus</i>	?	?	x

De acuerdo a las figuras 18a y 18b, se encontró que del total de individuos se destaca que el género *Macroductylus* fue el más abundante en las dos épocas en el cultivo de maíz. Esta especie es considerada de importancia económica, cuyas larvas son incapaces de culminar el ciclo de vida sin el aporte de raíces o tejido vegetal (Pardo-Locarno 2002). Restrepo y López (2000) la han registrado en varios cultivos y han encontrado una especie con adultos como plaga en cultivo de maíz.

Las larvas del género *Macroductylus* alcanzaron en maíz densidades de 8 y 81 larvas por cuadrante en época seca y de 1 hasta 54 en época de lluvia. Pardo-Locarno (2002) ha incorporado sus características sobresalientes a nivel de género y las incluye en el complejo chisa de Colombia. Confirmando la sospecha sobre su importancia como larva rizófaga y su gran abundancia en cultivos y en ecosistemas forestales, encontró que en parcelas de pastizal y yuca se consiguieron hasta 22 y 38 larvas por cuadrante, respectivamente. De acuerdo a estos resultados se pueden considerar como plaga en el cultivo de maíz. 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 convierten en plagas de diversos cultivos (Victoria y Pardo 2000).



**Figura 18a.** Abundancia de larvas de chisas por coberturas en la época de lluvia.



**Figura 18b.** Abundancia de larvas de chisas por coberturas en la época seca.

Cajamarca es considerado el primer productor de arracacha en Colombia. En esta región se registran pérdidas del 30% y sobrecostos de producción del 22%,

ocasionado por un complejo de chisas que incluye 16 especies, donde sobresalen por su efecto dañino *Phyllopagea*, *Astaena* y *Macroductylus*. Se señala a *Phyllopagea* como la especie de mayor impacto y distribución en la zona. En áreas agrícolas de Ibagué, Tolima, se registraron 35 géneros y 62 especies en su mayoría de Dynatinae la subfamilia más diversa, seguida de Melolonthinae con *Phyllopagea*, *Plectris*, *Macroductylus*, *Schizochelus*, *Isonychus* y *Ceraspis* (Pardo *et al.* 2007b).

Las larvas y adultos de varias especies de *Astaena* dañan las raíces y el follaje de cultivos en climas templados y fríos de Colombia. Investigaciones en el norte de Cauca describieron los estados inmaduros y revelaron su importancia económica confirmando que las larvas son rizófagas, prosperan en suelos disfuncionales y se reporta su asociación con rizósfera en pastos y cultivos de maíz, yuca, café, tomate, espárragos, piña y fique; y se ha encontrado que en Colombia estas larvas son de importancia agrícola por su hábito rizófago cuando se encuentran conformando parches de hasta 23 individuos por m<sup>2</sup> en suelos disfuncionales donde predominan monocultivos (Pardo *et al.* 2007a). En Nariño se registró que la presencia de 10-15 larvas/m<sup>2</sup> de *Astaena* ocasionan un daño severo especialmente en cultivos de hortalizas como zanahoria o semestrales como maíz (Pardo *et al.* 2007b). Así mismo, este género ha sido encontrado en suelos deteriorados, fluctuando entre 36 larvas por cuadrante en Buenos Aires y Caldoño, Cauca, donde plantas con más de 7 larvas en tercer estadio por metro cuadrado mostraron síntomas de daño, especialmente cuando se encontraban asociadas con larvas de *Phyllopagea* y *Plectris* (Pardo y Victoria 1999a, Pardo Locarno 1999b). También se ha observado que diversas larvas de este género consumen raíces de cultivos y los adultos flores de cultivos comerciales de rosas en Mosquera (Pardo Locarno 2000; Restrepo 1998; Zuluaga *et al.* 2003).

Gómez y Ruge (2009) identificaron a *Astaena*, *Barybas* y *Phyllopagea* como los más abundantes y se encontraron en mayor proporción en el cultivo de plátano, plantación de Eucalipto 4 años y potrero semiarbolado. En este estudio el género *Astaena* fue uno de los géneros más abundantes y fue característico del cultivo de maíz, con una densidad entre 3 y 30 individuos por cuadrante en época de lluvia, entre 1 y 7 en época seca, lo que significa que podría ser considerado plaga en el agroecosistema.

El género *Isonychus* fue encontrado exclusivamente en el relicto de bosque natural. Estudios en Colombia, reportan este género sobre cultivos de arracacha, hortalizas y pasturas en Ibagué, Tolima (Pardo-Locarno 2000) y fue encontrado en el norte del Cauca integrando el complejo chisa para esta región.

La subfamilia Rutelinae, es considerada la segunda en importancia económica destacándose los géneros *Anómala* y *Leucothyreus* como los de mayor importancia económica, pero pobremente estudiados (Pardo-Locarno 2007b), así mismo junto con *Callistethus* son géneros con notable diversidad específica,

cuyas larvas requieren tejido radicular para poder culminar el ciclo (Pardo-Locarno 2002).

El género *Anómala* fue característico de pastizal en época lluviosa y su densidad fue de 1-7 individuos por cuadrante. También se registró en el cultivo de granadilla en las dos épocas. En estudios realizados para este género se ha encontrado que presenta especies con hábitos rizófagos facultativos, que al parecer solo se alimentan de raíces en suelos con escasa materia orgánica y probablemente cuando están sometidos a una presión de competencia inter o intraespecífica (Morón, 1983; Ramírez *et al.* 2003), lo anterior justificaría su presencia en Bosque. King & Sauders (1984) mencionan que las larvas de *A. inconstantes* se alimentan de las raíces de maíz. En Nicaragua *Anómala* y *Phyllopagea* han producido del 40-60% de pérdidas en papa y otros cultivos (Pardo-Locarno 2002).

Del género *Callisthetus* fueron encontradas dos morfoespecies una en pastizal y la otra en el cultivo de granadilla, Pardo Locarno *et al.* (2007b), basado en observaciones al ciclo de vida de algunas especies ha reportado a este género también como de hábitos saprófagos, lo que permitiría decir que estos suelos aún se conservan. Sin embargo, el manejo agrícola que se tiene en estos sistemas está mostrando en los análisis de suelos alteraciones en disponibilidad de los nutrientes, lo que podría sugerir que estas especies estén actuando como plagas.

La subfamilia Dynastinae con el género *Ancognatha* fue característico de pasto y granadilla, siendo mucho mayor para granadilla. La densidad para pasto estuvo entre 1-5 en época lluviosa y 1-12 en época seca. Para granadilla entre 1-8 y 1-30, respectivamente. En un estudio realizado en los altiplanos de Antioquia en tres municipios estudiados la mayor proporción de larvas fue encontrada en el género *Ancognatha* (Londoño *et al.* 2007).

En Nariño en un sistema de fincas de minifundios de Yacuaquer y Ospina, se confirmó que poblaciones de *Ancognatha* aún a niveles altos de 50 larvas/m<sup>2</sup>, no afectaban la producción (Pardo-Locarno *et al.* 2007b). Otros estudios muestran que, por ejemplo, *Ancognatha scarabaeoides* se considera una de las plagas más importantes de los cultivos de papa y trigo en Colombia, y ocasionan pérdidas que oscilan entre 75% y 100% (Parada, 2001). Este género también se ha reportado a nivel nacional en cultivos de hortalizas (Lopez-Avila 1992).

Por lo anterior se concluye que para pastizal y granadilla las larvas del género *Ancognatha* no son plaga, al contrario son benéficas y su presencia puede relacionarse con el predominio de material orgánico de origen animal, proveniente del ganado. Para el cultivo de granadilla puede explicarse su presencia porque gran parte del cultivo era recientemente establecido y aunque está muy próximo al bosque está sumergido en una matriz de pastizal, y también las actividades que se desarrollan en este cultivo como el movimiento manual de la tierra y fertilización pueden generar un ambiente propicio para el establecimiento de esta especie.

El género *Golofa* (Dynastinae) fue encontrado exclusivo del relicto de bosque, con su mayor abundancia. La literatura reporta su hábito saproxilófago (Londoño *et al.* 2007), prefiriendo suelos ricos en materia orgánica. Su distribución en su mayoría en regiones boscosas, bien conservadas, con pocos cambios drásticos ambientales, con historia evolutiva antigua y climáticamente estables. Su distribución está afectada por la tala, y tal vez este sea el factor que ha restringido a esta especie al cinturón de selvas previas al páramo y relictos selváticos alto andinos (Pardo-Locarno *et al.* 1995; Pardo Locarno *et al.* 2005). De lo anterior se puede decidir que el género *Golofa* cumple un papel importante en el ciclo de los nutrientes en el bosque y por su presencia en el relicto de bosque natural, se sugiere que se encuentra en un buen estado de conservación, no obstante que se encuentra en parte con alta incidencia de una matriz de pastizal.

