

**EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO BAJO DIFERENTES USOS
EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN, DEPARTAMENTO DE NARIÑO,
COLOMBIA ¹**

**EVALUATION OF SOIL MACROFAUNA UNDER DIFFERENT USES IN THE
MUNICIPALITY OF LA UNIÓN DEPARTMENT OF NARIÑO, COLOMBIA**

Milton Gamboa M. ²
Mauricio Alejandro Castillo M. ³
Jorge Alberto Vélez L. ⁴

El estudio se realizó en la vereda La Jacoba, Municipio de La Unión, Departamento de Nariño localizado a 1° 35'21" N y 77° 08'38" W; donde el objetivo fue evaluar la macrofauna en cinco sistemas de uso: *Coffea arabica* L, en monocultivo, *Coffea arabica* L. y *Musa sapientum* L, en asocio, lote *Coffea arabica* L. y *Eucalyptus globulus* L. en cerca viva, pastura de *Penisetium clandestinum*, y bosque. El muestreo se hizo siguiendo la metodología del Tropical Soil Biología And Fertility Programme (TSBF) Correia *et al.*, 2000, modificado 13 de septiembre del 2009. Los resultados indicaron que el bosque y el sistema agroforestal café con eucalipto en cerca viva presentaron mayor diversidad, biomasa, a diferencia del sistema pradera el cual determinó los niveles más bajos. Respecto a la distribución vertical se presentó mayor abundancia, riqueza y diversidad en el estrato de 0 a 10 cm, con 19 familias para un total de 3280 i.p.m², y una diversidad que vario de 1.16 para el sistema pradera y 2.76 para el sistema bosque según el índice de Shannon.

Palabras clave: Macrofauna, abundancia, riqueza, diversidad, distribución vertical

¹ Artículo presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agroforestal.

² Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia., E-mail. milton1586@hotmail.com

³ Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia., E-mail. macmalejo@gmail.com

⁴ Profesor Catedrático. M. Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail jvelezlozano@gmail.com

ABSTRACT

The study was carried in La Jacoba, Municipality of La Union, Narino Department located 1 ° 35'21"N and 77 ° 08'38"W, where the objective was to evaluate the macrofauna in five systems use: Lot of *Coffea arabica* L, in monoculture lot of *Coffea arabica* L. and *Musa sapientum* L., *Coffea arabica* L. lot near *Eucalyptus globules* L. and *Penisetium clandestinum* L. pasture and forest. The sampling was done following the methodology of the Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF) Oliveira *et al.*, 2000. As amended September 13, 2009. Unlike the grassland system which found the lowest levels. Respect the vertical distribution present higher abundance, richness and diversity in the stratum of zero to ten cm, with nineteen families for a total of 3280 i.p.m², and a diversity of 1.16 for the varies system 2.76 the prairie and forest system according to the Shannon index.

Key words: macrofauna, abundance, richness, diversity, vertical distribution.

INTRODUCCIÓN

Las acciones que realiza la macrofauna en la estructura del suelo, dinámica de la materia orgánica y depredación de organismos son consideradas benéficas, debido a que conducen generalmente a acelerar la disposición de nutrientes para las plantas, determinando así la importancia que desempeña la macrofauna en el mejoramiento de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo (Lavelle, 2000a). Donde la composición de las comunidades responde a las diferencias en las propiedades del suelo, como en la cantidad y calidad de los recursos Pardo *et al.*, (2006a). De esta forma se demuestra que en ambientes edáficos mejor conservados o estructurados, propician atributos como mayor abundancia (Sevilla *et al.*, 2002).

En la última década la diversidad de los diferentes sistemas de producción ha sido un tema de preocupación debido a los cambios causados en los ecosistemas por acciones realizadas por el hombre como actividades agrícolas, pecuarias y forestales (Lavelle, 2000b). Las cuales ocasionan grandes alteraciones en los procesos de la configuración del hábitat de los organismos que se desarrollan en ese medio, forjando así, efectos negativos en la diversidad de la macrofauna, y perturbando el buen funcionamiento del suelo (Zerbino *et al.*, 2007).

Pashanasi, (2001). Encontró que la macrofauna del bosque primario, no intervenido e intervenido, tiene una diversidad muy rica. Asimismo, su abundancia (382 a 853 individuos/ m²) y su biomasa, dominada por oligochaetas, isópteras y miriápodos (57,8 a 91,1 g.p.f.m²), las cuales son bastante altas, Las pasturas tienen baja diversidad. La abundancia de su población varía en un rango de 654 a 1034 individuos/m². Su biomasa es de 38,4 a 165,9 g.p.f.m². Finalmente, los sistemas agroforestales con cobertura de leguminosas tienen la más alta diversidad, lo contrario ocurre en los sistemas con cobertura de malezas, que están por debajo del bosque primario este tiene una abundancia que se encuentra en un rango que va desde 557 hasta 2896 individuos/m², mientras que su biomasa varía entre 18,5 y 170,5 g.p.f.m², debido a la conservación de gran parte de la biodiversidad

