

## IMPACTO DE LAS PRACTICAS AGRICOLAS SOBRE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN LA CUENCA ALTA DEL LAGO GUAMUES, PASTO, COLOMBIA

Dilia M. Coral E.<sup>1</sup> - Carmen R. Bonilla C.<sup>2</sup>

### COMPENDIO

*Se evaluó la biomasa, abundancia, distribución vertical y diversidad de la macrofauna asociada con tres sitios (selva secundaria, pradera de kikuyo y cultivo de cebolla), con la metodología recomendada por la Tropical Soil Biology and Fertility. Igualmente se realizaron muestreos con el fin de evaluar las características físicas y químicas de los sitios. La mayor abundancia de organismos se encontró en las capas de mantillo y 0 - 10 cm de la selva secundaria y estuvo representada principalmente por miriápodos, los cuales también tuvieron gran aporte en la biomasa. La diversidad fue mayor que en los otros sitios, debido posiblemente a las óptimas condiciones de hábitat y alimento, representadas por la materia orgánica en diferentes grados de descomposición. Para la pradera de kikuyo y el cultivo de cebolla, la abundancia y biomasa estuvo representada principalmente por lombrices ubicadas en los primeros 10 cm del perfil. En general, el uso de la tierra afectó la presencia o ausencia de organismos que son fundamentales en los procesos de evolución del suelo.*

**Palabras claves:** Lombrices, uso del suelo, macrofauna del suelo, biomasa, diversidad, abundancia de organismos

### ABSTRACT

#### IMPACT OF LAND MANAGEMENT ON SOIL MACROFAUNA IN THE UPPER REACHES OF THE GUAMES LAKE, PASTO, COLOMBIA

*The following investigation was carried out in order to evaluate the biomass, abundance, vertical distribution and diversity of the species it compared the results in three sites : a secondary forest, a field kukuyo and an onion crop field all at the Refugio Cristalino Natural Reserve, Pasto, Nariño. The investigation followed the recommendations of the Tropical Soil Biology and Fertility Program. At the same way samples were taken to evaluate the physical and chemical characteristics of the sites. The results showed that the greatest abundance of organisms were found in the litter and 0-10 cm layer of soil in the secondary forest ; of this abundance the Myriapodans formed the greatest part in number and in biomass. There was greater species diversity here than in the others sites, possibly due to the prime feeding and habitat conditions, notable in the organic matter in different stages of decomposition. In the kikuyo and onion fields the abundance and biomass was principally represented by earthworms found in the first 10 cm profile. In general the use of the land affects the presence or absence of organisms that are fundamental in the process of soil evolution.*

**Key Words :** earthworms, use of the soil, soil organisms, and organisms biomass, diversity and abundance

### INTRODUCCION

La comunidad biológica del suelo está generalmente conformada por protistas y organismos de los Phylum Artrópoda, Annelida y Mollusca. La mayor parte de estas comunidades ocupa hábitats como bosques, selvas y praderas, en los cuales el clima y la vegetación suministran la humedad y el alimento necesarios para garantizar su existencia. La fauna está dominada por artrópodos; muchos de ellos como los colémbolos y los ácaros cumplen funciones importantes en cuando

al desarrollo del suelo y al mantenimiento de su fertilidad (Newman, 1988).

El suelo funciona como reciclador de la materia orgánica y como soporte físico y trófico de las plantas en los ecosistemas terrestres. En los ecosistemas naturales los procesos pedológicos son controlados por sistemas biológicos que magnifican tanto la economía de los nutrientes como la conservación de la estructura del suelo (IGAC, 1995). Casi todos los grupos de animales que viven en el suelo actúan sobre él,

<sup>1</sup> Estudiante de Posgrado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. <sup>2</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, A.A 237.

modificando su composición, estructura y funcionamiento. Los animales ayudan a diseminar, buscar y transportar reservas orgánicas para la activación de los microorganismos y estos a su vez, transforman complejos orgánicos en moléculas asimilables y de gran valor para la fauna edáfica (Lavelle y Kohlmann, 1984). Los animales pueden registrar los cambios ambientales; tanto en forma cualitativa como cuantitativa las lombrices, cochinillas, miriápodos, ácaros y otros grupos responden de diferentes maneras a la presencia de residuos de agroquímicos y a otros factores de estrés; los estudios realizados incluyen el efecto de las prácticas agrícolas (fertilización, residuos de plaguicidas, labranza, abonos) y de áreas contaminadas por el desarrollo industrial y el efecto que producen en organismos bioindicadores (Paoletti et al, 1991).