En general en la cobertura de bosque fueron encontrados los géneros *Anómala*, *Isonichus*, *Golofa* y *Astaena*, de acuerdo a lo anterior es necesario controlar la presión agrícola hacia este bosque con visión hacia la conservación, pues potencialmente ante una presión severa este sistema es susceptible para que especies de *Astaena*, *Anómala* e *Isonychus* puedan convertirse en plaga a largo plazo.

#### 5.4. ANALISIS DE SUELOS Y SU INCIDENCIA EN LA COMPOSICION DE ARTROPODOS.

Gracias al soporte que constituye el suelo, es posible la producción de los recursos naturales, por lo cual es necesario comprender las características físicas y químicas para propiciar la productividad y el equilibrio ambiental (sustentabilidad) (De la fuente, 2006).

Para cada una de las coberturas se realizó un análisis de algunas propiedades físicas y químicas del suelo que pueden tener incidencia en la composición de artrópodos.

##### 5.4.1. Análisis de las propiedades físicas.

Las variables medidas y los métodos utilizados fueron: Humedad higroscópica (%) (Perdida por calentamiento), textura (Método de Bouyoucos) y densidad aparente (método del cilindro). Estos análisis cubrieron tanto la época de lluvia como la seca. El bosque por presentar una extensa capa de capote tuvo un análisis en este horizonte para la época seca.

#### 5.4.1.1. Textura

Al analizar la textura de los suelos en las cuatro coberturas se encontró que son franco arenosos, lo que indica que son suelos aptos para la producción agrícola y para planes de conservación.

Deloya (1988) afirma que en Morelos los Melolonthidos prefieren los suelos arenosos. Este dato concuerda con lo encontrado en este estudio, ya que los Melolonthidos fueron los que presentaron la mayor abundancia de artrópodos en todo el muestreo.

#### 5.4.1.2. Humedad de campo

En la época de lluvias se presentaron los mayores porcentajes de humedad en todos los sitios y hubo una notable reducción en la época seca (Tabla 3). Un factor que pudo afectar la disminución de humedad fue la pendiente que presenta el bosque, los cultivos de maíz y la granadilla, esto puede deberse a la pérdida de agua del suelo por escurrimiento e infiltración ya que los sitios tiene la misma textura.

Mila (2001) afirma que en suelos tropicales generalmente la intensidad de lluvias es tan alta que se 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. Estos resultados están de acuerdo a las características que presentan los Andisoles, en estos suelos la permeabilidad y el movimiento del agua en general son altos, por lo cual la pérdida de nutrientes también lo es (Malagón 1995b).

El cultivo de granadilla y pastizal presentaron un mayor porcentaje de humedad en época de lluvia pero se redujeron notablemente en época seca. El cultivo de granadilla y el pastizal presentan menor cobertura vegetal lo que hace que estos suelos sean más vulnerables a factores medioambientales como la mayor incidencia de los rayos de sol y los vientos que permite una rápida evaporación. Al parecer esta condición favoreció el aumento notable de la riqueza y abundancia de artrópodos en los dos agroecosistemas, la reducción de la riqueza y abundancia de chisas en pastizal y favoreció la abundancia de dos especies de chisas en granadilla *Anómala* y *Callistethus* sp2.

El cultivo de maíz presentó unos de los menores valores de humedad, especialmente en época seca, según Megahan (1988), la quema ocasiona serios problemas de erosión, compactación y pérdida de productividad del suelo, el fuego causa hidrofobia en el suelo (resistencia a ser humedecido) resultando en una disminución de la infiltración y un incremento de la escorrentía y de la erosión; además, la quema remueve la cobertura vegetal exponiendo la superficie del suelo

a la insolación directa, incrementando la temperatura y marchitando las nuevas plantas.

**Tabla 3.** Resultados del Análisis de suelos.

**a) Época lluvia.**

Coberturas	pH	Hum.C(%)	M.O (%)	N(%)	C/N	P disp. (ppm)	K (meq/100g)	D.A	Artrópodos		Chisas	
									Riq.	Ab.	Riq.	Ab.
Bosque	3.51	35.30	30.71	1.60	11.07	15.24	0.53	0.61	52	301	4	12
Pastizal	4.88	38.89	19.52	1.33	8.49	22.64	2.39	0.68	35	129	3	34
Maíz	6.05	36.49	19.35	1.67	6.80	72.52	3.00	0.70	97	1251	3	126
Granadilla	4.73	47.64	22.62	1.49	8.78	40.06	0.71	0.61	57	179	4	24

**b) Época seca.**

Coberturas	pH	Hum.C(%)	M.O (%)	N(%)	C/N	P disp. (ppm)	K (meq/100g)	D.A	Artrópodos		Chisas	
									Riq.	Ab.	Riq.	Ab.
Bosque	3.86	17.99	29.53	1.37	12.73	6.70	1.02	0.59	141	1244	4	18
Bosque (capote)	3.32	23.56	65.47	3.74	10.21	28.19	1.44	0.58				
Pastizal	4.89	14.28	13.33	1.14	6.78	16.81	0.85	0.63	88	252	1	13
Maíz	5.93	15.80	23.03	1.32	8.26	32.85	2.61	0.62	218	2241	2	158
Granadilla	4.58	19.56	26.35	1.20	12.79	8.59	1.25	0.70	163	1364	2	74

La disminución de la humedad en el cultivo de maíz puede también atribuirse a la inclusión de otras plantas en el transcurso del desarrollo del cultivo como gran cantidad de rastrojos y arvenses de semillas provenientes del bosque alrededor o que subsistieron después de la tala. Además de otras plantas como tomate de árbol, frijol, cidra y ortiga que fueron sembradas, aunque en menor proporción, dentro del maíz pero que pueden tener influencia por los requerimientos de humedad.

En el bosque se encontró una reducción notable de la humedad en las dos épocas, pero entre las coberturas evaluadas, fue el lugar donde hubo una mayor retención de humedad en época seca, posiblemente por la gran capa de "capote"

que presenta el bosque. Los horizontes del bosque permiten una mayor retención de humedad, concentrando cantidades de agua que son fundamentales en los procesos biológicos como la evapotranspiración y permiten el control de la evaporación del suelo. Estas condiciones ambientales en el bosque natural favorecen la diversidad de chisas.

Las características del suelo tienen un efecto directo sobre el subsistema plagas; tal vez las características más importantes sean la textura y humedad. La textura afecta el movimiento de los insectos, que puede ser vertical u horizontal y la humedad afecta su permanencia. Pérez & Álvarez (2003) en un estudio sobre la influencia de factores ambientales sobre el desarrollo y la fluctuación poblacional de algunas especies de chisas, encontraron que el factor principal que propició el desarrollo de las poblaciones de insectos plaga de la raíz fue la humedad del suelo. Concuerdan estas afirmaciones con lo encontrado en pastizal donde se registraron los menores porcentajes de humedad y la menor abundancia de chisas (Tabla 3 y figura 17) representado por *Anómala*, *Callistethus* y *Ancognatha*, y solo por este último en época seca.

Ceballos (2007) encontró que de la macrofauna edáfica, las larvas de la familia Melolonthidae fueron las más abundantes en dos fragmentos de bosque de Roble asociada a sus condiciones favorables de humedad. Por su parte, Nájera *et al.* (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. Gómez & Ruge (2009) encontraron que el menor porcentaje de humedad de campo influyó en la mayor abundancia de artrópodos y de chisas en un bosque de Eucalipto.

#### 5.4.1.3. Densidad Aparente (D.A)

La densidad aparente encontrada en todos los suelos es baja (Tabla 3) característico de suelos de origen volcánico. Los resultados indican que son suelos con baja compactación lo que facilita la circulación del agua y nutrientes con espacios para las raíces de las plantas y el desplazamiento de los microorganismos. En la época seca se redujo la D.A en bosque, pastizal y maíz y se incrementó notablemente la presencia de los artrópodos.

Brown *et al.* (2001b) evaluaron la función de la macrofauna en suelos de agroecosistemas no arados. Los autores afirman que el escavado que realizan grandes larvas de escarabajos contribuye significativamente a la aireación del suelo. Además observaron que los espacios aéreos creados por estos organismos favorecen los procesos físicos del suelo, proporcionan canales para el crecimiento de las raíces de las plantas y crean espacios para organismos como colémbolos, ácaros (Silva *et al.* 1997) milpiés, larvas de escarabajos, caracoles y otros organismos (Brown *et al.* 2001b). El incremento de la actividad de algunos

organismos amplia la heterogeneidad de las actividades biológicas y genera características que pueden aumentar la resiliencia de los sistemas suelo y su resistencia en condiciones de tensión ambiental.