del bosque. De igual manera con respecto a la diversidad de macrofauna la caracterización físico química del suelo en tres coberturas vegetales y su relación con la macrofauna del suelo indica que la mayor diversidad se encontró en la plantación de pino, presentando un índice de 3.21 (Rodríguez, 2005a). Por otra parte el estudio de abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos del terreno en el altiplano de Pasto, Colombia encontró que en el bosque secundario el 38,5% de la comunidad estuvo representado por oligoquetos, en la pradera de kikuyo el 35.2% de la comunidad estuvo representado por el orden acarina, En la de Ryegrass, el 47.9% de la comunidad estuvo representada por oligoquetos. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los usos de suelo para la variable abundancia de lombrices y según la prueba de Tukey el número de individuos fue significativamente diferente entre el bosque secundario y la pradera de kikuyo (Bonilla *et al.*, 2007a).

Dada la importancia de la macrofauna del suelo, el objetivo de este trabajo fue evaluar los macroinvertebrados en cinco usos del suelo, para observar la influencia de los diferentes sistemas sobre sus comunidades, caracterizando taxonómicamente la macrofauna presente en la vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la vereda la Jacoba, Municipio de La Unión, Departamento de Nariño, localizado a 1° 35'21'' N y 77° 08'38''W, perteneciendo a una clasificación climática que corresponde a (bh-PM) bosque húmedo premontano, con una altura de 1800 m.s.n.m, una precipitación promedio anual de 1200 mm/año, una temperatura promedio de 13° C (IGAC, 1996). La vereda la Jacoba tiene un área total de 4020 has de las cuales 2110 están dedicadas a la caficultura y 800 has dedicadas a la ganadería (F.N.C, 2009).

Son suelos Andisoles que pertenecen al sub grupo (Typic dystrandept), van de profundos a superficiales bien drenados, buena retención de humedad, textura franco gruesa y franco gruesa sobre arcillosa fina, color en húmedo negro, textura al tacto franca y franco arenosa, susceptibles a compactarse, abundante actividad de microorganismos, raíces abundantes,

pH 4.5, Material parental proveniente de cenizas y arenas volcánicas, encontrados en un relieve fuertemente ondulado y quebrado con pendientes que varían entre un 25 a 50 % (E.O. T, 2008).

En la evaluación de la macrofauna se obtuvieron muestras al azar de diferentes sitios de los usos del suelo: Monocultivo *Coffea arábica L.*, pradera de *Pennisetum clandestinum L.*, sistema agroforestal *Coffea arábica L.* y *Eucalyptus globulus L.* en cerca viva, sistema en asocio *Coffea arábica L.* y *Musa sapientum L.*, y bosque. Para el muestreo se utilizó la metodología del Programa Tropical Soil Biology and Fertility modificada (TSBF) (Correia *et al.*, 2000).

Donde se seleccionaron tres repeticiones de cada uso del suelo, y se obtuvo un monolito en cada uso, correspondiendo a tres monolitos por uso Pardo *et al.*, (2005). Cada monolito tiene un área de 0.0625 m², y una altura de 30 cm, el cual se dividió en cuatro estratos: mantillo, de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, de 20 a 30 cm Bonilla *et al.*, (2007b). Posteriormente se procedió a recolectar y ubicar minuciosamente con la ayuda de pinzas la macrofauna existente en cada estrato, en un recipiente con alcohol al (70%) y las lombrices en formol al (5%), etiquetada previamente por estratos sitios y usos, los organismos obtenidos manualmente se contabilizaron y pesaron para ser identificados hasta nivel de familia y en algunos casos sólo hasta clase y orden en los Laboratorios especializados y de Entomología perteneciente a La Universidad de Nariño. Finalmente los datos se transformaron con la fórmula $\sqrt{y+0.5}$ (Steel y Torrie.1992). Se realizó un análisis de varianza (Stiles, 2000); y se utilizó pruebas de comparación de medias de Tukey para abundancia, riqueza, diversidad y biomasa por uso y estrato en la macrofauna del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ABUNDANCIA

El número de individuos, en los cinco usos de producción fueron de 11792 i.p.m², los valores más altos son representado por: el bosque con 4304 individuos por m² donde predominaron los órdenes Anélida, Coleoptera, Blataria, Diptera, Spirobolida seguido por el uso café en asociado con banano con 2576 i.p.m² presentando los siguientes órdenes, Dermaptera, Hymenoptera, Coleoptera, Anélida, finalmente en el uso café eucalipto en cerca viva se encontraron 2448 i.p.m² representado por los siguientes órdenes Araneae, Hymenoptera, Anélida y Coleoptera, como los de mayor abundancia (Tabla1).

Tabla 1. Abundancia de los órdenes de macroorganismos en cinco usos del suelo en la vereda La Jacoba La Unión Nariño (N° de individuos m²), 2009.

