

**EVALUACION DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN TRES SISTEMAS  
PRODUCTIVOS, EN LA VEREDA ESTACION ROSO, MUNICIPIO DE SAMANIEGO,  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**DALIA JULIETH LOPEZ GOMEZ  
DIEGO LUIS MADROÑERO RUALES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2009**

**EVALUACION DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN TRES SISTEMAS  
PRODUCTIVOS, EN LA VEREDA ESTACION ROSO, MUNICIPIO DE SAMANIEGO,  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**DALIA JULIETH LOPEZ GOMEZ  
DIEGO LUIS MADROÑERO RUALES**

**Anteproyecto de Tesis presentado como requisito parcial para optar el título de  
INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de tesis  
JORGE ALBERTO VELEZ LOZANO I.AF., M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2009**

**EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN TRES SISTEMAS PRODUCTIVOS EN LA VEREDA ESTACION ROSO, MUNICIPIO DE SAMANIEGO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**  
**EVALUATION OF THE SOILS MACROFAUNA IN THREE SYSTEMS OF PRODUCCION ON THE ESTACION ROSO DISTRICT, MUNICIPALITY OF SAMANIEGO, DEPARTMENT OF NARIÑO**

Dalia Julieth López G.<sup>1</sup>  
Diego Luis Madroñero R.<sup>2</sup>  
Jorge Alberto Vélez L.<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Este estudio se realizó en la vereda Estación Roso, municipio de Samaniego, departamento de Nariño, donde se eligieron 3 sistemas de uso del suelo: bosque natural, sistema silvopastoril y pradera natural.

Los resultados de abundancia muestran un promedio de 1043,6 individuos/m<sup>2</sup>, indicando que el bosque presentó la mayor abundancia frente a los demás usos de suelo con 1461,3 organismos/m<sup>2</sup> (46,68%), sobresaliendo el orden Himenóptera con 733,3 organismos/m<sup>2</sup> (50,2%), el bosque presentó la mayor riqueza con un promedio de 7,9 ordenes encontradas/m<sup>2</sup>, los más representativos en este uso de suelo fueron Himenóptera, Coleóptera, Hemíptera y Lombricúlidae y para la variable biomasa se encontró un promedio de 221,89 g.p.f.m<sup>-2</sup> y el mayor valor lo obtuvo el sistema silvopastoril con 463.82 g.p.f.m<sup>2</sup> (69,68%), sobresaliendo el orden Lumbricúlidae con 437,78 g.p.f.m<sup>-2</sup> (94,39%).

El mantillo indicó mayores valores en cuanto a riqueza de la población de macrofauna en la distribución vertical, con 6.75 ordenes/m<sup>2</sup> en promedio

**Palabras claves:** biomasa, diversidad, distribución vertical, densidad

**ABSTRACT**

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 2009; E-mail: yulieth1519@hotmail.com

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícola. Universidad de Nariño. 2009; E-mail: dimad51@hotmail.com

<sup>3</sup> I.AF., M. Sc. Profesor Tiempo Completo Ocasional; facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2009; E-mail: jvelezlozano@gmail.com

This study realized in the Station Roso district, municipality of Samaniego, department of Nariño, where chose 3 systems of use of the soil: natural forest, silvopastoril system and natural pasture.

The results of abundance show an average of 1043,6 individuals/m<sup>2</sup>, indicating that the forest presented the main abundance front to the other uses of soil with 1461,3 organisms/m<sup>2</sup> (46,68%), projecting the Himenóptera order with 733,3 organisms/m<sup>2</sup> (50,2%), The forest presented the main wealth with an average of 7,9 order found/m<sup>2</sup>, where the most representative are Himenóptera, Coleóptera, Hemíptera and Lumbricúlidae and for the variable biomass found an average of 221,89 g.p.f.m<sup>-2</sup> And the main value present in the silvopastoril system with 463.82 g.p.f.m<sup>-2</sup> (69,68%), projecting the Lumbricúlidae order with 437,78 g.p.f.m<sup>-2</sup> (94,39%).

The topsoil indicated main values regarding wealth of the population of macrofauna in the vertical distribution, with 67.56 order/m<sup>2</sup> in average, regarding the uses of soil, the pasture system was the least diverse front to the systems silvopastoril and forest

**Key words:** biomass, diversity, vertical distribution, density

## INTRODUCCIÓN

Los invertebrados terrestres desempeñan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como organismos benéficos por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (Lavelle 2000).

Los invertebrados-plagas reciben mucha atención y representan enormes gastos de millones de dólares anualmente por parte de los agricultores e investigadores, mientras que los invertebrados benéficos reciben relativamente poca atención. Generalmente, se da por hecho su acción y en pocas ocasiones se hace algún cambio en el manejo del ecosistema para beneficiarlos. Sin embargo, es probable que la degradación física y química del suelo, esté íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida

cuantitativa y/o cualitativa de invertebrados macrofaunísticos que regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas biogénicas (Lavelle 2000).