Los adelantos tecnológicos pueden mejorar la productividad de los cultivos, pero estos no tienen en cuenta aspectos tan importantes como la salud del suelo; el suelo no solamente es el sustrato que sirve de anclaje a las raíces de las plantas, es la base fundamental para la actividad biológica que permite el desarrollo de las plantas y por lo tanto afecta la productividad de las mismas. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se planteó la presente investigación con el objetivo general de evaluar el impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en diferentes agroecosistemas de la zona occidental de la Cuenca Alta del Lago Guamués. Los objetivos específicos fueron: Estimar la abundancia, biomasa, distribución vertical y diversidad del suelo asociados con diferentes agroecosistemas; Relacionar la abundancia, biomasa, distribución vertical y diversidad de los invertebrados con las prácticas de manejo de los agroecosistemas y correlacionar algunos parámetros del suelo con las poblaciones muestreadas.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El estudio se efectuó en la Reserva Natural Campesina Refugio Cristalino (2700-3000 msnm), situada a 40 km de la ciudad de Pasto, Nariño. La temperatura ambiente promedio anual de la región es de 11.5°C, la cantidad de lluvias es de 1341.1 mm/año y la humedad relativa entre 86 y 90% (IGAC, 1986 y CORPONARIÑO, 1994).

El estudio se realizó durante los meses de menor precipitación en la zona, de septiembre de 1997 a marzo de 1998, en tres sitios diferenciados según el sistema de uso de la tierra:

1. Selva secundaria: regeneración con especies nativas hasta de 12 m, caracterizada por el dominio de granicillo, *Hedyosmun spp*, encino, *Weinmannia spp*,

motilón silvestre, *Freziera sp* y amarillo, *Miconia spp* (ADC, 1994).

2. Pradera de kikuyo, *Pennisetum clandestinum*, en general no se aplican insumos.
3. Cultivo tradicional de cebolla (*Allium fistulosum*), se realizan prácticas manuales como control de malezas (corazón herido), aplicación de abonos orgánicos (estiércol de cama de cuy (*Cavia porcellus*), control de enfermedades.

Para el muestreo de la fauna del suelo, se siguió la metodología del programa T.S.B.F (Anderson e Ingram, 1993); se hicieron 15 muestreos por sitio, cada 15 días durante siete meses y medio; en un volumen de suelo de 25 x 25 x 30 cm con un mínimo de intervalo de 10 m, entre puntos de muestreo; el monolito se separó y se dividió en cuatro estratos (mantillo, 0-10, 10-20 y 20-30 cm) y manualmente se seleccionó la macrofauna. Las lombrices de tierra se conservaron en formaldehído al 5% y los restantes en alcohol al 70%, para pesarlos e identificarlos en el laboratorio.

En cada muestreo se cuantificó la abundancia (No. ind.m<sup>-2</sup>) por taxón y estrato y el valor obtenido se extrapoló a m<sup>2</sup>. La biomasa por taxón se extrapoló a m<sup>2</sup> (g.p.f.m<sup>-2</sup>). Los organismos se cuantificaron por estrato en cada sitio. Se clasificaron los organismos a nivel de orden y familia (Borror et al., 1989) y luego se calculó para cada sitio el índice de diversidad de Shannon - Weaver de la siguiente manera:

$$H = - \sum \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N} \text{ donde:}$$

$n_i$  es el número de individuos pertenecientes a la  $i$ -ésima de las especies

$N$ : es el número total de individuos (Hill, 1973)

Para coleccionar los individuos de la vegetación y la hojarasca se utilizó la metodología de lavado tamizado (Maran y Terron, 1988). También se determinaron humedad del suelo (Madriñan, 1997), densidad aparente, densidad real y porosidad (ICA, 1993). Así mismo, en cada sitio se efectuaron muestreos quincenalmente para determinar materia orgánica, fósforo, pH y Al (si pH < 5.5). Igualmente se realizó un análisis completo (Carrillo, 1997).