ORDEN	Monocultivo de café		Café con Eucalipto en cerca viva		Café asociado con banano		Pradera		Bosque		TOTAL
	N° i.p.m ²	%	N° i.p.m ²	%	N° i.p.m ²	%	N° i.p.m ²	%	N° i.p.m ²	%	N° i.p.m ²
Araneae	0	0,0	224	9,2	0	0,0	80	5,6	64	1,5	368
Blataria	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	288	6,7	288
Coleoptera	560	53,8	800	32,7	1168	45,3	416	29,2	1616	37,5	4560
Diptera	128	12,3	64	2,6	144	5,6	0	0,0	416	9,7	752
Dermaptera	0	0,0	16	0,7	352	13,7	0	0,0	0	0,0	368
Hymenoptera	64	6,2	480	19,6	176	6,8	96	6,7	0	0,0	816
Isópoda	32	3,1	160	6,5	96	3,7	16	1,1	0	0,0	304
Lepidoptera	64	6,2	16	0,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	80
Anelida	128	12,3	688	28,1	608	23,6	800	56,2	768	17,8	2992
Onychophora (phylum)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	64	1,5	64
Phasmida	0	0,0	0	0,0	32	1,2	16	1,1	48	1,1	96
Psocoptera	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	224	5,2	224
Spirobolida	64	6,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	816	19,0	880
TOTAL	1040	100	2448	100	2576	100	1424	100	4304	100	11792

Fuente: Esta investigación.

El análisis de varianza indicó diferencias estadísticas altamente significativas entre los usos, sin embargo no se encontraron diferencias entre estratos ni entre su interacción (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de Varianza para la variable Abundancia, en cinco usos del suelo en la Vereda la Jacoba La Unión Nariño, 2009.

Análisis de Varianza.					
Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Factor Tabulado
Modelo	19	914.249602	48.118400	1.22	0.2912
Estrato	3	75.3925415	25.1308472	0.64	0.5959 ^{ns}
Uso	4	604.2511101	151.0627775	3.83	0.0100 ^{**}
Estrato*uso	12	234.6059504	19.5504959	0.50	0.9053 ^{ns}
Total	59	2493.624227			

ns: No presenta diferencias significativas ($p < 0.01$).

** : Presenta diferencias altamente significativas ($p < 0.01$).

Fuente: Esta investigación.

La prueba de comparación de medias (Tabla 3) indica que el sistema bosque, sistemas café eucalipto, y café asociado con banano presentaron diferencias estadísticas altamente significativas a una ($p < 0.01$) frente a la pradera y el monocultivo, evidenciando así que las comunidades de macrofauna presentes en los diferentes sistemas de uso del suelo están determinadas por la disposición de recursos para su supervivencia, y la modificación del suelo para desarrollar actividades agrícolas (Lavelle, 2001a).

Tabla 3. Pruebas de comparación de medias de Tukey para la variable Abundancia en cinco usos del suelo en la vereda la Jacoba La Unión Nariño, 2009.

Prueba de comparación de medias Tukey para usos en el municipio de La union, Nariño, 2009.

Grupo	Promedios	Uso
a	17.569 (358.67)	Bosque
ab	13.748 (204.00)	Café con Eucalipto en cerca viva
ab	12.134 (198.00)	Café asociado con banano
b	9.519 (119.33)	Pradera
b	8.730 (86.67)	Monocultivo Café

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Medias transformadas $\sqrt{y+0.5}$ (Medias originales).

Fuente: Esta investigación.

Los sistemas de producción en monocultivo han disminuido el número de individuos en las comunidades de macrofauna como resultado del control intensivo de malezas con herbicidas y la eliminación de árboles de sombra para elevar su área de producción (Baca *et al.*, 2002). Según Cardoso *et al.*, (2003) la cobertura arbórea provee a los sistemas agroforestales, hojarasca y ramas las cuales son la base de nutrientes y energía de los organismos del suelo, y la sombra los protege de los cambios bruscos de temperatura presentando una mayor cantidad de organismos en comparación con sistema de café en monocultivo.

Según Spain *et al.*,(2001) la macrofauna colectada en ecosistemas naturales y manejados puede ser diferente en cada sistema, donde la abundancia y diversidad de la fauna del suelo puede ayudar a asegurar una eficiente reciclaje de nutrientes y un rápido crecimiento de las plantas, como también la alta diversidad de poblaciones de macrofauna encontrados en el sistemas agroforestales son de gran importancia benéfica sobre los suelos principalmente por que ayudan a acelerar la descomposición de los diferentes residuos del suelo.