En Colombia los suelos han sido muy afectados por la fragmentación, definida ésta como un proceso en el que se cambia la configuración del hábitat como consecuencia de actividades antrópicas que interrumpen la continuidad del hábitat original (Hamilton *et al.* 1995), en consecuencia, la biota del suelo, en particular la macrofauna está directamente relacionada con la estabilidad del mismo, por cuanto el estudio de macrofauna edáfica ha permitido establecer las condiciones mas y menos favorables para su desarrollo en diferentes sistemas productivos, contribuyendo a crear bases para un manejo ecoamigable, en donde se perciba al suelo como un ser vivo.

De acuerdo con Noailles y Da Veiga (2002) se considera que las causas del deterioro de la fertilidad de los suelos son originadas principalmente por las excesivas tareas de roturación del horizonte superficial, que favorecen la erosión hídrica y la extracción de nutrientes por los diferentes cultivos, sin una adecuada restitución de los mismos. Además, el uso indiscriminado de maquinaria convencional, ha generado una pérdida de materia orgánica por aerobiosis, disminuyendo su contenido y afectando la estructuración natural de la capa arable.

Teniendo en cuenta la importancia del conocimiento de la biología del suelo, el objetivo fundamental de esta investigación fue comparar el efecto de los usos de suelo en la abundancia, riqueza, biomasa y diversidad de la macrofauna.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en la vereda Estación Roso, municipio de Samaniego, departamento de Nariño, localizada al occidente del meridiano de Greenwich a 77° 15' 51" de longitud oeste y 1° 47' 11" de latitud norte a una altura de 2.630 msnm, con temperatura promedio de 12°C, precipitación media anual de 1050 mm, humedad relativa de 80%, con 1200 horas sol promedio año, suelos franco arcillosos. (PBOT, 2002)

Para la obtención de la macrofauna proveniente de los diferentes usos del suelo se tomaron muestras (monolitos) de bosque natural dominado con Encino *Weimania tomentosa*, sistema silvopastoril con el componente pradera compuesto por Kikuyo *Penisetum clandestinum* y Grama Dulce *Paspalum distichum* con el componente forestal constituido por Quillotocto *Tecoma stans* y Arrayan *Myrcianthes leucoxyly* como arboles sembrados y Cascarillo *Lafoensia puniceifolia* y Encino *Weimania tomentosa*, como arboles provenientes de regeneración natural y sistema pradera natural con Kikuyo *Penisetum clandestinum* y Grama Dulce *Paspalum distichum*.

Para la realización del muestreo se utilizó la metodología del Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Correira de Oliveira, 2000), la cual fue modificada en el número de muestras, es decir, en lugar de utilizar diez (10) muestras por uso de suelo como lo recomienda dicha metodología, únicamente se tomó dos (2), dadas las condiciones de homogeneidad de usos de suelo, tipo de suelo, vegetación presente, condiciones ambientales y manejo de los agricultores en la zona. (Bonilla, Burbano y Castro, 2007).

Se seleccionó tres fincas, en cada una de ellas se tomaron dos (2) monolitos por uso del suelo evaluado de 0.25 m de lado x 0.25 m de lado x 0.30 m de profundidad. Posteriormente cada monolito se colocó sobre una hoja plástica en una mesa y se dividió en tres capas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm y mantillo, las cuales se dispusieron en los embudos de Berlese por un periodo de cuatro días (96 horas), los individuos se recolectaron en frascos rotulados con alcohol al 90%.

Los organismos se contabilizaron e identificaron en el laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño hasta orden. A continuación se censó y sistematizó los individuos por taxa y análisis de las variables Abundancia (individuos/m<sup>2</sup>), Riqueza (ordenes/uso y estrato), índice de diversidad (índice de Simpson y Shannon), biomasa (g.p.f.m<sup>-2</sup>) y distribución vertical (individuos/estrato) (Gotelli y Colwel, 2001).

Los datos se normalizaron con la fórmula  $\sqrt{x+0.5}$  (Steel y Torrie, 1993); y se procesaron con un análisis de varianza ANOVA (Steel, 2000) y pruebas de comparación de medias de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Abundancia.

El promedio de organismos encontrados fue de 1043,6/m<sup>2</sup> y las órdenes más abundantes fueron Himenóptera con 579,6 individuos/m<sup>2</sup> (55,5%), Coleóptera con 184 individuos/m<sup>2</sup> (17,6%) y Lumbricúlidae con 82,7 individuos/m<sup>2</sup> (7,9%), estas órdenes suman el 81% de la abundancia total encontrada en los tres usos de suelo evaluados.

El bosque fue el sistema más abundante con 1461,3 ind/m<sup>2</sup> (46,68%), (Tabla 1), el cual estuvo representado por el orden Himenóptera con 733,3 ind/m<sup>2</sup> (50,2%), este resultado se explica quizá porque el bosque ofrece energía (carbohidratos, proteínas, entre otros) y condiciones favorables de habitación como sombra, alta humedad y materiales vegetales en distinto grado de descomposición (mantillo) (Bonilla Burbano y Castro, 2007).