Los datos de distribución vertical se analizaron porcentualmente y con la diversidad se calculó el índice de Shannon -Weaver. Con los resultados de macrofauna, abundancia y biomasa se realizó un análisis de componentes principales y con las variables biológicas, físicas y químicas un análisis de agrupamiento (cluster).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**DIVERSIDAD:** El índice de diversidad de Shannon – Weaver para la selva secundaria fue de 2.70; en cebolla de 1.81 y en la pradera de 0.71; resultados que ponen en manifiesto que las poblaciones no se adaptan a la perturbación ocasionada por las prácticas agrícolas y el manejo de la tierra. La selva secundaria tiene alta riqueza taxonómica (37 unidades), en mayor proporción representadas por coleópteros (Ismaenidae, Tenebrionidae, Staphylinidae, Cantaridae, Carabidae, Crisomelidae, Elateridae, Scarabaeidae). Dípteros (Tipulidae, Muscoidae). El cultivo de cebolla (14 unidades) superó en riqueza a la pradera de kikuyo (10 unidades) sitio en el cual se encontró la mayor diversidad de lombrices de tierra de las familias Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae.

Feijoo y Knapp (1998), en la subcuenca del Río Cabuyal (Cauca), también encontraron gran riqueza taxonómica en la selva secundaria (60 unidades), disminuyendo tanto para pradera (17 unidades) como para los cultivos evaluados (31 unidades). Dangerfield (1997) encontró en selvas secundarias mayor diversidad que en sitios cubiertos por árboles uniformes, principalmente debido a la presencia de artrópodos como miriápodos, orthopteros. En general, el número de especies disminuye en sistemas antrópicos con incremento de abundancia y biomasa en pastos y cultivos para especies capaces de mantenerse en las nuevas condiciones o para especies exóticas que dominan cuando se usan plaguicidas, labranza y otras prácticas (Fragoso et al, 1997). En el presente estudio debido al manejo dado a la cebolla, la diversidad no se ve muy afectada pero si se observa incremento en la abundancia de miriápodos y coleópteros.

**ABUNDANCIA :** la selva secundaria y el cultivo de cebolla presentaron la mayor abundancia (19120 y 11040 ind.m<sup>-2</sup>), la cual se puede ver favorecida por el alto contenido de materia orgánica (41 y 6.9% respectivamente) y por la provisión de sombra, alta humedad y materiales vegetales en diferente grado de descomposición. En la pradera (5088 ind.m<sup>-2</sup>) predominaron las lombrices probablemente por la profusión y renuevo de raíces para su alimentación. Resultados similares encontraron Feijoo y Knapp (1998), en la selva secundaria (6790 ind.m<sup>-2</sup>) y en la pradera de kikuyo (2038 ind.m<sup>-2</sup>).

En la Selva secundaria, el 45.09% de la comunidad estuvo representada por miriápodos (8626 ind.m<sup>-2</sup>), seguida por 19.91% de coleópteros (3808 ind.m<sup>-2</sup>), porcentajes menores hacen parte de las comunidades de otros organismos (pseudoescorpiones, ácaros, homópteros, lepidópteros, hemípteros, arácnidos y

orthópteros) con un 17,23% (3296 ind.m<sup>-2</sup>) y dípteros con 7,44%, las lombrices un 5,35% y las comunidades de isópodos y gasterópodos constituyeron el 4,35 y 0,58% respectivamente. En la pradera de kikuyo, el 89.62% (4560 ind.m<sup>-2</sup>) de la comunidad estuvo representada por lombrices. En el cultivo de cebolla, las lombrices representaron el 45.99% (5072 ind.m<sup>-2</sup>) de la población, los miriápodos el 31.15% y los coleópteros el 17.97% (Figura 1).

Por el manejo de la fertilización en el cultivo (aplicación periódica de residuos orgánicos), los artrópodos pueden asociarse con el mantenimiento de la fertilidad del suelo a través de la degradación e incorporación de la materia orgánica en el suelo.

Los resultados ponen en manifiesto, tal como lo mencionan Peñaranda y Naranjo (1998), que el cambio de uso de la tierra genera variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas y químicas del suelo. La mayor densidad de los organismos bajo el bosque nativo con zonas intervenidas permite inferir que las características edáficas y de microclima son óptimas para la recolonización por la macrofauna, la capa de material vegetal en diversos grados de descomposición ofrece alimento, protección del hábitat para la macrofauna, la disminución o ausencia en los sitios intervenidos es producto del efecto antrópico continuo.

