

**EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO ASOCIADA A
DIFERENTES SISTEMAS CON *Coffea arábica* L**

**EVALUATION OF THE MACROFAUNA OF THE FLOOR ASSOCIATED TO
DIFFERENT SYSTEMS WITH *Coffea arábica* L**

Aracely Del Socorro Burbano O.¹

Gilma Delgado G.¹

Amanda Silva P.²

RESUMEN

El estudio se realizó en la vereda El Salado, municipio de San Pedro de Cartago, Departamento de Nariño localizado a 1° 32'21'' N y 77° 06'41''W; se evaluó la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas productivos de café: *Coffea arábica* L en monocultivo, *Coffea arábica* L y *Musa sapientum* L, *Coffea arábica* L e *Inga edulis* Ly bosque. El muestreo se hizo siguiendo la metodología del Tropical Soil Biología And Fertility Programe modificada (TSBF). Los resultados indicaron que el bosque y el sistema agroforestal *Coffea arábica* L e *Inga edulis* L., presentaron una mayor diversidad y biomasa, a diferencia del sistema *Coffea arábica* L en monocultivo 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 15 familias para un total de 4496 individuos por metro cuadrado (i.p.m²), y una diversidad que vario de 0,32 para el sistema *Coffea arábica* L e *Inga edulis* L: y 0,52 para *Coffea arábica* L en monocultivo según el índice de Simpson.

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

¹ Estudiantes Programa de Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia., E-mail. Safryara@gmail.com; Gil.delgado@gmail.com.

² Profesora Catedrática. M. Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail. amanda.silvaparra@gmail.com.

ABSTRACT

The study happens in the Salado, Municipality of San Pedro De Cartago, Narino Department located 1 ° 35'21"N and 77 ° 08'38"W, It is land associated with different ways of production to *Coffea arabica L.* and *Musa sapientum L.*, *Coffea arabica L.* lot near *Inga edulis L.* and monogrowing and the forest. The sample did, following the Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF) Oliveira *et al.*, 2000. The result speaks that the forest and the agoforest system; presented the most diversity and biomass. The *Coffea arabica L.* was different, because it found the lowest level. Respect to the vertical distribution most productivity and diversity in the level 0 to 10 cm, with 15 families that made 4496 i.p.m², and a diversity index of 0,32 the system *Coffea arabica L.* and *Inga edulis L.* 0,52 to the monogrowing according to Simpson index.

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

INTRODUCCIÓN

En Colombia se han transformado alrededor del 70% de los ecosistemas originales por actividades forestales y agropecuarias. Los ecosistemas son los responsables de los servicios ambientales tales como polinización, regulación hídrica, eliminación de la contaminación., entre otros. Cuando hay alteraciones de procesos ecológicos se reflejan cambios o pérdidas de estos servicios como la simplificación de redes tróficas cambios en la estructura en el ensamblaje de la flora, microorganismos y macrofauna del suelo (Cenicafé, 2005).

El cambio del uso del suelo es una de las actividades humanas cuya influencia es muy significativa en la capacidad de los ecosistemas para prestar ciertos servicios ambientales y mantener una buena calidad de suelo. Adicionalmente, la simplificación de los ecosistemas causada por actividades humanas como la agricultura hace que este nuevo ecosistema

modificado no pueda proveer de todos los servicios que prestaba anteriormente afectando los procesos base del ecosistema tales como la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes(Lavelle 2001).

Los cafetales son un modelo que sirve para demostrar los efectos de la intensificación sobre la diversidad. Se han realizado estudios en agroecosistemas cafeteros a libre exposición y bajo sombrero sobre temas de descomposición, abundancia de grupos funcionales de macrofauna. Sin embargo, se desconoce si estos cambios también se reflejan en efectos positivos o negativos sobre el proceso de descomposición de la materia orgánica. Estos cambios podrían influir la disponibilidad de nutrientes y la funcionalidad del suelo, afectando drásticamente la habitar de las comunidades de los macroinvertebrados del suelo (Cenicafé, 2005).

La producción de café en Colombia y en la zona Norte del Departamento de Nariño por efecto de la revolución verde la cual pretendía mejorar la productividad de los cafetales utilizando variedades mejoradas, mas uso de agroquímicos, mayor densidad de siembra, eliminación total de árboles de sombra generó varios impactos negativos entre los cuales se pueden mencionar erosión del suelo, pérdida gradual de la materia orgánica y cobertura de la hojarasca proveniente de los árboles de sombra (Bermudez, 1980), un menor aporte de nutrientes al café por la falta de descomposición de esta misma hojarasca, cambios en el microclima del cafetal (Cardona y Siavosh, 2005), originando una menor diversidad funcional de organismos en los suelos (Scullionetal, 2002; Monterrey etal, 2001; Cenicafé, 2005), disminuyendo la sostenibilidad del sistema y la calidad de los suelos (Cenicafé, 2005).