En la pradera se encontró el segundo mejor valor de abundancia con 1.200 ind/m<sup>2</sup> (38,3%) sobresaliendo el orden Himenóptera con 74.7% (Tabla 1), estos resultados reflejan una contraposición a la afirmación de Villalobos *et al*, (2000) en la cual ratifican que las poblaciones edáficas están desapareciendo debido a la perturbación ejercida sobre el medio por las actividades humanas.

No obstante, Lavelle (1992) afirma que en las pasturas naturales son frecuentes las poblaciones de hormigas, ya que estas allí encuentran gran cantidad de alimento en los hongos que crecen a plena exposición solar en los excrementos de los bovinos.

El sistema silvopastoril presentó la menor abundancia con 469,3 ind/m<sup>2</sup> (14,99%) y estuvo representado por el orden Lumbriculidae con 186,7 ind/m<sup>2</sup> (39,77%) (Tabla 1), no obstante, Tapia, *et al* (1999) encontraron una mayor abundancia de macroinvertebrados en un sistema agroforestal ya que estos ofrecen unas adecuadas condiciones de sombra, humedad y alimento, lo cual se encuentra en contraposición a los resultados encontrados en esta investigación, de esto se puede inferir que si bien es cierto que en un sistema silvopastoril se ofrecen adecuadas condiciones microambientales para una buena abundancia de

macroorganismos, estas condiciones no siempre van a ser las optimas para los organismos que constituyen la macrofauna y en segundo lugar pueden estar modificadas por otros aspectos como la adaptabilidad de especies.

Tabla 1. Abundancia de macroorganismos en tres usos de suelo en la vereda Estación Roso, Samaniego. (individuos/m<sup>2</sup>). 2009

Ordenes	USOS DEL SUELO						Σ
	Silvopastoril	%	Bosque	%	Pradera	%	
Himenóptera	11,0 (109,3)	23,30	27,6 (733,3)	50,2	30,4 (896)	74,7	579,57
Coleóptera	8,2 (58,7)	12,50	18,6 (328)	22,4	13,4 (165,3)	13,8	184,0
Lumbriculidae	14,2 (186,7)	39,77	6,4 (34,7)	2,4	5,7 (26,7)	2,2	82,67
Shymphila	2,1 (2,7)	0,57	9,4 (80)	5,5	4,8 (18,7)	1,6	33,77
Díptera	6,4 (34,7)	7,39	7,2 (45,3)	3,1	4,8 (18,7)	1,6	32,90
Diplopoda	2,8 (5,3)	1,14	9,6 (82,7)	5,7	3,3 (8)	0,7	32,0
Hemíptera	6,2 (32)	6,82	4,8 (18,7)	1,3	6,8 (40)	3,3	30,23
Lepidóptera	5,4 (24)	5,11	6,8 (40)	2,7	2,1 (2,7)	0,2	22,23
Araneae	2,8 (5,3)	1,14	6,6 (37,3)	2,6	3,8 (10,7)	0,9	17,77
Diplura	0,5 (0)	0,00	6,8 (40)	2,7	0,5 (0)	0,0	13,33
Chilopoda	0,5 (0)	0,00	4,5 (16)	1,1	2,1 (2,7)	0,2	6,23
Isópoda	2,1 (2,7)	0,57	2,1 (2,7)	0,2	2,1 (2,7)	0,2	2,67
Chelonetidae	2,8 (5,3)	1,14	0,5 (0)	0,0	2,1 (2,7)	0,2	2,67
Dermáptera	0,5 (0)	0,00	2,1 (2,7)	0,2	2,1 (2,7)	0,2	1,77
Blataria	2,1 (2,7)	0,57	0,5 (0)	0,0	2,1 (2,7)	0,2	1,77
Σ	67,5 (469,3)	100	113,7 (1461,3)	100	86,3 (1200)	100	1043,58

Medias transformadas ( $\sqrt{x}$ ) + 0,5 (medias originales en paréntesis)

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para estratos, diferencias significativas para usos y no se encontró diferencias estadísticas para la interacción usos \* estratos. (Tabla 2).



Tabla 2. Análisis de varianza para abundancia en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad $\geq F$
Modelo	11	19.68.19	178.92	3.59	0.0006
Estrato	3	879.21	293.07	5.88**	0.0014
Usos	2	427.89	213.94	4.29*	0.0181
Usos*estratos	6	661.08	110.18	2.21ns	0.0542
Error	60	2990.69	49.84		
Total	71	4958.88			

\*\* : Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p <= 0,01$ )

\*: Diferencias estadísticas significativas ( $p <= 0,05$ )

ns : No significativo

La prueba de Tukey para estratos indica que las capas 0-10 cm y mantillo presentan diferencias estadísticas frente al mantillo, 10-20 cm y 20-30 cm. (Tabla 3). Al respecto Cortés *et al.* (1990), afirman que los estratos mantillo y 0-10 cm son análogos en cuanto a condiciones lumínicas, ambientales y nutricionales, las cuales presentan diferencias a medida que se incrementa la profundidad de los estratos, por lo tanto las poblaciones de macroinvertebrados van a diferir en abundancia, riqueza y biomasa. (Tabla 3)

Tabla 3. Prueba de comparación de Tukey para estratos en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Grupo	Promedio	Estrato
a	18.95	2 (0-10 cm)
ab	12.74	1 (mantillo)
b	10.92	4 (20-30 cm)
b	9.98	3 (10-20 cm)

Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

De igual manera, la prueba de Tukey para usos de suelo, indica que el bosque y la pradera presentan diferencias estadísticas con respecto a la pradera y al sistema silvopastoril. (Tabla 4).