RIQUEZA

Los sistemas con el mayor número de familias por metro cuadrado fueron el bosque con 15 familias los órdenes característicos en este sistema son: orden Coleoptera con cinco familias Chrysomelidae, Curculionidae, Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Coccinellidae; Diptera con dos familias Asilidae y Stratyomidae; Araneae con dos familias Salticidae y Solifuga; seguido del sistema Café eucalipto en cerca viva con once familias representado por el orden Coleoptera con dos familias Ptilodactylidae y Scarabaeidae, Araneae con dos familias Salticidae y Solifuga; finalmente el sistema café asociado con banano: con nueve familias representados por el orden Coleoptera con dos familias Scarabaeidae y Ptilodactylidae; Hymenoptera con dos familias Formicidae y Sphecidae (Tabla 4).

Tabla 4. orden y familia en cinco usos del suelo en la vereda la Jacoba La Unión Nariño, 2009.

	ORDEN	FAMILIA		ORDEN	FAMILIA
Monocultivo Café	Coleoptera	Scarabaeidae	Pradera	Araneae	Tetragnathidae
	Diptera	Bombilidae			Salticidae
		Anisopodidae		Coleoptera	Scarabaeidae
		Therevidae		Hymenoptera	Formicidae
	Isopoda	Porcellionidae		Isopoda	Porcellionidae
	Lepidoptera	Gelechiidae		Anelida	Lumbricidae
	Anelida	Lumbricidae		Phasmida	Bacunculidae
	Spirobolida	Rhinocricidae			
	Hymenoptera	Formicidae			
Café con Eucalipto en cerca viva	Araneae	Solifuga	Bosque	Araneae	Solifuga
		Salticidae			Salticidae
	Coleoptera	Ptilodactylidae		Blataria	Blattellidae
		Scarabaeidae		Coleoptera	Scarabaeidae
	Dermaptera	Forficulidae			Ptilodactylidae
	Diptera	Culicidae			Crysmelidae
	Hymenoptera	Formicidae			Curculionidae
		Sphecidae			Coccinellidae
	Isopoda	Porcellionidae		Diptera	Stratyomidae
	Lepidoptera	Gelechiidae			Asilidae
Anelida	Lumbricidae	Anelida	Lumbricidae		
Café asociado con Banano	Coleoptera	Ptilodactylidae	Onychophora (phylum)	Peripatidae	
		Scarabaeidae	Phasmida	Bacunculidae	
	Dermaptera	Forficulidae	Psocoptera	nn	
	Diptera	Culicidae	Spirobolida	Rhinocricidae	
	Hymenoptera	Formicidae			
		Chalcididae			
	Isopoda	porcellionidae			
	Anelida	Lumbricidae			
	Phasmida	Bacunculidae			

Fuente: Esta investigación.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas para usos y estratos, no existiendo diferencias significativas para la interacción uso*suelo (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable Riqueza, en cinco usos del suelo en la vereda La Jacoba La Unión Nariño 2009.

Análisis de Varianza.					
Fuente De Variación	Gl	Suma De Cuadrados	Cuadrado Media	Valor De F	Factor tabulado
Modelo	19	5.37688664	0.28299403	2.41	0.0094
Estrato	3	2.03764933	0.67921644	5.79	0.0022**
Uso	4	2.59787756	0.64946939	5.54	0.0012**
Estrato * uso	12	0.74135975	0.06177998	0.53	0.8844 ^{ns}
Error	40	4.69111504	0.11727788		
Total	59	10.06800168			

*: Presenta diferencias significativas ($p < 0.05$)

** : Presenta diferencias altamente significativas ($p < 0.01$)

ns: No presenta diferencias significativas ($p < 0.01$)

Fuente: Esta investigación.

La prueba de comparación de medias para estratos (Tabla 6), indica que el estrato de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm, presentan diferencias estadísticas significativas frente al estrato 20 a 30 cm, y mantillo, donde se presentaron los valores mas bajos de riqueza manifestando que a medida que se profundiza en el perfil del suelo disminuye el contenido de oxígeno y de materia orgánica que proporciona el hábitat y alimento para desarrollarse (Pardo *et al.*, 2006b), existiendo un predominio de la macrofauna en el estrato de 0 a 10 cm, de profundidad, dicho comportamiento puede estar relacionado con el suelo que se forma por la adición de hojarasca o follaje; la presencia del árbol en los sistemas hace que la temperaturas disminuyan en comparación a los terrenos abiertos, constituyéndose en alternativas para lograr la colonización (Lavelle, 2001b). Sin embargo no presentaron diferencias significativas en la interacción uso estrato.

Tabla 6. Pruebas de comparación de medias Tukey para la variable Riqueza, en 4 estratos del suelo en la vereda la Jacoba La Unión Nariño 2009.

Prueba de comparación de medias Tukey para estratos en el municipio de La Unión Nariño, 2009.