En el cultivo de granadilla la labranza pudo favorecer la baja densidad aparente encontrada en época de lluvia, pero presentó un notable incremento en época seca atribuible a los procesos de compactación en el transcurso del desarrollo del cultivo. No obstante, sigue siendo baja y no afecto aparentemente la riqueza y abundancia de chisas.

El laboreo del suelo en condiciones inadecuadas de humedad, realizado a la misma profundidad durante periodos de tiempo relativamente largos, va generando una zona de compactación en el fondo del surco de la labor por donde va rodando el implemento de la labranza. Al cabo de cierto tiempo se expresa un horizonte completamente compactado Jaramillo (2002).

El suelo del pastizal presentó unas de las mayores densidades, lo que podría sugerir que se están dando procesos de compactación y, que sumado a los bajos contenidos de materia orgánica en este sistema, probablemente harán que en este se incremente la compactación con el tiempo. La compactación según Montenegro & Malagón (1990) se produce principalmente al someter el suelo muy húmedo a laboreo y es mayor en aquellos suelos que tienen bajo contenido de materia orgánica.

También el pastoreo de ganado vacuno en condiciones de humedad inadecuadas o con una intensidad mayor a la aceptable para el suelo puede causar compactación aunque, en este caso, no es común la presencia de capas o de horizontes compactados continuos. Una manifestación muy frecuente de este fenómeno es la microtopografías conocida como pista de pata de vaca.

#### 5.4.2. Análisis de propiedades químicas de los suelos.

Los análisis realizados y los métodos utilizados fueron: pH (potenciómetro), Carbono y materia orgánica (%) (Método de Wackley-Black), Nitrógeno total (%) (Método de Kjendahl), Fosforo disponible (ppm) (Bray II) y Potasio disponible (meq/100g) (Absorción Atómica).

##### 5.4.2.1. pH.

El pH regula la actividad biológica del suelo, condicionando la fertilidad de este, es decir la posibilidad de desarrollo de una planta o de una población microbiana (Bravo y Giraldo 2003).

Guerrero (1991) sostiene que agronómicamente la mayoría de elementos esenciales y de cultivos se comportan bien a pHs entre 5.5 y 6.7 y que probablemente el pH óptimo está entre 6.2 y 6.5. Jaramillo (2002) aclara que en Andisoles este rango está entre 5.5 y 6.01. El ICA (1992) reporta algunos rangos de tolerancia de pH para algunas plantas de cultivo así:

- Plantas con rango entre 4.8 y 5.5: Piña, yuca, papa y pastos gordura, braquiaria y puntero.
- Plantas con rango de pH entre 5.6 y 6.4: Arroz, maíz, tomate, trigo y frijol.

Como se observa en la tabla 3, en general y con excepción del cultivo de maíz, los suelos de estos sitios presentaron acidez alta como producto de su origen volcánico. Los sitios se encuentran en unas zonas de alta pendiente que favorecen la erosión y por la escorrentía la pérdida de nutrientes y su acidificación. Esta acidez puede estar incidiendo en la fertilidad de los cultivos y generar toxicidad de algunos elementos e inhibir la acción benéfica de los microorganismos lo cual hace que sea necesario encalar.

El propósito del encalado es aumentar la cantidad de nutrientes disponibles para la planta. Esto se logra directa e indirectamente, por la adición de Calcio y Magnesio al suelo, e indirectamente por el cambio en la concentración y actividad de los iones de hidrógeno, lo que a su vez influye en importantes propiedades fisicoquímicas de los coloides del suelo, y en la solubilidad y disponibilidad de otros nutrientes. También el ión hidrógeno puede dañar las raíces de las plantas (Hart, 1985).

### **Bosque**

La extremada acidez que se presentó en suelos del bosque puede influir en las interacciones biológicas y químicas en su interior, de tal forma que pudo limitar el desarrollo de las especies en época de lluvia. Un aumento del pH en época seca tal vez permitió el incremento en la riqueza y abundancia de artrópodos en este sitio.

### **Maíz**

En el primer análisis de pH en el cultivo de maíz se presentaron valores básicos debido a la quema de un área de bosque que se realizó en este sitio para el establecimiento del cultivo, práctica generalizada para la preparación del suelo, según los valores encontrados, esta actividad produce un efecto similar a cuando se hace un tratamiento de encalamiento para disminuir la acidez del suelo.

En el segundo análisis realizado seis meses después, se encontró un leve incremento de la acidez y fue el cultivo que tuvo una mayor estabilidad del pH, brindando condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo en un rango

que sugiere la literatura, y según los resultados también favoreció el desarrollo de la edafofauna, de hecho fue el lugar donde se encontró la mayor cantidad de artrópodos y de chisas rizófagas.

La práctica agrícola de tumba, roza y quema es muy común en la región y son las actividades de mayor amenaza antrópica que afecta gran parte del municipio de Puracé (CRC, 2002). Es de resaltar que a pesar de que este tipo de manejo puede tener efectos favorables sobre la producción del cultivo estas son a corto plazo y el costo ambiental puede ser muy alto, teniendo en cuenta que el municipio de Puracé posee un gran potencial ambiental.

### **Granadilla**

En el cultivo de granadilla se esperaba encontrar suelos con pHs más neutros por las actividades de enclavamiento que realizan antes de sembrar pero se encontró un pH muy ácido que se incrementó con el tiempo. Los resultados también muestran que el incremento de la acidez que se presentó en la época seca no incidió en la abundancia y riqueza de artrópodos pues estos se incrementaron. Con relación a las chisas la mayor acidez pudo incidir en la reducción de dos especies en esta época *Astaena* y *Callistethus*, así como favorecer la abundancia de dos especies *Ancognatha* sp1 y *Anómala*, esta última reconocida por sus hábitos rizófagos.

### **Pasto**

Al analizar el pastizal se encontró que el pH fue menos ácido que en el cultivo de granadilla y se mantuvo estable, es de destacar que en el pastizal no se realizan prácticas de enclavamiento, razón por la cual se esperaba que el pH fuese más ácido que el del cultivo de granadilla. Además, la estabilidad del pH encontrada en el pastizal se puede atribuir a que se encuentra en una zona plana y rodeada en gran parte por un relicto de bosque natural, y aunque en el pastizal es menor la cobertura vegetal esta brinda cierta protección al suelo contra la erosión que es la que podría hacer que se incrementara la acidez.

Méndez *et al.* (2003) encontraron que una especie con hábito no rizófago como *Anómala sticticoptera* presentó cierta preferencia hacia suelos ácidos y que otras especies de *Anómala* mostraron preferencia por suelos con altos contenidos de materia orgánica y un pH fuertemente ácido. Señala también que el daño en maíz no es tan evidente en suelos fértiles aún con presencia de especies rizófagas en cantidades relativamente altas. Gómez *et al.* (1999) indican también que un alto contenido de materia orgánica en el suelo explica las ausencias de síntomas evidentes del daño a pesar de las altas densidades larvales de *Phyllophaga obsoleta*. Urias (1993), ha encontrado especies rizófagas de Melolonthidos en suelos con acidez intermedia. Carballo (1996) señala que la ovoposición y sobrevivencia larval de algunos Melolonthidos ha sido correlacionada positivamente con la acidez del suelo. Morón *et al.* (1998) sugieren que los suelos

con mayor acidez presentan compuestos volátiles que atraen a las hembras de esta plaga al momento de ovopositar.

#### 5.4.2.2. Materia Orgánica (M.O).

Los resultados que se observan en la tabla 3, revelan que la materia orgánica se encontró en un nivel muy alto en todos los suelos, lo cual se puede explicar porque en esta zona predominan suelos del orden Andisol. En Colombia, los contenidos de materia orgánica más altos se encuentran en los Andisoles de los pisos climáticos fríos (Jaramillo, Parra y Gonzales, 1994) y en este tipo de suelos, la materia orgánica forma complejos muy estables con materiales inorgánicos no cristalinos que dificultan enormemente su degradación, favoreciendo que se acumule (Jaramillo, 2002), lo anterior permite suponer que hay una interacción entre el material alófono y las moléculas orgánicas del suelo, característico de los Andisoles. Según IGAC (1988), prácticamente en toda la cordillera Central la fracción de arcilla está dominada por alófono y caolinita.