Tabla 4: Prueba de comparación de Tukey para usos de suelo en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Grupo	Promedio	Uso
a	16.461	2 (bosque)
ab	12.328	3 (pradera)
b	10.662	1 (silvopastoril)

Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

Este resultado se explica porque en la pastura y en el bosque se encontró una gran abundancia de formícidos (hormigas) pertenecientes al orden Himenóptera (familia Formicinae), estos organismos según Zerbino, *et al* (2007) se destacan por convivir en sociedad y por tal al tomar los monolitos, se recoge un gran número de individuos que elevan significativamente los índices de abundancia, esta tesis que apoya el elevado nivel de colonización de formícidos es ratificada por Zakharov, (1990) quien afirma que aunque las hormigas viven en casi todos los ambientes, desde el subsuelo hasta las copas de los árboles, pero son habitantes del suelo por excelencia, lo cual fue posible gracias al origen de la glándula metapleuraleal, cuya secreción de ácido fenil-acético inhibe en forma diferencial el crecimiento de microorganismos en el interior de los nidos.

Contrariamente, los resultados obtenidos en esta investigación para el sistema silvopastoril, indican que el nivel de formícidos encontrados no marcó un nivel significativo de abundancia, este patrón de comportamiento se explica según Lavelle (1994) porque la sombra generada en los árboles y la escasez de excrementos provenientes de los bovinos en comparación a un pastura natural, incidieron negativamente en el crecimiento de los hongos los cuales constituyen el alimento básico de los formícidos.

Peñaranda y Naranjo (1998), indican que los sistemas agroforestales brindan las condiciones edáficas y de microclima adecuadas para la macrofauna existente, así como que la capa de materia vegetal en diversos grados de descomposición ofrece alimento, protección y hábitat para la macrofauna. La ausencia, disminución o cambio en los sitios intervenidos se debe al efecto antrópico, este aporte no se encuentra lejos de los resultados encontrados en esta investigación, ya que el sistema silvopastoril frente a los demás usos de suelo aportó el mejor índice de lombrices (orden Lumbriculidae) que si bien estas no son tan abundantes en número como los las hormigas (formícidos), si representan un alto índice de biomasa ( $\text{g.p.f.m}^{-2}$ ).

### **Riqueza**

El bosque presentó la mayor riqueza con 7,9 ordenes/ $\text{m}^2$ , siendo las más representativas Himenóptera, Coleóptera, Hemíptera y Lombricúlidae, en el sistema silvopastoril se

encontro 6,8 ordenes/m<sup>2</sup>, donde sobresalieron Himenóptera, Coleóptera, Diplópoda y Shymphila; y la pradera reveló el menor valor de riqueza con 6 ordenes/m<sup>2</sup>, siendo los más prevalecientes Lumbricúlida, Himenóptera, Coleóptera, Díptera y Hemíptera.

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas para usos \* estratos (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza para riqueza en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad ≥F
Modelo	11	183.15	16.65	4.35	0.0001
Estrato	3	86.93	28.97	5.55 (9.53)**	0.0002
Usos	2	42.52	21.26	7.57 (7.29)**	0.0061
Usos*estratos	6	53.69	8.94	2.33 (2.61)*	0.0427
Error	60	229.50	3.82		
Total	71	412.65			

Medias transformadas ( $\sqrt{x} + 0,5$  (medias originales en paréntesis)

\*\* : Diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0,01$ )

\* : Diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ )

La prueba de comparación de medias para usos por estratos, evidencia efectos de interacción entre usos y estratos, es decir, que los usos del suelo afectan la riqueza de los ordenes en forma diferencial a ciertas profundidades del suelo, por tanto las capas mantillo y 0-10 cm del bosque presentan diferencias estadísticas significativas frente al mismo sistema en la capa 10-20 cm, a la pradera en las capas 10-20 cm y 20-30 cm y frente al estrato 20-30 cm del sistema silvopastoril.