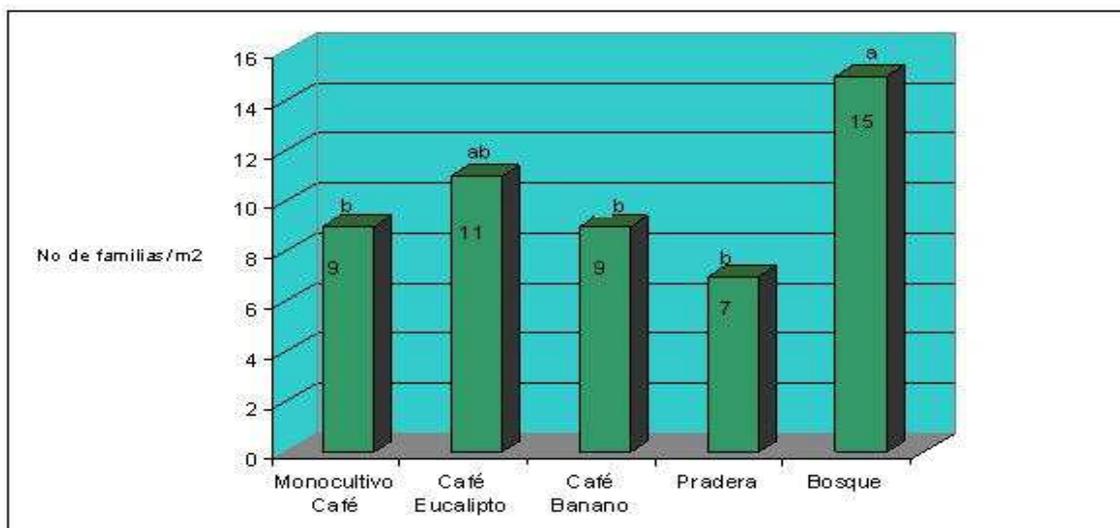
Grupo	Promedios	Estratos
a	2.0419 (3.8)	0-10
ab	1.9020 (3.3)	10-20
b	1.6725 (2.3)	20-30
b	1.5749 (2.2)	Mantillo

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas
 Medias transformadas $\sqrt{y+0.5}$ (Medias originales)

Fuente: Esta investigación.

La prueba de comparación de medias para usos (Figura 1) indica que los sistemas bosque y café eucalipto presentaron diferencias estadísticas significativas frente al sistema café asociado con banano, monocultivo de café y pradera.

Figura 1: Riqueza de familias en cinco usos del suelo en la vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño. (No de familias/m²).



Promedios con la misma letra no presenta diferencias significativas.

Fuente: Esta investigación.

Indicando que la riqueza de especies es más alta en el bosque y en los sistemas agroforestales que en sistemas de producción sin presencia de árboles, gracias a la heterogeneidad de la vegetación, la disponibilidad de alimento para las especies, la compleja estructura de la vegetación que provee sitios de hábitat y brinda mejor protección que en sistemas agropecuarios más simples, varios autores señalan que los sistemas agroforestales contienen una mayor y más compleja comunidad de invertebrados (50-90 %), que las praderas sin la presencia de árboles, lo cual contribuye a explicar una mayor diversidad (Dennis, 2001), la eliminación de la sombra en los sistemas de producción genera impactos negativos en el hábitat de las diferentes especies de la macrofauna disminuyendo su diversidad debido a la falta de cobertura la cual le brinda alimento y un mejor microclima para su estabilidad (Montenegro, 2005).

DIVERSIDAD

Los sistemas bosque y café en cerca viva de eucalipto indicaron mayor diversidad (2.76 y 2.52 respectivamente (Tabla 7), representados por el orden coleoptera con las familias Curculionidae, Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Coccinellidae y Crysomelidae a diferencia del sistema pradera el cual posee los valores más bajos con (1.16) representados por el orden coleoptera con la familia (Scarabaeidae) y el orden anélida con la familia (Lumbricidae) según el índice de Shannon.

Los sistemas agroforestales con café han demostrado tener un papel importante en la conservación de diversidad biológica en paisajes agrícolas. Somarriba *et al.* (2001), por otra parte se determina que la pérdida acelerada de diversidad tanto en la superficie o interior del suelo se debe al incremento de los sistemas agrícolas e implementación de los sistemas en monocultivo, uso de agroquímicos y daños excesivos por actividades como la deforestación (FAO, 2002). Por este motivo se debe tener en cuenta a los sistemas agroforestales debido a que pueden proporcionar una serie de beneficios ambientales en la estabilidad de los factores del clima como precipitación, temperatura y humedad las cuales

contribuyen a mantener un equilibrio dentro de los diferentes componentes biológicos permitiendo un buen desarrollo de los organismos que la habitan (Jiménez, *et al.*, 2001).

Tabla 7. Diversidad en cinco usos y manejos del suelo en la vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño, (Sumatoria de valores en cada uso del suelo).

Sistemas y Usos del Suelo	Familias	Abundancia	Riqueza	Shannon
Sistema Café Monocultivo	9	1648	9	1,58
Sistema Café con Eucalipto en cerca viva	11	2448	11	2,52
Sistema Café asociado con banano	9	2576	9	1,8
Sistema Pradera	7	1328	7	1,16
Sistema Bosque	15	4144	15	2,76

Fuente: Esta investigación.