El mayor porcentaje de M.O fue encontrado en el bosque, siendo la proporción más alta en época de lluvia. Esto se puede atribuir a la variación de la temperatura, humedad relativa y precipitación entre épocas. De acuerdo con Jaramillo (2002) al reducirse la temperatura, ocasiona una disminución en la tasa de descomposición de la M.O, puesto que la actividad microbiana de descomposición es menor, produciéndose su acumulación. La fauna del suelo cumple un papel fundamental en la descomposición (que incluye entre otros procesos la transformación y translocación de la materia orgánica), así como en la trituración y adecuación de ella, para que los microorganismos pueden llevar a cabo en forma fácil y rápida su mineralización y/o su humificación. Al hablar de la precipitación las condiciones de humedad permanentemente, favorecen la descomposición de la materia orgánica.

Los altos porcentajes de M.O en bosque, se pueden explicar también por la acumulación natural de materiales orgánicos en la superficie del suelo que forma las capas de hojarasca (horizontes O).

Las especies saprófagas estrictas se encuentran sobre todo en suelos muy humificados o en suelos abonados con materia orgánica, sobre todo estiércol, como ocurre con la mayor parte de especies de *Cyclocephala* Latreille, *Lygirus* Burmeister, *Cotinis* Burmeister y *Euphoria* Burmeister. Géneros como *Anómala* Samouelle, *Euetheola* Baetes y *Dyscinethus* Harold, presentan larvas con hábitos rizófagos facultativos que al parecer solo se alimentan de raíces en suelos con escasa materia orgánica y probablemente cuando están sometidos a una presión de competencia inter o intraespecífica (Morón 1983).

En el bosque, el género *Golofa* fue exclusivo de este lugar, este se ha encontrado en sitios muy conservados con abundante material en descomposición, y es benéfico, pues sus hábitos son sapro-xilofagos.

El menor porcentaje de M.O se presentó en pastizal, debido al tipo de manejo agrícola que hace que haya un aporte escaso de restos orgánicos, unos altos procesos de mineralización y que en tiempo seco se acentúan por la mayor actividad microbiana de descomposición de la materia orgánica. Por lo anterior, la M.O puede estar incidiendo en la menor riqueza y abundancia de chisas al igual que de artrópodos.

Urías (2000), señala que los suelos abonados orgánicamente a través del compost, pueden ayudar a disminuir el daño a las raíces del maíz que causan las chisas permitiendo mejor desarrollo de la planta y un alimento alternativo para las especies que no son rizófagas estrictas. En el lugar donde se realizó el estudio en los últimos años se tienen condicionados los apoyos gubernamentales a la no quema de los rastrojos del ciclo agrícola previo y al uso de abonos orgánicos, por lo que los productores se han visto obligados a incorporarlos al suelo.

Se puede afirmar que en condiciones naturales, hay un equilibrio entre la acumulación y la mineralización de la M.O aportada al suelo, permaneciendo su contenido más o menos constante a través del tiempo, dentro de un rango específico de valores; el cambio de cobertura de bosque a cultivo o a pradera produce pérdida de materia orgánica en el suelo y afecta los procesos y la composición biótica del mismo.

#### 5.4.2.3. Nitrógeno (N)

Los resultados muestran altos porcentajes de N para todas las coberturas (Tabla 3), según Fassbender & Grimm (1981), las altas reservas de Nitrógeno en el suelo, implica estabilidad del ecosistema frente a alteraciones de origen natural o antrópico. El porcentaje de nitrógeno total presente en los suelos proviene del alto nivel de materia orgánica pero no se puede asegurar una alta disponibilidad para la adsorción por las plantas ya que este valor incluye la forma orgánica como la inorgánica siendo la primera fracción la más abundante en los suelos pero no es asimilable para las plantas. Debido a que los suelos presentan un rango de pH entre 3.32 y 6.05, se puede inferir que la cantidad de Nitrógeno disponible para las plantas en los suelos analizados es baja, ya que el proceso de nitrificación se ve disminuido pues este tiene lugar con una gran intensidad a intervalos de pH comprendidos entre 6.5 y 8, lo que impide el buen desarrollo de las plantas. Guevara & Shaner (1997) afirman que la actividad bacteriana para la formación de nitratos requiere de condiciones adecuadas de humedad, aireación y la estructura del suelo.

Los mayores porcentajes de Nitrógeno se encontraron en los dos horizontes del relicto de bosque natural y en las dos épocas. Se espera que haya mayor disponibilidad de Nitrógeno asimilable ya que la baja densidad aparente encontrada permite condiciones que favorecen los procesos de nitrificación que garantizan la disponibilidad de este nutriente en el sistema.

El cultivo de maíz presentó un alto porcentaje de Nitrógeno con una reducción en época seca. El origen de este nutriente se debe al material orgánico incorporado en la superficie del suelo, este es inmediatamente atacado por insectos y descompuesto por microorganismos. Los nutrientes liberados en el proceso de descomposición no necesariamente llegan a las plantas, la mayoría se pierde. Pero la materia orgánica incorporada tiene una superficie reactiva que absorbe nutrientes, en ocasiones hasta tres veces más que la arcilla (Hart, 1985). Podemos observar entonces que los organismos que no fijan nitrógeno también tienen un papel importante en el funcionamiento del sistema suelo, y en el caso del maíz esta técnica artesanal de cultivar hizo que este sistema favoreciera de una forma notoria la abundancia y riqueza de Artrópodos (Tabla 3), que también contribuyeron a la descomposición de nutrientes. Según los resultados encontramos para este cultivo que al aumentar la disponibilidad de alimentación, la población de insectos aumenta y viceversa.

Es de destacar que la acción de los microorganismos se pudo ver favorecida por rangos más óptimos de pH en este sistema.

Brussard (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 está relacionada con la biomasa y actividad de los organismos.

Los menores porcentajes de N se encontraron en pastizal, era lo esperado por el tipo de manejo que tiene este sistema en el cual no se realiza fertilización ni enclavamiento que permitirían una mayor disponibilidad de nutrientes para el buen desarrollo de las plantas. Este nutriente pudo ser suministrado por el estiércol de ganado pero en mínimas cantidades. La densidad aparente encontrada que fue una de las más altas sugiere que hay compactación que puede estar incidiendo en la disponibilidad del nitrógeno.

El menor porcentaje de N en pastizal puede estar incidiendo en la menor riqueza y abundancia de artrópodos y chisas. La abundancia de chisas en pastizal presentó diferencias significativas ( $P=0.021$ ) en relación con las otras coberturas.

La presencia de nitrógeno en granadilla se puede atribuir a la aplicación de abonos (10-30-10). Se observa una reducción de los porcentajes de nitrógeno entre épocas y por los cambios en densidad aparente sugieren procesos de compactación que podrían estar incidiendo en la disponibilidad del nitrógeno. Sin

embargo, se encuentra en niveles altos y no afectó la riqueza y abundancia de artrópodos, pero si hay una reducción del número de especies de chisas.

#### 5.4.2.4 Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

La relación C/N para los suelos en bosque en los dos horizontes se encuentra en un nivel normal, indicando un proceso de mineralización de la materia orgánica no muy rápido por tratarse de suelos de clima frío lo que disminuye la actividad microbiana. Lo que también contribuye a pensar que este sistema se encuentra en un estado de “equilibrio”.

El cultivo de maíz y el pastizal presentan las más altas tasas de mineralización en las dos épocas, se podría explicar por la intervención antrópica que ha reducido la cobertura vegetal lo que hace que estos suelos sean más vulnerables a factores medioambientales, por ejemplo, una mayor incidencia de los rayos de sol puede incrementar la temperatura de los suelos y con ello acelerar la acción microbiana en la descomposición de la materia orgánica.

El cultivo de granadilla presentó una alta mineralización en época de lluvia y, en época seca se observa que alcanza una mineralización normal similar a la que se observa en bosque. Esta circunstancia pudo favorecer el incremento de la población de artrópodos.

#### 5.4.2.5. Fósforo (P)

Se encontraron valores muy bajos, medios y altos. Cuando la acidez del suelo es muy alta los fertilizantes no son utilizados eficientemente, en cuyo caso es necesario aplicar alguna enmienda como cal, para reducir la acidez, bajar el aluminio intercambiable y transformar el fósforo en disponible (Guevara & Shaner, 1997). Un factor que puede estar limitando la presencia de este nutriente en el cultivo es el encontrarse en una zona de alta pendiente que conlleva un arrastre de ellos por las lluvias.