Los promedios más altos de Riqueza se presentaron en el mantillo y 0-10 cm del bosque y en el mantillo de la pradera y del sistema silvopastoril y los promedios más bajos se encontraron en los estratos 10-20 cm y 20-30cm de la pradera y en el estrato 10-20 cm del bosque. (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de comparación de Tukey para la interacción usos \* estratos en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Grupo	Promedio	Estrato	Uso
a	9.66 (96)	2 (0-10 cm)	2 (Bosque)
a	9.66 (93.33)	1 (mantillo)	2 (Bosque)
ab	7.83 (61.33)	1 (mantillo)	1 (silvopastoril)
ab	7.50 (56)	2 (0-10 cm)	3 (pradera)
ab	7.33 (56)	4 (20-30 cm)	2 (Bosque)
ab	7.77 (56)	3 (10-20 cm)	1 (silvopastoril)
ab	6.83 (48)	1 (mantillo)	3 (pradera)
ab	6.66 (42.67)	2 (0-10 cm)	1 (silvopastoril)
b	5.50 (34.67)	4 (20-30 cm)	1 (silvopastoril)
b	5.16 (32)	3 (10-20 cm)	3 (pradera)
b	5.0 (29.33)	3 (10-20 cm)	2 (Bosque)
b	4.66 (26.67)	4 (20-30 cm)	3 (pradera)

Medias transformadas  $(\sqrt{x}) + 0,5$  (medias originales en paréntesis)  
 Letras distintas indican diferencias significativas ( $p <= 0,05$ )

Villalobos, *et al* (2.000) afirman al respecto que es factible que los patrones de distribución registrados sean un reflejo de las preferencias de la biota en diferentes microambientes y al estado de degradación del suelo, este último está relacionado directamente al tipo de uso de suelo, de allí que los niveles de riqueza, abundancia y biomasa tengan comportamientos erráticos dependiendo de las condiciones microambientales y de manejo ofrecidas por el uso de suelo.

Para complementar la idea, Lavelle y Pashanasi (1989) sugieren que la densidad y la diversidad de la macrofauna del suelo es substancialmente menor en los agroecosistemas comparado con ecosistemas menos perturbados.

Villalobos *et al* (2.000) en un estudio de macrofauna edáfica en un cultivo de maíz en México, encontraron que el estrato uno o superficial presento la mayor riqueza y la mayor abundancia, y mostraron además un desfase progresivo entre riqueza y abundancia, el cual tiende a disminuir conforme se desciende en la profundidad, esta situación se debe a las condiciones extremas de temperatura, presión, compactación de suelo, humedad, disponibilidad de oxígeno, entre otras registradas en tales estratos.

Coyne (2000) afirma que siempre se presentan comportamientos erráticos en algunos organismos objeto de estudios de macrofauna edáfica, esto es frecuentemente en individuos que no son capaces de soportar las alteraciones edáficas, ambientales, climáticas y/o antropicas, ejemplo claro de ello son las actividades agrícolas como diferentes métodos de labranza, fertilización y aplicación de plaguicidas, han influenciado dramáticamente el ecosistema suelo.

Como afirma Cortés *et al* (1990), los estratos superiores tienen similitudes en cuanto a abundancia y riqueza, dadas las condiciones ambientales, edáficas y nutricionales análogas, igualmente ocurre con los estratos inferiores, con diferencias en abundancia y riqueza, ratificando la idea, Coyne (2000) afirma que la diversidad y el tamaño poblacional de los macroorganismos edáficos es inversamente proporcional a la profundidad de los estratos, es decir, menor abundancia y riqueza a mayor profundidad de los estratos.

### **Biomasa**

El sistema silvopastoril obtuvo el mayor valor con 463,82 g.p.f.m<sup>-2</sup> que representan el 69,68%, este resultado se explica ya que las tecnologías agroforestales presentan un gran potencial para la conservación de la biodiversidad local y regional, particularmente por las especies vegetales arbóreas, debido a su estructura, arquitectura y dimensiones, lo cual constituye una pieza clave en cuanto a la conservación de la biota del suelo en medio de sistemas de producción homogéneos. (Erazo, 1999). (Tabla 7).

Tabla 7. Biomasa de la macrofauna en tres usos del suelo en la vereda Estación Roso, Samaniego. (g.p.f.m<sup>-2</sup>). 2009

Ordenes	USOS DE SUELO						Σ
	Silvopastoril	%	Bosque	%	Pastura	%	
Lepidóptera	1,24 (0,55)	0,12	1,70 (1,45)	1,07	0,78 (0,08)	0,12	0,69
Araneae	1,11 (0,37)	0,08	1,98 (2,2)	1,63	1,37 (0,75)	1,13	1,11
Himenóptera	0,99 (0,24)	0,05	1,57 (1,14)	0,84	2,31 (3,28)	4,93	1,55
Lumbriculidae	21,42 (437,78)	94,39	5,32 (23,27)	17,19	4,63 (17,05)	25,67	159,37
Coleóptera	5,40 (24,04)	5,18	10,75 (104,98)	77,53	7,12 (43,87)	66,03	57,63
Díptera	0,77 (0,07)	0,02	0,76 (0,07)	0,05	0,67 (0,03)	0,04	0,06
Hemíptera	1,06 (0,31)	0,07	0,89 (0,15)	0,11	1,12 (0,38)	0,58	0,28
Chelonetidae	0,74 (0,06)	0,01	0,50 (0)	0,00	0,70 (0,04)	0,06	0,03
Diplopoda	0,68 (0,03)	0,01	1,46 (0,92)	0,68	0,73 (0,05)	0,08	0,34
Symphyla	0,66 (0,03)	0,01	1,28 (0,61)	0,45	0,92 (0,18)	0,27	0,27
Chilopoda	0,50 (0)	0,00	0,65 (0,02)	0,02	0,57 (0)	0,01	0,01
Isópoda	0,88 (0,15)	0,03	0,88 (0,15)	0,11	0,88 (0,15)	0,22	0,15
Dermáptera	0,50 (0)	0,00	1,12 (0,38)	0,28	1,12 (0,38)	0,57	0,25
Diplura	0,50 (0)	0,00	0,74 (0,06)	0,04	0,50 (0)	0,00	0,02
Blataria	0,94 (0,2)	0,04	0,50 (0)	0,00	0,94 (0,2)	0,30	0,13
Σ	37,40 (463,82)	100	30,11 (135,4)	100	24,35 (66,44)	100	221,89