**BIOMASA :** En la selva secundaria la comunidad de miriápodos (112.6g, 52.04%) fue el mayor componente de la biomasa (Figura 2), seguido por coleópteros (40.5 g, 18.71%), lombrices (18.2 g, 8.43%). En la pradera de kikuyo la biomasa estuvo dominada por las lombrices (67.1 g, 68.6%), seguido por gasterópodos (17.08%) y coleópteros (12.83%). El mayor aporte de biomasa en el cultivo de cebolla lo hicieron las lombrices (36.47%, 31.7 g), seguido por coleópteros (26.42%, 22.3 g), gasterópodos (17.3%) y miriápodos (12.84%).

La biomasa de lombrices en la pradera representó casi el doble del cultivo de cebolla y cerca de ocho veces el presente en la selva, esto posiblemente se debe a la continua entrada de raíces del pasto y de la aplicación de abono orgánico en la cebolla.

Similares resultados obtuvieron Henrot y Brussaard (1997), donde el peso de lombrices en pastos fue mayor que en cultivos y en bosques tropicales; los pastos en general, favorecen la presencia de las lombrices, el mecanismo de estimulación de lombrices es probablemente la alta biomasa de raíz .

Feijoo y Knapp (1998), al comparar y contrastar la diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna en

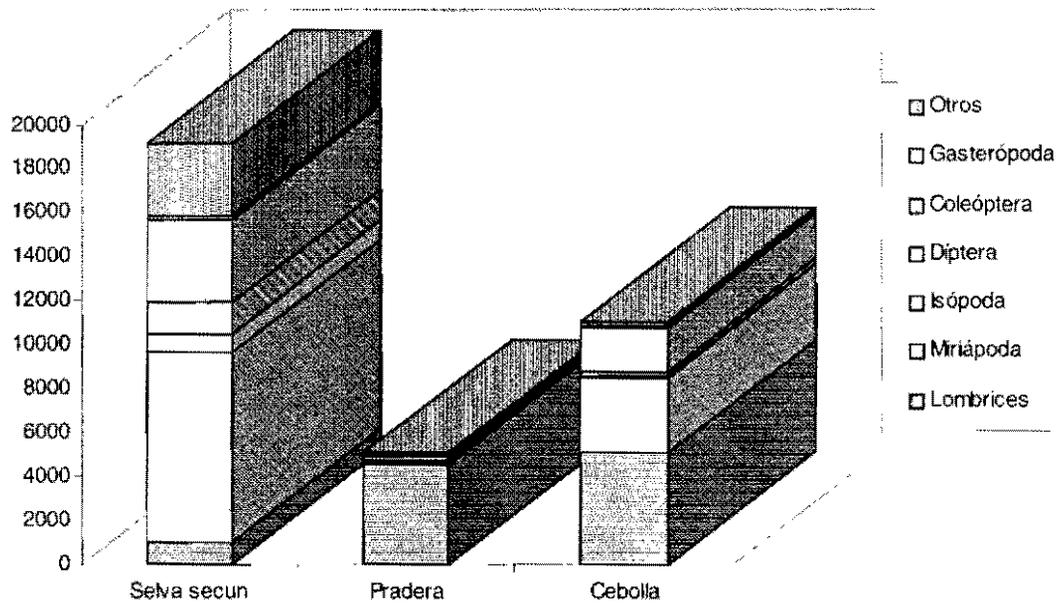


FIGURA 1. Abundancia de la macrofauna asociada a tres agroecosistemas en la Cuenca Alta del Lago Guamués