BIOMASA

La biomasa de la macrofauna fue mas alta en el sistema bosque con un valor de 822,8 gramos de peso fresco por metro cuadrado (g.p.f.m²), seguido por los sistemas agroforestales café con eucalipto en cerca viva y café asociado con banano con 568 g.p.f.m² y 435 g.p.f.m² respectivamente, finalmente se encuentran el sistema café en monocultivo con 231 g.p.f.m² y el sistema pradera con 204 g.p.f.m².

El análisis de varianza determina que no hay diferencias significativas para estratos y su interacción pero detectó diferencias significativas para usos (Tabla 8).

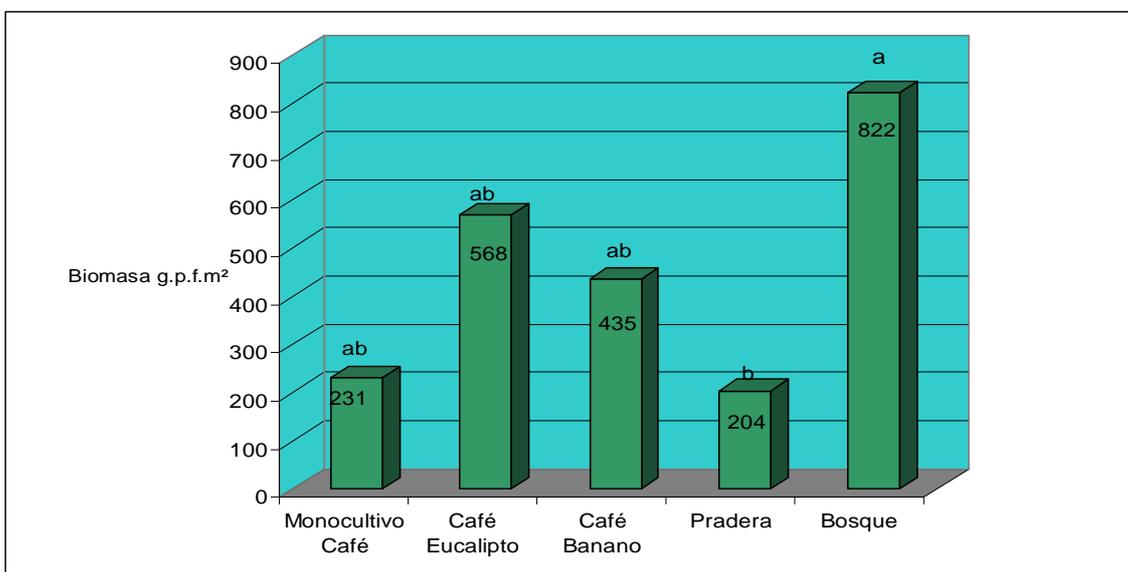
Tabla 8. Análisis de Varianza para la variable Biomasa en los cinco usos y manejos del suelo en la vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño 2009.

Análisis de Varianza.					
Fuente De Variación	Gl	Suma De Cuadrados	Cuadrado Media	Valor De F	Factor tabulado
Modelo	19	223.0397976	11.7389367	1.39	0.1849
Estrato	3	22.6265091	7.5421697	0.90	0.4519 ^{ns}
Uso	4	106.6476452	26.6619113	3.17	0.0237*
Estrato*Uso	12	93.7656433	7.8138036	0.93	0.5296 ^{ns}
Error	40	336.9266871	8.4231672		
Total	59	559.9664847			

Fuente: Esta investigación.

La prueba de comparación de medias (Figura 2), indica que el sistema bosque, café eucalipto, café bajo sombra de banano y monocultivo de café presentaron diferencias estadísticas frente a la pradera, por su mayor contenido en (g.p.f.m²).

Figura 2. Valores de biomasa en los cinco usos y manejos del suelo en la Vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño. (g.p.f.m²).



Usos con la misma letra no presenta diferencias significativas.

ns: No presenta diferencias significativas ($p < 0.01$).

*: Presenta diferencias significativas ($p < 0.05$).

Fuente: Esta investigación.

La variación de biomasa de las poblaciones de macrofauna en los sistemas de producción se debe algunas características del suelo como son los contenidos de materia orgánica y la estructura, las alteraciones de las condiciones climáticas como la cantidad y frecuencia de precipitación, el uso y manejo del suelo para actividades agropecuarias y el caso de las quemadas (García, 2005).

La presencia de los árboles naturalmente o por su establecimiento en sistemas de producción, es una de las principales estrategias para mantener la diversidad y por ende su biomasa debido a que proveen un hábitad adecuado para numerosas especies, en sus diferentes estratos (Rodríguez, 2002b). Según Bonilla *et al.*, (2007c), afirman que la biomasa de artrópodos se favorece cuando la labranza realizada por agricultores ya sea por herramientas o maquinaria pesada y el continuo sobrepastoreo no se realizan, donde no se perturba el hábitad de los diferentes organismos del suelo que se desarrollan en este medio.