Medias transformadas ( $\sqrt{x}$ ) + 0,5 (medias originales en paréntesis)

Henrot y Brussard (1997) encontraron mayor peso de las lombrices en sistemas silvopastoriles y praderas que en cultivos y selvas tropicales; probablemente por la alta biomasa de raíces en las pasturas, afirman además que la biomasa de artrópodos se favorece cuando la labranza no se realiza o es menos intensa, y atribuyen lo encontrado a la perturbación causada en el hábitat y a otras operaciones de campo como la aplicación de agroquímicos.

En el bosque se obtuvo 135,4 g.p.f.m<sup>-2</sup> (20,3%), presentando un mejor resultado frente a la pradera, esto pone en manifiesto que el cambio en el uso del terreno puede generar variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas y químicas del suelo, lo que lleva a pensar que las condiciones edáficas y de microclima generadas en el bosque son adecuadas para la macrofauna existente, así como la capa de materia vegetal en diversos grados de descomposición ofrece alimento, protección y hábitat para la macrofauna. La ausencia,

disminución o cambio en los sitios intervenidos se debe al efecto antrópico. (Peñaranda y Naranjo, 1998)

En la pradera se encontro 66,44 g.p.f.m<sup>-2</sup> equivalentes al 9,98%, lo cual indica que el cambio de uso de la tierra ejerció un efecto parcialmente positivo sobre la macrofauna del suelo al aumentar indirectamente la abundancia de algunas especies como hormigas (Formícidos), pero con una influencia negativa en la abundancia de lombrices (Lumbricúlidae) que constituyen el 71,82% de la biomasa total, lo que afecto negativamente el resultado final de la variable biomasa en la pradera y positivamente al sistema silvopastoril y al bosque, Tapia, *et al* (1999) afirman que en las pasturas naturales se presenta una menor incidencia de lombrices puesto que existe una mayor irradiación solar y esto a su vez afecta negativamente las condiciones microambientales necesarias para su desarrollo adecuado, toda vez que las lombrices no soportan los cambios bruscos de temperatura y forman parte de los organismos fotofobicos.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas para la interacción estratos\*usos. (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para biomasa en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad ≥F
Modelo	11	41.15	3.74	2.45 (1.36)	0.0134
Estrato	3	5.76	1.92	1.25 (1.05)ns	0.2965
Usos	2	9.69	4.84	3.17 (1.40)*	0.0490
Usos*estratos	6	25.69	4.28	2.80 (1.51)*	0.0179
Error	60	91.60	1.52		
Total	71	412.65			

Medias transformadas ( $\sqrt{x}$ ) + 0,5 (medias originales en paréntesis)

ns: no significativo

\*: Diferencias estadísticas significativas (p<= 0,05)

La prueba de comparación de medias de Tukey para la variable usos por estratos, evidencia efectos de interacción entre usos y estratos, es decir que los usos de suelo afectan la biomasa de las ordenes en forma diferencial a distintas profundidades del suelo, por tanto, el estrato 20-30cm del sistema silvopastoril, presenta diferencias estadísticas significativas

frente al mismo sistema en el mantillo, al bosque en los estratos 10-20cm y 20-30cm y frente al estrato 10-20cm y 20-30cm del bosque.

Los promedios más altos de biomasa se presentaron en el estrato 20-30cm y 10-20cm del sistema silvopastoril y en el estrato 0-10cm del bosque y los promedios más bajos de biomasa se encontraron en los estratos 10-20 cm y 20-30cm de la pradera natural y en el estrato 0-10 cm del bosque. (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Tukey para usos \* estratos en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Grupo	Promedio	Estrato	Uso
a	3.62 (24.73)	4 (20-30 cm)	1 (silvopastoril)
ab	2.15 (6.06)	2 (0-10 cm)	2 (Bosque)
ab	1.87 (3.17)	3 (10-20 cm)	1 (silvopastoril)
ab	1.53 (2.17)	2 (0-10 cm)	3 (pradera)
ab	1.50 (1.88)	1 (mantillo)	2 (Bosque)
ab	1.37 (1.54)	2 (0-10 cm)	1 (silvopastoril)
ab	1.26 (1.40)	1 (mantillo)	3 (pradera)
b	1.11 (0.75)	1 (mantillo)	1 (silvopastoril)
b	0.98 (0.56)	4 (20-30 cm)	2 (Bosque)
b	0.96 (0.54)	4 (20-30 cm)	3 (pradera)
b	0.88 (0.35)	3 (10-20 cm)	2 (Bosque)
b	0.72 (0.02)	3 (10-20 cm)	3 (pradera)