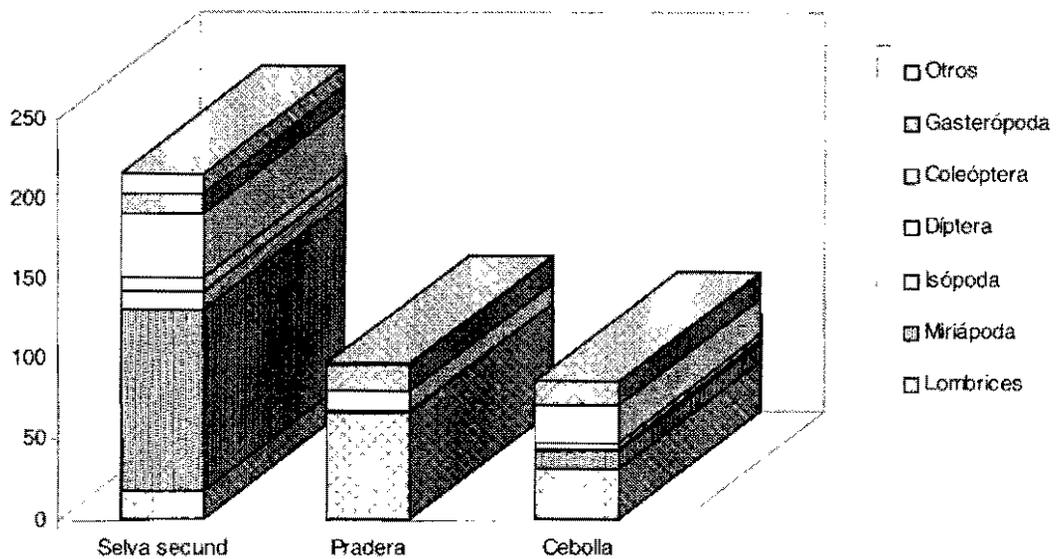


FIGURA 2. Biomasa de la macrofauna asociada a tres agroecosistemas de la cuenca alta del Lago Guamués

varios tipos de uso de la tierra, obtuvieron mayor aporte de biomasa de lombrices y coleópteros para kikuyo (83.44 y 13.84%) y en selva por la comunidad de coleópteros (52.2%).

**DISTRIBUCION VERTICAL :** La selva secundaria presentó la más alta densidad de población (19120 ind. m<sup>2</sup>), de los cuales el 46.87% y 31.25% de lombrices se encontraron en las capas 0 – 10 y 10 – 20 cm, otra proporción importante se halló en el estrato 20 – 30 cm (21,87%). Para el caso de miriápodos, coleópteros y dípteros (59.99; 54.62 y 62.92) se encontraron en la hojarasca seguido por el estrato de 0 – 10 cm con 26.08%; 24.36% y 25.84% respectivamente, menores porcentajes se encontraron en las capas 10 – 20 y 20 – 30 cm (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los encontrados por Adis (1988), donde en un bosque primario el 70% de los individuos se encontraron en los 3.3 cm de profundidad, porcentaje restante de los 3.5 cm a los 5cm. En un bosque secundario la fauna del suelo se encontró de 0 a 3.5 cm en un 61-64% ; del 20-21% entre 3.5 y 7 cm y el porcentaje restante de 7 a 14 cm de profundidad.

secundaria como en el cultivo de cebolla y en menor proporción en la pradera contribuye en la distribución vertical de los organismos, puesto que su contenido disminuye con la profundidad del suelo. Al respecto Feijoo y Knapp (1998), informa que en la selva secundaria del 32 al 35% de la población se encuentra en las capas de 0 – 10 y 10 – 20 cm, hallando una proporción de 12.6% en la hojarasca y 19% en la capa de 20 – 30 cm. En las praderas, la fauna esta restringida a la capa de 0 - 10 cm y en los cultivos se encontró mayor proporción en las capas 0 – 10 y 10 – 20 cm. García y Chamorro (1988), encontraron las mayores biomasa y densidad de organismos en el mantillo, siguiendo en importancia los organismos registrados en los 10 cm de profundidad.

Del análisis de componentes principales para las variables abundancia y biomasa de los organismos presentes se deduce que dos factores explicaron el 56.75% de la varianza total. El factor I, que relacionó los sitios con la abundancia de miriápodos, coleópteros, dermáptera e isópodos, explicó el 43.28%; se observa que la abundancia de miriápodos, coleópteros y otros

**Cuadro 1. Distribución vertical de macrofauna en tres agroecosistemas de la cuenca alta del Lago Guamués (No. ind.estrato) .**

	Selva secundaria			Pradera kikuyo			Cultivo cebolla				
	Mantillo	0-10	10-20	20-30	Mantillo	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Lombrices	0	480	320	224	176	4064	240	80	4128	912	32
Miriápoda	5174	2250	864	336	0	112	0	0	1952	1168	320
Isópoda	272	272	272	16	32	0	0	0	32	16	0
Díptera	896	368	64	96	0	0	0	0	96	112	16
Coleóptera	2080	928	672	128	64	128	0	0	976	672	336
Gasterópoda	64	0	0	48	64	64	0	0	96	16	0
Otros	1576	992	224	504	32	16	16	0	48	96	16

En la pradera de kikuyo la mayor densidad de población se encontró en el estrato de 0 – 10 cm representado por las lombrices (89.12%); isópodos, y gasterópodos. En el cultivo de cebolla se encontraron similares resultados siendo la capa de 0 – 10 cm la de mayor población para lombrices; miriápodos; isópodos; coleópteros y gasterópodos, en la capa de 10 – 20 cm sobresalieron las poblaciones de dípteros y otros.