Como se observa en la tabla 3 se encontraron mayores concentraciones de fósforo en el cultivo de maíz en las dos épocas. Este elemento como en el caso del nitrógeno proviene de los altos contenidos de material vegetal proveniente de la tala del bosque. La acidez de este sitio garantiza que gran cantidad de este elemento esté disponible para las plantas.

En el cultivo de granadilla se observó una alta concentración de fósforo en época de lluvia y una notable reducción en la época seca, de la misma forma que el nitrógeno y el potasio este nutriente es agregado al inicio del cultivo en forma de abono. La disponibilidad del P está determinada por el pH y los resultados

mostraron rangos de (4.73-4.58) que es una extrema acidez lo cual puede estar impidiendo su fijación. Otro factor que puede estar afectando la presencia de este elemento en el cultivo es el encontrarse en una zona de alta pendiente que conlleva un arrastre de ellos por las lluvias. La reducción de este nutriente entre épocas, no afectó la riqueza y abundancia de artrópodos.

Según la abundancia de chisas el P puede estar incidiendo en la presencia de chisas rizófagas que requieren de este nutriente y al no estar disponible en el medio lo toman de las raíces de las plantas, afectando la productividad del cultivo.

De acuerdo a los resultados las concentraciones más bajas de fósforo se encontraron en pastizal y presentó además reducción en la época seca, lo cual se atribuye a que en este cultivo no se realiza fertilización y la acidez puede incidir en que además de la baja concentración en que se encuentra este no sea asimilable.

El bosque presentó muy bajos niveles de P en uno de los horizontes analizados, Ha (Horizonte A), pero presenta niveles óptimos en el horizonte del capote (28.19) lo que permite pensar que hay disponibilidad de este elemento en este sistema. No obstante los rangos de pH encontrados en estos horizontes están entre (3.32-3.86) pueden incidir en que parte de la concentración de P que se encuentra no sea asimilable ya que la acidez del suelo hace que este elemento no sea disponible para las plantas ya que sufre procesos de adsorción y fijación, entre otros. El contenido que brindan los dos horizontes asegura la entrada de este importante nutriente a este sistema.

#### 5.4.2.6. Potasio (K)

Los niveles de este nutriente encontrados para todos los cultivos fueron altos (Tabla 3) produciendo un consumo de lujo de este elemento por parte de los microorganismos. Al parecer este elemento no limitó la riqueza y abundancia de artrópodos y chisas.

La cantidad de N, P, K que entra a un sistema de cultivo dependerá de la biomasa total producida por este, el sistema puede perder biomasa a causa de los insectos, caída de hojas y otros (Hart, 1985). Por último el elemento que podría ser limitante en las coberturas estudiadas sería el fósforo.

#### 5.4.3 Análisis físico-químicos de suelos por coberturas.

Los valores de M.O., N, C, C/N, K y P, tienen una tendencia a la reducción en tiempo seco, indicando una mayor actividad microbiana relacionada con la descomposición de la materia orgánica.

Se encontró que en el relicto de bosque natural un pH extremadamente ácido, un mayor porcentaje de humedad de campo, una mayor disponibilidad de M.O.; N, P y K, y una menor densidad aparente, brindan condiciones favorables para que haya mayor riqueza de chisas en las dos épocas, incrementándose la abundancia levemente en época seca, esto se explica por la mayor disponibilidad de alimento derivados de la alta mineralización. En contraste se presentó un pH extremadamente ácido que puede estar incidiendo en la composición de artrópodos en épocas de lluvia.

Al analizar el pastizal se encontraron los menores porcentajes de M.O., N y K disponible, así como la menor relación C/N (Resultados que indican una alta mineralización), generando una inestabilidad en el sistema que pueden estar incidiendo en la menor riqueza y abundancia de chisas y artrópodos reportada. Sugiriendo que el manejo agrícola no permite que haya un equilibrio ecológico en el sistema que se observa por las altas fluctuaciones en los contenidos de los nutrientes y la composición de artrópodos.

Al analizar los porcentajes de M.O., humedad y N, P y K disponibles se observaron valores mayores en época de lluvia comparada con época seca. Así mismo, se encontró una mayor riqueza y abundancia de chisas en época de lluvia.

En la cobertura de maíz el pH menos ácido, un bajo porcentaje de materia orgánica y una mayor proporción de P, K y N, inciden en la alta abundancia de chisas y artrópodos.

En esta cobertura en la época de lluvia la relación C/N fue la más baja (6.80), el rango óptimo general para todos los cultivos está entre (10-12) (Malagon 1995). Una relación C/N baja (lo cual indica una alta mineralización del Nitrógeno), favorecen los procesos de mineralización y reducen drásticamente la acumulación de materia orgánica (Jaramillo 2002). Lo anterior concuerda con lo encontrado pues los resultados muestran en el cultivo de maíz el más bajo porcentaje de M.O y de los mayores porcentajes de N (1.67%). La reducción de la M.O en el suelo, se podría explicar por la alta diversidad y abundancia de artrópodos que unidos a los microorganismos descomponen los materiales orgánicos y utilizan parte de este para la síntesis de sus proteínas celulares y como fuente energética. En estos procesos también se ve incrementada la mineralización del N por la acción de los microorganismos. Orozco (1999) define la mineralización del N como “la transformación del N contenido en compuestos orgánicos, hasta su liberación al suelo como  $\text{NH}_3$ ”.

Al analizar los porcentajes de humedad de campo, N, y disponibilidad de P y K, se observan mayores valores que podrían incidir en la menor riqueza de chisas en época de lluvia, en contraste los porcentajes de M.O. y la abundancia de chisas y

artrópodos fueron mayores en época seca. Se puede inferir que el aumento de la temperatura incidió en el aumento de las chisas y de artrópodos.

En maíz, en época seca aunque aumento la relación C/N sigue siendo un valor bajo, sugiriendo que existe una alta mineralización. Así mismo, incide el incremento de la temperatura en la disminución del porcentaje de humedad de campo, condiciones que pudieron favorecer el establecimiento de la mayor cantidad de chisas y artrópodos encontrados en este estudio.

Monocultivos como el maíz agotan muy pronto las reservas nutritivas del suelo, especialmente cuando no se utilizan fertilizantes, como es el caso de los pequeños agricultores en los países en desarrollo. En un monocultivo de maíz ocurren serios daños de erosión y sedimentación en terrenos inclinados o una destrucción de la estructura y un pobre drenaje en terrenos planos (Guevara & Shaner 1997).

La cobertura de granadilla en la época de lluvia presentó mayores porcentajes de humedad, N, y disponibilidad de P que podrían favorecer la riqueza de chisas e incidir en una baja abundancia de estas. Al analizar el porcentaje de materia orgánica, la relación C/N y la disponibilidad de K, se observaron mayores valores en la época seca lo que pudo influir en la reducción de la riqueza de chisas y en el incremento de su abundancia. Se podría inferir que las altas fluctuaciones de las poblaciones, permitirán pensar que en estos suelos la incidencia de factores antrópicos altera el equilibrio de este sistema.

Teniendo en cuenta el papel que desempeñan los microorganismos en la disponibilidad de nutrientes, factores de manejo de suelos y de cultivos como la implantación de monocultivos, la aplicación incontrolada de fertilizantes y de otros agroquímicos, desbalancean las poblaciones de microorganismos y reducen la capacidad infectiva de los mismos (Rodríguez *et al.* 1985).

## 6. CONCLUSIONES

- De los géneros encontrados *Macroductylus* fue el más representativo, siendo considerado de importancia agrícola por su hábito rizófago y fue exclusivo del cultivo de maíz; esta cobertura por su manejo agrícola tradicional afecta la estabilidad del sistema y sus redes tróficas, propiciando el desarrollo de larvas rizófagas.
- El género *Astaena* fue uno de los más abundantes y fue característico del cultivo de maíz, y podría ser considerado como plaga en el agroecosistema.
- La menor riqueza y abundancia de chisas se encontró en pastizal y en el bosque natural, compartiendo el género *Anómala*, y se reporta a *Golofa*, de hábitos saproxilófagos como genero exclusivo del bosque.
- La mayor diversidad de Melolonthidos se obtuvo en bosque y se asocia a ecosistemas menos intervenidos.
- Los resultados obtenidos apoyan la hipótesis de que en un mismo terreno la abundancia de una especie de chisa está concentrada en algunos puntos, lo cual depende de las preferencias ambientales de la especie y se puede afirmar que los distintos métodos de manejo agrícola tienen un efecto directo sobre la población. El método de siembra tradicional de cultivo de maíz en la región favoreció notablemente el mantenimiento y dispersión de chisas rizófagas.
- Este estudio permitió observar que la distribución de géneros varía en su composición y estructura de una localidad a otra, de un cultivo a otro y de un periodo de tiempo a otro, lo que permitirá realizar estimaciones para aplicar métodos de control eficaces.
- De acuerdo a los resultados de este trabajo, se acepta la hipótesis nula confirmando que existe un efecto de las diferentes coberturas sobre las poblaciones de chisas.
- La diversidad de artrópodos encontrados en el corregimiento de Santa Leticia sugiere que estos juegan un importante papel en la dinámica de los ecosistemas contribuyendo en los mecanismos de control y regulación de los sistemas biológicos.