Medias transformadas ( $\sqrt{x}$ ) + 0,5 (medias originales en paréntesis)  
 Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En general la biomasa de la macrofauna edáfica es mayor en ecosistemas naturales que en agroecosistemas, un ejemplo claro de ello se da en un suelo de Polonia, donde la macrofauna del suelo de un bosque caducifolio disminuyó de 18-45 g.p.f.m<sup>2</sup> a 1,5 g.p.f.m<sup>2</sup> en un periodo de 20 años debido a la labranza (Riszkowski, 1985).

Estos resultados señalan que tanto en el bosque como en el sistema silvopastoril la contribución de lombrices (orden con mayor biomasa) fue mayor con respecto al sistema pastura natural, esta situación puede atribuirse posiblemente a la profusión y renovación de raíces en los pastos y a los buenos contenidos de materia orgánica producto del ciclaje de



nutrientes de los arboles, que permiten baja densidad aparente y por ende buena circulación de aire y humedad para el desarrollo. (Bonilla Burbano y Castro, 2007).

Al respecto, Peñaranda y Naranjo (1998), afirman que la cantidad de biomasa encontrada es directamente proporcional a la profundidad de los estratos, es decir, que en los estratos más profundos se encuentran aquellos organismos de mayor peso (Lumbriculidae y Coleóptera), lo cual hace que esos estratos tengan los mayores valores de biomasa.

### **Diversidad:**

Esta variable se midió a través de los índices, Simpson, Shannon, que son parámetros estandarizados cuyos resultados permitieron comparar el estado de la macrofauna en los diferentes usos y estratos del suelo.

El índice de Shannon correspondiente a la pradera, mostró menor diversidad con respecto al sistema silvopastoril y bosque. Demostrando que hay una pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat) (Erazo, 1999). (Tabla 10).

Tabla 10. Índices de diversidad para usos en vereda Estación Roso, Samaniego.2009

<b>uso</b>	<b>Simpson</b>	<b>Shannon</b>
<b>silvopastoril</b>	0,87	1,14
<b>bosque</b>	0,86	1,24
<b>pradera</b>	0,89	1,00

El índice de Simpson, demostró que el estrato 0-10cm posee mayor biodiversidad, con respecto a los demás, donde se tomó en cuenta la representatividad de las familias con mayor valor de importancia, sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001). Siendo estos dominados por organismos de un mismo orden y familia. (Tabla 11).

Tabla 11. Índices de diversidad para estratos en vereda Estación Roso, Samaniego.2009

Estratos	Shannon	Simpson
Mantillo	1,28	0,85
0-10cm	1,19	0,97
10-20cm	1,01	0,84
20-30cm	0,98	0,83

### Distribución vertical

Se presentaron diferencias altamente significativas entre los estratos 0-10cm y mantillo respecto a los estratos 10-20cm y 20-30cm, donde el mantillo indicó la mayor riqueza, con 6,75 ordenes/m<sup>2</sup>; este resultado se explica porque la mayor parte del alimento orgánico proviene de la capa vegetal (y de otros animales) que recubre el suelo y por lo tanto, la diversidad y el tamaño poblacional de los macroorganismos va a ser mayor en los estratos menos profundos (Navia, 2003). Una abundante y activa fauna de la hojarasca y del suelo puede ayudar a asegurar un reciclaje rápido de los nutrientes de las plantas (Fittkau y Klinge, 1973), lo que es particularmente importante para áreas cultivadas cuyos insumos son bajos y cuyos suelos son infértiles (Volhland y Schroth, 1999).

Para abundancia hubo diferencias significativas entre los estratos 0-10 cm, mantillo y los estratos 20-30 cm, 10-20 indicando mayores valores de abundancia en el estrato de 0-10 cm con 463.89 individuos m<sup>-2</sup> en promedio. Para biomasa se destacaron diferencias estadísticas significativas para los estratos de 0-10 cm, 10-20 cm y el mantillo en comparación a el estrato de 20-30 cm mostrando valores mayores en esta capa con 8.61gr en promedio. (Tabla 13).

Tabla 13. Distribución vertical para estratos del suelo en la vereda Estación Roso, Samaniego.2009. ( promedio de valores en cada estrato )

Estrato	Abundancia	Riqueza	Simpson	Shannon
Mantillo	187,44	6,75	0,85	1,28
0-10cm	463,89	6,48	0,97	1,19
10-20cm	134,22	3,91	0,84	1,01
20-30cm	179,67	3,91	0,83	0,98

## **CONCLUSIONES**

La macrofauna edáfica fue afectada considerablemente en los usos mas perturbados como la pradera, debido a que se afectaron las condiciones microambientales.

Los sistemas silvopastoril cumplen un papel muy importante en el accionar biológico de los suelos, puesto que diversifican la cobertura vegetal aportando grandes cantidades de biomasa y riqueza de organismos.