De acuerdo con estos resultados, en el caso de la selva secundaria el mantillo contiene la mayor abundancia y biomasa, posiblemente debido a que ayuda a conservar la humedad y sirve a la vez de refugio y fuente de alimento para la fauna. De otra parte, el contenido de materia orgánica tanto en la selva

organismos efectúan los mayores aportes a este factor, en tanto que gasterópodos e isópodos, representan un efecto menor en la explicación del mismo posiblemente atribuido al efecto del mantillo en la superficie del suelo y a la mayor diversidad y abundancia. El factor II, el cual incluyó la abundancia de lombrices, dípteros, ácaros y gasterópodos, explicó el 13.19% de la variación total, en este la contribución de las variables abundancia de lombrices, dípteros, ácaros, arañas y gasterópodos es mayor que la contribución realizada por las otras variables, relacionado con la presencia de raíces.

En biomasa (g.p.f.m<sup>2</sup>) tres factores se explicaron un 59.76% de la variación total. El factor I (biomasa de dermáptera, miriápodos, arácnidos y otros) aportó 31.48% de la explicación en la varianza total. El factor II

(biomasa de gasterópodos, ácaros, dípteros y coleópteros), explicó 17.87% de la varianza total y el factor III, el 10.41%.

En los trabajos realizados por Decaëns et al (1994), en los Llanos Orientales de Colombia los dos factores que predominaron en la explicación de la varianza, fueron la relación suelos con alta densidad y riqueza en macrofauna y el segundo alta biomasa. Los macroinvertebrados respondieron a las perturbaciones ocasionadas por el manejo del suelo, las lombrices se vieron favorecidas por la presencia de *Brachiaria* y *Pueraria* y los cultivos anuales tuvieron efecto dramático en las poblaciones de artrópodos del suelo. Los factores responsables de este fenómeno pueden ser las prácticas agrícolas como la labranza, la fertilización o aplicación de plaguicidas, la reducción de producción de raíces y la modificación del microclima del suelo que ocurre después de la tala de la vegetación natural (Decaëns et al, 1994).

Al realizar el análisis Cluster para la macrofauna y las propiedades químicas y físicas los suelos se agrupan en tres categorías. La número uno agrupó los suelos con pH extremadamente ácidos de la selva secundaria que se caracterizaron por poseer altos contenidos de materia y bajos contenidos de fósforo. La densidad aparente varió entre 0.18 y 0.28 g/cm<sup>3</sup> en los primeros 10 cm incrementándose con la profundidad hasta valores de 0.52g/cm<sup>3</sup>, similar tendencia se observó en la densidad real; la porosidad disminuyó al incrementar la profundidad obteniendo los mayores valores en los primeros 10 cm de suelo, el porcentaje de humedad determinado tanto en la hojarasca como en el suelo fue mayor en este agroecosistema. Se observó la mayor

abundancia y biomasa de macrofauna y alta población en la capa de 0 – 10 cm y hojarasca con predominio principalmente de miriápodos y coleópteros.

La categoría dos agrupó los suelos cuyas características fueron medios contenidos de materia orgánica, altos contenidos de fósforo, alta relación C/N y media CIC. La densidad aparente aumentó a medida que se profundizó en el perfil (0.98; 1.05 y 1.14 g/cm<sup>3</sup>). La densidad real para las capas evaluadas fue en promedio de: 2.27; 2.37 y 2.43 g/cm<sup>3</sup> (0–10; 10–20 y 20–30 cm) respectivamente, el porcentaje de porosidad disminuyó con la profundidad del suelo y el porcentaje de humedad osciló entre 38.85 y 105.95%. Se destaca la presencia de lombrices en la capa de 0–10 cm tanto para la abundancia como para la biomasa presente.