Por otra parte las comunidades edáficas de macrofauna pueden ser afectadas en su abundancia y por ende en su biomasa por prácticas agropecuarias tales como la intensidad de laboreo, la diversificación de cultivos y el pastoreo con rumiantes, donde la superficie de los suelos de las pasturas se enlodan por efecto de un intenso pastoreo en tiempo húmedo, ello puede reducir las poblaciones de macrofauna y por ende su biomasa incluso restringirla a las de vida profunda, prefiriendo suelos de texturas francas con buena aireación, abundante contenido orgánico y un nivel equilibrado de humedad (Altier *et al.*, 2005).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

Los estratos (Mantillo 0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm), presentaron diferencias importantes, donde el estrato de 0 - 10 cm indicó los mejores valores en cuanto a riqueza, con 19 familias para un total de 3280 individuos por m², mayor valor de biomasa con 696.5 g.p.f.m² y mayor diversidad 2.61, por otra parte los valores más bajos de diversidad se encontraron en el estrato 20 a 30 cm., en cuanto a riqueza 8 familias para un total de 2800

individuos por metro cuadrado, un valor de biomasa de 403,8 g.p.f.m², y menor diversidad de 1.48 (Tabla 9).

Tabla 9: Distribución vertical en cinco usos y manejos del suelo en la vereda La Jacoba municipio de La Unión Nariño, (Sumatoria de valores en cada estrato), 2009.

Estratos	Abundancia	Riqueza	Índice de diversidad Shannon	Biomasa
Mantillo	2288	13	1.99	231
0 a 10 cm	3280	19	2.61	696,5
10 a 20 cm	3424	14	2,02	612
20 a 30 cm	2800	8	1,48	403,8

Fuente: Esta investigación.

Debido a que la mayor parte del alimento orgánico que esta a disposición de la macrofauna proviene de la capa vegetal y de otros animales que recubren el suelo, por lo cual la diversidad poblacional aumenta. (Navia, 2003). Teniendo en cuenta que la distribución de la macrofauna en el perfil del suelo esta determinada por la humedad y temperatura que le brinda el contenido de materia orgánica donde la humedad es un factor esencial que determina el grado de actividad y la localización de las lombrices en los suelos, ya que son organismos de respiración cutánea y extraen del suelo el agua que ingieren (Jiménez *et al.*, 2003). Dentro de los sistemas agroforestales el componente arbóreo influye positivamente en las comunidades de macrofauna de los diferentes estratos del suelo logrando ambientalmente la regulación del microclima, evitando que el suelo se sobrecaliente, aumentando los niveles de materia orgánica por la adición de hojarasca raíces y tallos, generando habitas adecuados para el incremento de las poblaciones biológicas que son las encargadas de descomponer y trasportar por los diferentes perfiles estos residuos (Otiniano *et al.*,2002).

CONCLUSIONES

La mayor abundancia se presentó en los usos bosque, café eucalipto, café bajo sombra de banano y la menor se presentó en la pradera y el monocultivo. Evidenciando así que las comunidades de macrofauna presentes en los diferentes sistemas de uso del suelo están determinadas por la disposición de recursos para su supervivencia, y la modificación del suelo para desarrollar actividades agrícolas.

La mayor riqueza se encontró en el sistema bosque, seguido del sistema agroforestal café eucalipto en cerca viva, frente a los sistemas de menor riqueza como son el monocultivo de café, café bajo sombra de banano y pradera, esto se debe a la presencia del árbol en los sistemas que hace que las temperaturas disminuyan en comparación a los terrenos abiertos, constituyéndose en una alternativa para lograr la colonización de la macrofauna del suelo.

La mayor diversidad determinada a través del índice de Shannon está representada por el bosque, y sistema de café en cerca viva de eucalipto y la menor se evidencia en el sistema pradera esto debido a que la presencia de árboles en los diferentes sistemas de producción brindan estabilidad en las diferentes poblaciones de macrofauna.

Para la distribución vertical el estrato de 0 a 10 cm indicó los mejores valores en cuanto a riqueza, el mayor valor de biomasa, y por ende mayor diversidad de la población de macrofauna. En este estrato la presencia de materia orgánica y oxígeno permiten el desarrollo adecuado de las diferentes especies de macrofauna.

La mayor biomasa se presentó en los usos bosque, café eucalipto, café bajo sombra de banano y monocultivo de café y la menor se la encontró en el sistema pradera, debido a que presentan mayor contenido de materia orgánica y estabilidad en las condiciones ambientales.

Los sistemas agroforestales café con eucalipto en cerca viva, y café bajo sombra de banano, de acuerdo con la biodiversidad de la macrofauna presente tuvieron mejores resultados en comparación con los sistemas de monocultivo de café y pradera, y se puede determinar estadísticamente que su efecto biológico es benéfico entre sus componentes.