- Los valores promedios de densidad aparente (entre 0.58 y 0.70) para los sistemas fueron bajos, destacándose que en el cultivo de granadilla y en el pastizal se presentan procesos de compactación de suelos.
- De acuerdo a los análisis de suelos el pH mostró suelos muy ácidos debido a que son suelos de origen volcánico, presentando el bosque una extremada acidez, lo cual puede estar limitando la riqueza y abundancia de chisas y artrópodos. Se destacan también los niveles elevados en el cultivo de granadilla teniendo en cuenta que se realizan prácticas de encalado.
- En la cobertura de maíz el pH de menor acidez, los bajos porcentajes de materia orgánica y una mayor proporción de P, K, y N, inciden en la alta abundancia de chisas y en la riqueza y abundancia de artrópodos que contribuyen en los procesos de la transformación de los materiales orgánicos.
- En el agroecosistema pastizal se encontraron los menores porcentajes de M.O, N, K disponible, así como la menor relación C/N y humedad de campo que pueden estar incidiendo en la menor riqueza y abundancia de chisas y artrópodos reportada. Lo anterior por ser un sistema más intervenido a diferencia de las otras coberturas muestreadas.

## 7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este trabajo se recomienda:

- Realizar estudios de seguimiento de chisas en Agroecosistemas de maíz, evaluando el efecto de éstas en la plantación, con el fin de evitar problemas fitosanitarios a mediano y largo plazo, así como de establecer mecanismos de control de plagas.
- Evaluar el comportamiento del complejo chisa en otros tipos de plantaciones de maíz, que permita establecer si los ciclos de producción influyen en la riqueza y abundancia del complejo.
- Realizar investigaciones sobre la ecología de los géneros debido al poco conocimiento que tiene en cuanto a preferencia de cultivos.
- Debido al poco conocimiento o a las dudas que se tiene en cuanto a los verdaderos hábitos de los géneros *Ancognatha*, *Anómala*, *Callistethus* e *Isonychus* es necesario evaluar el verdadero rol de las especies observadas, su abundancia, estacionalidad, discriminando aquellas consideradas rizófagas estrictas, sobre las cuales se podrían hacer ensayos de control y diseño de estrategias de manejo ecológicamente enfocado.
- Fomentar estudios que permitan definir claramente la importancia económica de los géneros o especies encontrados y que se presume que causan daños directos e indirectos en estos cultivos al asociarlos con síntomas de amarillamiento del follaje, debilidad de las plantas, predisposición al volcamiento, defoliación prematura, retraso en el crecimiento o por el simple hecho de encontrar larvas en la rizósfera de las plantas cultivadas.
- Analizar la tendencia y periodicidad de los ciclos de vida de la edafofauna encontrada, así como de las variables fisicoquímicas de los suelos.
- Divulgar los resultados de este estudio a la comunidad y a las autoridades competentes para que sean tenidos en cuenta en el diseño de programas y proyectos que mejoren la productividad y la calidad de vida de los habitantes de la zona, propendiendo en el mejoramiento del recurso suelo.

- Generar e implementar en la región propuestas que sean efectivas para la utilización, la conservación y la restauración de los ecosistemas, teniendo en cuenta unas buenas prácticas agroecológicas que incluyan entre otros el conocimiento de la biodiversidad, las características de los suelos, el clima, para con ello lograr la preservación de los recursos naturales con visión al futuro.
- Es necesario en la región un manejo de los recursos, de los procesos y de los agroecosistemas de una forma integral, de tal manera que se traduzca en un beneficio en la calidad ambiental y en el bienestar de las comunidades.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, J.M e Ingram, J.S.I., 1993. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2a ed. Wallingford: CAB International. 221p.
- As, S. 1999. Invasion of matrix species in small habitat patches. *Conservation Ecology* 3 (1): 1-13.
- Berti Filho, E. E, 1995. Cupins em florestas. En Berti Filho, E; Fontes, L.R (Ed). Algunos aspectos atuais da biología e controle cupins. Piracicaba: FEALQ. p. 127-140.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A Johnson, N.F. 1992. An introduction to the estudy of insects, 6 ed., Philadelphia: Sauders College Publishing, 875 p.
- Boving, A. G. 1942. A classification of larvae and adults of the genus *Phyllopage* (Coleóptera: Scarabaeidae) In: *Memoirs of the Entomological Society of Washington*. No. 2. 96p.
- Bran, A.M., Londoño, M.E., Pardo L, L.C. 2006. Morfología de estados inmaduros de tres especies de *Ciclocephala* (Coleóptera: Melolonthidae) con una clave para larvas de tercer estadio en Colombia. *Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7 (2): 58-66.
- Bravo, R I & Giraldo, R.E., (2003). Manual de prácticas de química agrícola: Análisis de suelos. Popayán: Universidad del Cauca. 2 ed. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Departamento de Química.
- Brown, G.G., Alberton, O Brandao Jr., Saridakis G.P. and Torres, E. 2001a. Número e Volume dos buracos de coros (*Scarabaeidae*) em plantio directo e convencional na Embrapa Soybean. In *Anais da VIII Reuniao Sul-Brasileira sobre pragas del solo*, Londrina, Brazil: L.J. Oliveira and C.b Hoffman- Campo (Eds.). Embrapa soja documentos 172. p. 212-217.
- Brown, G., Pasini, A., Benito, N., Aquino, A., Fernandez, M. 2001b. Diversity and functional role of soil Macrofauna communities in Brazilian no-tillage Agroecosystems: A preliminar análisis. In: Paper based on an oral presentation at the "Internatonal Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems". (Montreal, Canada, Eds.) Embrapa soja documentos. 20p.
- Brussard, L. 1994. Interrelationships between biological activies, soil proprieties and soil management. Soil resilience and sustainable land use. Greta Britain: Edited by D. Greenland and I. Szabolcs CAB international. p. 309-329.

Buckman, H.O.; Brady, N.C., 1976. Natureza e propiedades dos solo. Tradução de António B. Figueiredo Filho. 4 ed. Rio de Janeiro: F. Bastos. Cap. 5., Tradução de: The nature and properties of soils. p. 130-155.

Camero, R.E., Diaz, J.E., Salinas, A., Tellez, L., Agudelo, D. 2005. Estudio de la Artropofauna asociada a suelos de dos tipos de ecosistemas en la cuenca del río Cauca-Colombia. En: Acta biológica colombiana. Vol. 10. Nº1. p. 35-44.

Carballo V., M., 1996. Las prácticas de cultivo y su efecto sobre *Phyllophaga* en maíz. En: Shanon, P.J y M. Carballo (Eds) Biología y control de *Phyllophaga* spp. Serie técnica informe técnico No. 277, Costa Rica. p. 119-129.

Ceballos, V. 2007. Análisis y distribución de la macrofauna edáfica de dos relictos de bosque de roble (*Quercus humboldti*, Bonpland) con diferente grado de intervención antrópica. Popayán. Trabajo de grado (Biología), Universidad del Cauca.

Cochran, V.L.; S.D. Sparrow and E. B. Sparrow. 1994. Residue effects on soil micro and macroorganisms. In Managing Agricultural Residues. Unger P. W. editor. Lewis Publishers. USA. p. 163-184.

Corporation Autonoma Regional-CRC. 2002. Agenda ambiental del municipio de Purace. 34p.

Cuatrecasas, J. 1989. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Perez-Arbelaezia. 22(8): 155-283.

Decaens, T.; Lavelle, P.; Jimenez, J.J.; Escobar, Rippstein, G.; Schneimad, L. Sanz, J I. ; Hoyos, P. y R.J. Thomas. 2003. Impactos de agroecosistemas en las comunidades de macroinvertebrados del suelo. En: El Arado Natural. Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia. CIAT. p. 21-45.

De La Fuente, J, A. Zoología de artrópodos. 1994. España: McGraw-Hill-Interamericana. p. 619.