La abundancia de la macrofauna no se establece como un buen parámetro para conocer el buen estado de los suelos porque en general el más abundante no siempre es el más rico en especies o el más diverso.

Los sistemas silvopastoriles fueron los sistemas con mayor biomasa, permitiendo reafirmar que son una buena alternativa para el manejo de la parte biológica de los suelos.

El bosque es un buen sistema de referencia para comparar los demás usos y manejo del suelo, ya que presento los mejores indices de biodiversidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Nariño y a los doctores Jorge Vélez, Héctor Ordoñez y Amanda Silva por el apoyo en la realización de la tesis.

## **BIBLIOGRAFIA**

BONILLA, C; BURBANO, H; CASTRO, J. Abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos del terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. 2007. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, Colombia.

CORREIA F, Maria E; DE OLIVEIRA M, Luís C. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, feb. 2000. 46p. ISSN 1517-8498.

CORTÉS, A.; CHAMORRO, C.; VEGA A. 1990. Cambios en el suelo por la implantación de praderas, coníferas y eucaliptos en un área aledaña al embalse del Neusa (páramo de Guerrero). *Biol Suelo* (IGAC). 2 (1):101-114.

COYNE, M. Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. España. 2000.

ERAZO, H. 1999. Estudio de la macrofauna del suelo bajo plantaciones de pino (*Pinus patula* Schelech. Et Cham.) y eucaliptos (*Eucaliptus globulos* Labill.) en un suelo del altiplano de Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, programa de Ingeniería Agroforestal. Pasto, Colombia. 97p.

FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest. En: *Biotropica*, 5(1): pp 2-14.

GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4, 379–391.

HAMILTON, L.S., JUVICK, J.O. Y SCATENA, F.N. 1995. The Puerto Rico Tropical Cloud Forest Symposium: Introduction and workshop synthesis. En *Tropical Montane Cloud Forests* (eds. Hamilton L. S, Juvick, J. O. y Scatena, F. N.), pp. 1-23, Springer-Verlag, New York, USA.

HENROT, J.; BRUSSAARD, L. 1997. Abundance, and cast quality of earthworms in an acid ultisol under aller-cropping in the humid tropics. *Appl Soil Ecol* 6: 169 – 179.

LAVELLE, P.. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sci.* 165: 73-86.

LAVELLE, P. 1994. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function ISSS Congress, 15<sup>th</sup>, Acapulco, México.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). En: *Pedobiologia* 33:283-291.

NAVIA, J. 2003. Impacto de los diferentes sistemas de uso de la tierra sobre la biota del suelo en el departamento del Cauca. Palmira, Valle del Cauca. Colombia. Proyecto para Doctorado en Ciencias Agrarias: Énfasis en suelos. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, escuela de Postgrados. Palmira. pp 6-12.

NOAILLES, BOSCH. E., DA VEIGA, A. 2002. Pérdida de fertilidad de un suelo de uso agrícola. Publicado en el XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Cuba 2001. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Instituto de Suelos – Cautelar Centro de Investigación en Recursos Naturales. Pagina consultada en septiembre de 2005.

PEÑARANDA, M.R.; NARANJO, G.M. 1998. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petroférrico acroperox) del complejo migmático de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. *Suelos Ecuatoriales* (Colombia) 28: 273 – 277.

PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PBOT), municipio de Samaniego, 2002, 285 p.

RAZOWSKI, J. 1996. Tortricidae (Lepidoptera). Pp. 513-520. En: J.L. Llorente, A.N. García & E. González (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. UNAM, México, D.F.

RYSZOWSKI, L. 1985. Impoverishment of soil fauna due to agriculture. *Intelcol Bulletin* 12:7-17.

STILES, FRANK. 2000. Curso “Muestreo y análisis estadístico en investigaciones biológicas” Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Programa de Educación Ambiental, p 50.

STEEL, R & J TORRIE. 1993. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da edn. McGraw-Hill. México, D.F., México. 622 pp.

TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.; WANDELLI, E. 1999. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia cen- tral. En: *Acta Amazônic*, 29 (3): 477-495.

VILLALOBOS, F.J., R. ORTIZ-PULIDO, C. MORENO, N.P. PAVÓN-HERNÁNDEZ, H. 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de Zea maíz durante la fase postcosecha en la Mancha Veracruz, Mexico, Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma del estado de Morelos *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 80: 167-183.

VOLHLAND, K.; SCHROTH, G. 1999. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in Central Amazonia as affected by plant species and management. En: *Applied Soil Ecology*, (13): pp 57-68.

ZAKHAROV, A.A. 1990. Vertical structure of the ant communities and their role in the Peruvian selva. *Memorabilia Zool.*, 44: 1-11.

ZERBINO, S; ALTIER, N; MORON, A; RODRIGEZ C. 2007. Efecto del pastoreo de una pradera natural sobre la macrofauna del suelo. Pp 1-2. En: Seminario efecto del pastoreo de una pradera natural sobre la macrofauna del suelo, Tacuarembó Uruguay.