AGRADECIMIENTOS

A las instituciones que apoyaron el desarrollo de este trabajo de investigación:

Universidad de Nariño.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

A nuestros familiares, amigos y docentes: Jorge Alberto Vélez Lozano, Jorge Fernando Navia, Amanda Silva Parra y Mauricio Valencia.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE LA UNIÓN NARIÑO. Esquema de Ordenamiento Territorial.

ALTIER, N; BAJSA, N; GASTÓN, A. 2003. Biodiversidad del suelo bajo diferentes sistemas de producción. Uruguay .pp3-4

ALTIER, N; ZERBINO, A; MORÓN, A. 2005. Biodiversidad del suelo bajo diferentes sistemas de producción. XXI Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul Grupo Campos. Desafíos e oportunidaes do Bioma Campos frente a Expansao e Intensificacao Agrícola.

BACA, B; SOTO, L; PARDO, M. 2002. Fijación biológica del nitrógeno y agricultura orgánica versus agricultura convencional. Revista. Elemento numero-38.

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.

CARDOSO, I; BODDINGTON, C; JANSSEN, B; OENEMA, O; KUYPER, T. 2003. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. *Agroforestry Systems* 58:33–43.

CORREIA, F; MARIA, E; OLIVEIRA, M; LUÍS C. 2000. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 46p. ISSN 1517-8498.

DENNIS, P, 2001. Los cambios en los ensambles de especies de artrópodos en relación con el establecimiento silvopastorales en los pastizales de montaña. *7(3)* 14 -21.

FAO, 2002. Informe del Taller Técnico Internacional organizado por EMBRAPA-Soybean, en Londrina, Brasil, del 24 al 27 de junio (Informe No.101 Mundial de FAO sobre Suelos, FAO, Roma, 2002). Disponible también en: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/soilbiod/docs/WSRR%20101%20Complete.pdf>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. BOGOTÁ. COLOMBIA 2009 Sistema de información cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Informe final. Bogotá, FNC, 178P

GARCIA, D. 2005. Asignatura de Ecología, 3er Curso Licenciatura de Biología Prácticas de Graf América. México 622 p.

IGAC, 1996. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, Subdirección de Agrología, Suelos de Colombia, Bogotá: Canal Ramírez Antares LTDA. 1995. 460p.

JIMENES, J; MORENO, G; DECAENS, T; LAVELLE, P. 2003. Comunidades de lombrices en las sabanas nativas y en los pastizales introducidos en los llanos orientales de Colombia. Colombia. Cali. CO. pp 57-75.

LAVELLE, P. 2000. El impacto de El de la fauna del suelo en las propiedades del suelo en los trópicos sumid. En: Mitos y Ciencia de los suelos de los trópicos. pp.23.29.

LAVELLE, P. 2001. Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers, Países Bajos. 654 p

MONTENEGRO, J. 2005. Efectos del aporte de nutriente de la biomasa de tres tipos de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Tesis Mag. Se. Turrialba, Costa Rica, CATIE. PP.12-25

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 en ciencias agrarias: énfasis en suelos. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, escuela de postgrados. Palmira. pp 6-12.

OTINIANO, A; PEREZ, R; COSTA, R. 2002. Efecto de la sombra y la fertilización de hongos, bacterias y macroorganismos del suelo en café variedad Catimor. Villa Rica, selva central del Perú. Café Cacao. Pp 74-77.

PARDO, L. CLAUDIA; VÉLEZ. F; SEVILLA, E. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los andes colombianos. Universidad del Valle, Investigación desarrollada con la orden de trabajo 5102 del Grupo Empresarial Sostenible CVC. Editado para publicación en el marco de la disertación doctoral en Biología, pp1-2

PARDO, L; CLAUDIA, P; VÉLEZ, F. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos, Universidad del Valle sede Palmira, Colombia.

PASHANASI, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, volumen 12 numero 1-2 pp 75 97.

RODRÍGUEZ C, 2005. Caracterización físico-química del suelo en tres coberturas vegetales y su relación con la macrofauna del suelo en la vereda La Josefina municipio de Pasto, Nariño, 2005. Trabajo de grado (Ingeniera Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

SEVILLA, F; OBERTHÜR, T; USMA, H; ESCOBAR, G; PARDO L; NARVÁEZ, G. 2002. Exploración de la presencia y abundancia de la cleopterofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca. En: Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, 37. Ponencias. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 274 p.

SOMARRIBA, E; BEER, J; MUSCHLER, G. 2001. Los métodos de investigación para los estratos múltiples sistemas agroforestales con café y el cacao: las recomendaciones de dos décadas de investigación en el CATIE. *Agroforestry Systems* 53(2):195-203.

SPAIN, A; LAVELLE, P; MARIOTTI, A. 2001. Stimulation of plant growth by tropical earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 24:1629-1633.

STEEL y TORRIE. 1992. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial

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. Wisconsin. pp. 157-185.

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.