De La Fuente, S., L. 2006. Estudiante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Disponible:[http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4401/Arti/lopez\\_i2.htm](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4401/Arti/lopez_i2.htm) (Fecha: 4 Junio 2011).

Deloya, L.C. 1988. Las especies de Melolonthidae (Coleóptera Melolonthidae) en la región de Jojutla, Morelos, México. En: Moron R., M.A. y C. Deloya L. (Eds) III Mesa redonda sobre plagas del suelo. Sociedad Mexicana de entomología A. Xalapa: CICI de Mexico, Instituto de Ecología. p. 27-55.

Dunger, W. 1964. Tiere in Boden. Wittenberg Lutherstadt, Germany. Ziemsen Verlag.

Eggleton, P. 2000. Global patterns of termites diversity. En: Abe, T.; Bignell, E.D.; Higashi M. (eds.). Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 25-51.

EOT, 2000a. Esquema de ordenamiento territorial del municipio de La Plata Huila.

EOT, 2000b. Esquema de ordenamiento territorial. Municipio de Puracé: Componente General. Popayán, Cauca.

Fassbender, H.W. & U. Grimm. 1981. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II Producción y descomposición de los residuos vegetales: Turrialba 31 (1):39-47.

Gassen, D.N. Os escarabaeideos na fertilidade de solo sob plantio direto. In: Fertbio 2000. Biodinamica do solo. Brazil: Universidade Federal de Santa Maria-Rs., CD-Rom.

García, M, R & Chamorro, B,C. 1994. 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 del bosque Altoandino cordillera Oriental de Colombia. Tomo II. Helmut Sturm. (eds). Santa fé de Bogotá, D.C: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras N. 6. 715. p. 619-630.

Gómez, M & Ruge, R. 2009. Efecto de diferentes coberturas sobre las poblaciones de chisas de la familia Melolonthidae (Insecta: Coleóptera en la vereda La Rejoja, Popayán. Trabajo de grado (Ingeniería Forestal). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 100p.

Gómez, B., F. J. Villalobos, L. Ruiz y A. Castro. 1999. El complejo "gallina ciega" (Coleóptera: Melolonthidae) asociado al cultivo de maíz en Balún Canal, Chiapas, México: Su relación con el tiempo de uso agrícola y la materia orgánica del suelo. Folia Entomol. Mex. 107:1-20.

Guevara P., E. & Shaner W., 1997. Manejo integrado de cuencas. Santiago de Chile: Oficina de la FAO para América Latina y el Caribe. 542p.

Guerrero, R. 1991. La acidez del suelo: Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá. SCCS. p.141-163.

Hart, R. 1995. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 159p.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia técnica No. 25. Bogotá: ICA. 64p.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1988. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá: IGAC. 135p.
- Jaramillo, D.F. 1995. Andisoles del oriente antioqueño: Caracterización química y fertilidad. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 35p.
- Jaramillo, D.F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Facultad de Ciencias. Escuela de Geociencias. 613p.
- Kevan, D.K McE. 1968. Soil animals. Northumberland Press, Gateshead on Tyne, Uk.
- King A., B. 1984. Biology and identification of white groups (Phyllophaga) of economic importance in Central América. Tropical Pest Management (Estados Unidos) 30(1): 36-50
- King, A.B & Sauders, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres: Administración de desarrollo extranjero (ODA).. 182 p.
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil Science. Soil Science. 165: 73-86.
- Lee, K.E., 1991. The diversity of soil organism. In the biodiversity of Microorganisms and invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture, Hawksworth DL (ed.), CAB International, Wallingford, U.K. p. 73-87.
- Lobo, J. M. & Morón, M. A. 1983. La modificación de las comunidades de Coleópteros Melolonthidae y Scarabaeidae en dos áreas protegidas mexicanas tras dos décadas de estudios faunísticos. G. it. Ent. Vol. 3. p. 391-406.
- Lobry de Bruyn, L. A. 1999. Farmers' Perspectives on Soil Health: Capturing and Adapting Intuitive Understanding of Soil Health to Monitor Land Condition presented and published in proceedings of "Country Matters" May Canberra. p. 20-21.
- Londoño Z, M. E. 2007. Las chisas 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. Cartagena de indias, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) Julio 2007. p. 156-164.
- Londoño Z, M. E; Bran E, A. M. Acevedo R, D. P. 2007. Estudio de los escarabajos edafícolas Melolonthidae (Coleóptera: Scarabaeoidea) de los municipios paperos de los altiplanos norte y oriente del departamento de Antioquia, Colombia. En: Memorias del diplomado en biología, ecología y taxonomía Scarabaeoidea. Santiago de Cali, Colombia. p. 48-68.

- López, A. A, 1992. "Plagas de las hortalizas y su manejo". Primer curso nacional de hortalizas de clima frío. En: Colombia. Ed: V. p. 117-152.
- Lopes A., M. L. Fauna do solo. *In*: Vargas, M. A. T.: Hungria, M. (Ed.) Biología dos solos dos Cerrados. Planaltina: Embrapa, CPAC, 1997. cap. 7. p. 363-444.
- Malagon, D., C, Pulido, R, C., Llinas, R, R., Chamorro, B, C., Fernández, L, J. 1995. Suelos de Colombia. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, P. 1-21; 551-606.
- Malagón, D.; C. Pulido y R. Llinas. 1991. Génesis y taxonomía de Los Andisoles colombianos: Investigaciones Vol. 3 N° 1. IGAC. Santafé de Bogotá. 118p.
- Marín, E. 2000. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo cuatro sistemas de labranza en el valle del Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 103p.
- Marshal, V. 1993. Relationship between soil fauna and soil pollutants. In proceedings of the forest ecosystem dynamics workshop. Frda II Report 210. Government of Canada. Province of British Columbia. p. 31-34.
- Megahan, W.F. 1988. Roads and forest site productivity. *In* Proceedings of the 10th British Columbia soil science workshop. J.D. Lousier and G.W. Still (editors). B. C. Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, B. C. Land Management Report No. 56. p. 54-63.
- Méndez, A. M., Castro, R. A.; Ramírez S. C y López A. M. 2003. Preferencia de hábitat de las especies de gallina ciega (Melolonthidae) en parcelas agrícolas de Oxcchus. Chiapas. En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. p. 149-165.
- Mila P, A. 2001. Suelos, pastos y forrajes. Universidad Nacional Abierta y a distancia (UNAD). Bogotá D.C: Editorial Unisur. p. 16-17.
- Montenegro, H y D. Malagón. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 813p.
- Morón, M. A., 1983. Introducción a la biosistemática y ecología de los coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. En: II mesa redonda sobre plagas del suelo. C1- C14.
- Morón, M. A., 1991. Los escarabajos fitófagos, un ejemplo de la riqueza biótica de Mesoamérica (Coleóptera; Scarabaeoidea). *Giornal. It. Ent.* Vol. 5. p. 209-218.
- , 1994. La diversidad genérica de los coleópteros Melolonthidae de México. *Acta Zoológica Mexicana*, (n. s), (México), Vol. 63. p. 7-19.

-----, 1995. Fenología de las especies Melolonthidae atraídas con trampas con fruta en Coatepec, Veracruz, México: Ponencia de la II Reunión Latinoamericana de Scarabaeidología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 46p.

-----, Hernández, S. y Ramirez C., A. 1998. Las especies de *Phyllopagea* (Coleóptera: Melolonthidae) con importancia agrícola en Nayarit, México. En: Morón, M.A. y Aragón (eds.) Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. México: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Sociedad Mexicana de Entomología. p. 79-98.

-----, 2006. Composición de comunidades de *Phyllopagea* en México (Coleóptera; Melolonthidae: Melolonthinae) En: Diversidad, importancia y manejo de escarabajos edafícolas. Castro, A; Morón, M & Arango. p. 12-35.

-----, 2007. Estado del conocimiento e importancia de los coleópteros Melolonthidos neotropicales. En: Memorias del XXXIV Congreso de Entomología. Cartagena de Indias, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) 25, 26 y 27 de Julio. p. 29-31.

Navarrete, Heredia, J.L. 2009. Curso de Taxonomía y Biología de staphylinidae. Universidad de Guadalajara, Centro de estudios en zoología. 31p.

Nestel, D; Dickschen, F. & Altieri, M. 1993. Diversity patterns of soil macro-Coleóptera in Mexican Shaded and Unshaded coffee agroecosistemas: an indication of habitat perturbation. In: Biodiversity and Conservation. Nº 2; p. 70-78.

Orozco, F. H. 1999. Biología del Nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 231p.

Paoletti, M.G. 1999. Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes: Potential use of invertebrates to assess sustainable land use. Amsterdam, Elsevier, Holland.