La tercera categoría la conformaron los suelos con pH ligeramente ácido, altos contenidos de calcio, magnesio y potasio (8.5; 2.8 y 2.52 me/100g) respectivamente. La densidad aparente y la densidad real incrementaron con la profundidad y el porcentaje de porosidad disminuyó con el incremento de la misma. En este agroecosistema la fauna estuvo representada por lombrices, miriápodos (diplopodos) y coleópteros tanto en abundancia como en biomasa y estuvo presente principalmente en la primera profundidad evaluada. Feijoo y Knapp (1998), observaron que al realizar el análisis cluster se formaron cuatro grupos de suelos de acuerdo con la macrofauna y algunas propiedades físico-químicas. El primer grupo por sitios con alta densidad de población pero menor biomasa que los reunidos en el segundo y el tercer y cuarto grupo constituido por sitios atípicos.

## BIBLIOGRAFIA

- ADIS, J. On the abundance and density of terrestrial arthropods in Central Amazonian dryland forests. *In: Trop. Ecol.* Vol. 4 (1988). P. 19-24.
- ANDERSON, J.M and INGRAM, J.S. A Handbook of Methods. TSBF. 1993. p. 44 - 46.
- ASOCIACION PARA EL DESARROLLO CAMPESINO. Ficha de caracterización de la Reserva Refugio Cristalino. Pasto, 1994. 5 p.
- BORROR, F.; TRIPLEHORNICH, C. and JOHNSON, N. 1989. An introduction to the study of insects. Philadelphia: Saunders, 875 p.
- CARRILLO, F. I. 1997. Guía para servicio regional de análisis de suelos. Chinchina: CENICAFE, 1997. 87 p.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE NARIÑO. Plan de ordenamiento y manejo integral de los recursos naturales de la Cuenca Alta del Río Guamués. Pasto, 1994. p. 8 – 13.
- DANGERFIELD, J.M. 1997. Abundance and diversity of soil macrofauna in northern Botswana. *In: Trop. Ecol.* Vol. 13 (1997); p. 527 - 538.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMENEZ JAEN, J.J., ESCOBAR, G and RIPPSTEIN, G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *In: European Soil Biol.* Vol. 30, No, 4. P. 157 – 168.
- FEIJOO, A, y KNAPP, E.B. 1998. El papel de los macroinvertebrados como indicadores de fertilidad y perturbación de suelos de laderas. *En: Suelos Ecuatoriales*, 28: 254 – 259.
- FRAGOSO, C., BROWN, G.G., PATRON, J.C., BLANCHART, E., LAVELLE, P., PASHANASI, B. SENAPATI, B and KUMAR, T. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *In: Applied Soil Ecology*, 6: 17 – 35.
- GARCIA, M.R. y CHAMORRO, C. 1988. La edafofauna de un bosque alto andino en una región de Monserrate, Cundinamarca, Colombia. *En: Suelos Ecuatoriales*, 17 (2): 197 – 207.
- HENROT, J and BRUSSARD, L. 1997. Abundance, and cast quality of earthworms in an acid ultisol under alle-cropping in the humid tropics. *In: Applied Soil Ecology* 6: 169 - 179.

HILL, M.O. Diversity and evenness. *Ecology* Vol. 54 (1973); p. 427-432.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. 2 ed. Bogotá, 1993. p. 115- 119.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos del nororiente del dpto de Nariño. Bogotá, 1986. 543 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia. origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santafé de Bogotá, 1995. 632 p

LAVELLE, P. y KOHLMAN, B. Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale. *Pedobiología*. 199, Vol. 24; p. 834 - 845.

MADRIGAN, R. Manual de prácticas de Laboratorio de Física de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 1997. p. 4 - 7.

NEWMAN, J. The soil fauna other than protozoa. Soil conditions and plant growth, 11 ed. 1988. P. 500 - 525.

PAOLETTI, M; FAURETTU, M.R.; SHINNER, B.R. PURRINGTON, F. and BATER, J.E. 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *In: Agric.. Ecosys. Environ.* Vol. 34 (1991). P. 341 - 362.

PEÑARANDA, M.R. y NARANJO, G.M. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petreférrico acropérox) del complejo migmático de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. *En: Suelos Ecuatoriales.* Vol 28 (1998); p. 273 - 277.