Parada J. 2001. Seminario: Nematodos Entomoparásitos una alternativa MIP. Universidad Nacional de Colombia. Línea de investigación en Nematodos Entomoparásitos.

Pardo-Locarno, L. C. 1995. 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. 27p.

Pardo L, L. C. & Victoria J. A.; D. Ángel. 1999a. Estudio de las chisas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) en tres municipios del departamento del Cauca, Colombia. En Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. Julio 27-29. 114p.

Pardo L, L.C. 1999b. Avances en el estudio de las chisas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) observadas en la rizósfera de yuca y otros cultivos en tres municipios del departamento del Cauca, Colombia. En resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. Julio 27-29. 114p.

------. 2000. Avances en el estudio de las chisas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) en Colombia, observaciones sobre los complejos regionales y nuevos patrones morfológicos de las larvas. Memorias XXVII congreso Sociedad Colombiana de entomología. Medellín, Colombia. p. 285-306.

------. 2002. Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Col.: Melolonthidae) de Caldone, Norte del Cauca. Colombia. Tesis de Maestría. Departamento de biología. Universidad del valle. Cali, Colombia. 139p.

-----.; Montoya, J Schoonhoven, A., Morón, M. 2003a. 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. México. p. 29-43.

-----.; Morón, M.A.; Gaigl, A.; Belloti, A.C. 2003b. Los complejos regionales de Melolonthidae (Coleóptera) rizófagos en Colombia. En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Aragón, G.A., M. A. Morón y A. Marín J. (Eds). México: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. p. 45-63.

-----.; Montoya, J. y Shoonhoven, A. 2003c. Comparación de la abundancia de chisas rizófagas (Coleóptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de Caldone, Cauca, Colombia. En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. México: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. p. 65-77.

-----.; Gaigl, A.; Varela, A. L. 2003. Adiciones al estudio de los complejos chisa de Colombia. Memorias XXX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Cali, Colombia: SOCOLEN. Julio 17-19. p. 48.

-----.; Vélez, C; Sevilla, F. y Madrid, O. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes Colombianos. En: Actividad Agronómica. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Vol. 55, N°1. 120p.

-----.; Morón, M. A; Montoya L., J. 2007a. Descripción de los estados inmaduros de *Astaena valida* (Coleóptera: Melolonthidae: Melolonthinae: Sericini). Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie), 23 (002): 129-141.

-----.; Morón, M. A; Montoya, J.; Yepes, F.; Pérez, C. R & Galeano, P. 2007b. Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. Aproximación a los complejos regionales fisiográficos. En: Memorias diplomado en biología, ecología y taxonomía de Scarabaeoidea. Cali-Colombia: Pardo-Locarno, L. C; Gallego, M.C & Montoya, J. (eds.). Taller editorial. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. p. 10-47.

-----.. 2005. Sinopsis preliminar de los Dynastini (Coleóptera-Scarabaeoidea) del Choco biogeográfico, Colombia. [http://boletín científico. Universidad de Caldas. Edu.co/downloads/revista%209\\_13.pdf](http://boletín.científico.Universidad.de.Caldas.Edu.co/downloads/revista%209_13.pdf). (Fecha: 4 de julio de 2009).

-----.. 2007. Observaciones preliminares de los escarabajos Melolonthidae neotropicales. 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. p. 29-31.

Pérez, D & Álvarez, Z. 2003. Influencia de factores ambientales sobre el desarrollo y la fluctuación poblacional de gallina ciega (*Phyllophaga* spp. Y *Cyclocephala* spp. (Coleóptera: Melolonthidae) y gusano alfilerillo *diabrotica virgifera zea* (Coleóptera: Chysomellidae) en el centro de Jalisco. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. México: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. p. 231-249.

Primack, R. 1995. A primer of conservation biology. USA. Sinauer-sunderland. 277p.

Pritchett, W. L. 1991. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. México: Editorial Limusa. 634p.

Ramirez, S. C.; Castro, A. 2003. Descripción morfológica de dos especies de "Gallina ciega" (Melolonthidae: Rutelinae) asociados a suelos agrícolas de los altos de Chiapas. En: Estudios sobre Coleópteros del suelo en América. México: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. p. 197-203.

Restrepo, H. 1998. Aproximación al conocimiento de los escarabajos fitófagos Coleóptera: Melolonthidae en Colombia. Trabajo de grado de biólogo. Santafé de Bogotá. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Restrepo, H & López, A. 1998. Revisión sobre especies (Coleóptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. En: Resúmenes XXV

Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Cali, Colombia, Julio 16-18. 144p.

Restrepo, H & López., A. 2000. Especies de Chisas (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. Bogotá: Corpoica-programa MIP. Produmedios. 62p.

-----.; Morón, M. A.; Vallejo, F.; Pardo L., L. C.; López, A. A. 2003. Catálogo de Coleoptera: Melolonthidae (Scarabaeidea: Pleurosticti) de Colombia. Folia Entomológica Mexicana, 42 (2): 239- 263.

Ritcher, P. O. 1966. White grubs and their allies. Corvallis, EEUU. Oregon State University Press. 219p.

Rodríguez, B. C.; Sevillano F. y Subramanian. P. 1985. La fijación de nitrógeno atmosférico: Una biotecnología en la producción agraria. Salamanca. Temas monográficos N° 16. Centro de Edafología y Biología. 71p.

Serna, L. M. 2004. Reconocimiento de especies del complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) asociados a los cultivos de Yuca y pasto en el municipio de Pereira y alrededores. Memorias XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. Bogotá, Colombia: Julio 28-30. 61p.

Sevilla, F. y Pardo-Locarno, L. 2002. 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. Pasto: Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Universidad de Nariño. p. 274

Silva, M. T. 1995. Aspectos biológicos, daños e controle de *Diloboderus abderus* Sturn, 1826 (Coleóptera: Melolonthidae) em plantio direto. Brazil. Msc. Thesis, Universidade Federal de Santa Maria.

Silva, M.T.; Antonioli, C.; Petrere, C.; Bianchi, A y Giracca, E. 1997. Influencia de larvas de *Diloboderus abderus* (Sturm) na densidade de organismos e caracteristicas químicas de solo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 21: 347-351.

Stork, n. & Eggleton. P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. In: American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 7, No. 1-2: 38-47.

Swift, M. J., O.W. Heal and J.M. Anderson. 1979. Descomposition in terrestrial ecosystems. Berkeley, USA. University of California Press,

United States department of Agriculture (USDA). 1998. Soil quality resource concerns: Soil Biodiversity. Soil quality information sheet. USDA. Lincon. 2p.

Urias, L. M. 1993. Distribución de plagas rizófagas del maíz del temporal en el estado de Nayarit. En: Morón, M. A. (Ed.). Diversidad y manejo de plagas subterráneas. Publicación especial de la Benemérita Universidad de Puebla. México: Sociedad Mexicana Entomológica, Instituto de ecología. p. 163-174.

Urias, L. M. 2000. Efecto de métodos de preparación del suelo sobre las plagas rizófagas del maíz del temporal de Nayarit. En: XXXV Congreso Nacional de Entomología. México: Standford C., S., Morales M., A. Padilla J. R. y Ibarra, M. P. G. (Eds) p. 430-434.

Vallejo, L. F. 1997. Contribución al conocimiento de las plagas subterráneas (chisas) (Coleoptera, Scarabaeidae: Melolonthidae) del oriente de Antioquia-Colombia. Tesis Posgrado de entomología. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Vásquez, N., C. & G. Sánchez. 1997. Plagas en cultivo de arracacha en la región de Cajamarca. Tolima. Boletín regional No. 8. ICA. 41p.

Victoria, J & Pardo, L. C. 2000. Adiciones y notas ecológicas al estudio de las chisas rizófagas de Caldon, Cauca. En: Memorias del XXVII Congreso de Entomología. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN) Medellín, Colombia. Julio 26, 27 y 28 de 2000. p. 56

Villegas, U. N. 2004. Reconocimiento de especies del complejo chisa (Coleóptera: Melolonthidae) asociados a cultivos de cebolla y pasto en la localidad de Florida, Risaralda. Manizales: Trabajo de grado. Universidad de Caldas. 109p.

Wallwork, J.A. 1970. Ecology of soil animals. London, UK: McGraw-Hill. 283p.

Zuluaga C, C. 2003. Identificación de chisas (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas a pasto "Kikuyo" (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) y papa (*solanon tuberosun* Linneo) y sus posibles enemigos naturales en Cundinamarca. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. p. 73.

## **ANEXOS**