En la última década la diversidad de los diferentes sistemas de producción han sido un tema de preocupación debido a los cambios en los ecosistemas por acciones realizadas por el hombre con actividades agrícolas, pecuarias y forestales (Lavelle, 2000). 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). Estudios sobre la acción de la macrofauna mostraron que la estructura de los macroinvertebrados fue más compleja en ambientes edáficos mejor conservados o estructurados presentándose una mayor diversidad y abundancia de grupos depredadores, además, sustentaron la importancia ecológica de la costumbre de los agricultores de dejar descansar suelos que muestran síntomas de infertilidad (Sevilla *et al.*, 2002).

Con base en lo anterior se evaluó la macrofauna del suelo asociada con diferentes sistemas de producción (monocultivo de *C. arábica* L, *C.arabiga* con *Inga edullis*, *C.arabiga* con *Musa sapientum* y bosque) con las variables abundancia, riqueza, diversidad, distribución vertical, similitud y biomasa para contribuir al conocimiento científico de sistemas más sostenibles que mejoren la calidad de los suelos y vida de los agricultores.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la vereda El Salado, Municipio de San Pedro de Cartago, Departamento de Nariño, localizado a 1° 32'21" N y 77° 06'41", perteneciendo a una clasificación climática que corresponde abosque muy húmedo premontano(bmh-PM), con una altura de 1000 y 2000 m.s.n.m, una precipitación promedio anual de 2000 a 4000 mm, una temperatura promedio de 18°C (IGAC, 1996).

La vereda el Salado tiene un área total de 3120 ha de las cuales 2450 están dedicadas a la caficultura y 300 ha dedicadas a la ganadería (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2009).

Son suelos Andisoles que pertenecen al sub grupo (*Typicystrandept*), altos contenidos de materia orgánica, 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 % (Alcaldía San Pedro de Cartago, 2008).

En la evaluación de la macrofauna se obtuvieron muestras al azar de diferentes sitios en los usos del suelo: Monocultivo *C. arábica L.* Este sistema tiene una área de 2 ha, el cual tiene unas distancias de siembra de 120 cm. entre plantas y 130 cm entre surcos, como también una renovación por zoca de 3 años y se realizan actividades de labranza mínima y aplicación de agroquímicos cada 3 a 4 meses, por otra parte la producción de hojarasca de este sistema varía entre 6 y 7 ton por ha.

El sistema agroforestal *C. arábica L.* y *I. edulis L.*, Este sistema tiene una área de 3 ha, el cual tiene unas distancias de siembra de *C. arábica L.*, de 120 cm. entre plantas y 130 cm entre surcos con árboles dispersos de *I. edulis L.*, esta es una renovación por siembra de 2 años en donde se realizan actividades de labranza mínima cada 7 a 8 meses, la producción de hojarasca está alrededor de 15 ton por ha.

El sistema en asocio *C. arábica L.* y *M. sapientum L.*, Este sistema tiene una área de 2.5 ha, es una renovación por siembra de 2 años el cual tiene unas distancias de siembra de *C. arábica L.*, de 130 cm. entre plantas y 150 cm entre surcos asociado con plátano dispersos en el cultivo, se realizan labores de labranza mínima y aplicación moderada de agroquímicos, encunado a la producción de hojarasca oscila entre 6 y 7 ton por ha.

Por último en el sistema bosque se encontró diferentes especies nativas.

Para el muestreo se utilizó la metodología del Programa Tropical Soil Biology and Fertility modificada (TSBF) (Oliveira *et al.*, 2000). Donde se seleccionaron tres repeticiones de cada uso del suelo, y en cada una se obtuvo un monolito (Pardo *et al.*, 2005). Cada monolito presentó 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.*, 2007). 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 en los Laboratorios especializados y de Entomología perteneciente a La Universidad de Nariño. Finalmente los datos se transformaron con la formula $\sqrt{y+0.5}$ (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, similaridad y biomasa por uso y estrato en la macrofauna del suelo de la siguiente manera:

1. Abundancia=Numero de individuos por familia y por cada área de estudio.
2. Riqueza= Se expresa como el número de especies en una comunidad, presentes en cada área.
3. Índice de Simpson = $\lambda = \sum p_i^2$, siendo p_i la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a N . Es un índice estructural de dominancia, pudiéndose calcular la diversidad como $1-\lambda$.

3. Por último, y para conocer la similitud entre los sistemas estudiados, se obtuvo el coeficiente de Jaccard (C), que se basa en la relación presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el total de especies (Stiling 1999):

$C_j = C/(A+B-C)$; Donde C número de especies comunes a ambos sistemas; A número de especies encontradas en el sistema A; B número de especies encontradas en el sistema B.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ABUNDANCIA

El número de individuos, en los cuatro usos fueron de 15663 individuos por metro cuadrado (i.p.m²), los valores más altos están representados por: el bosque con 6112 i.p.m² donde predominaron los órdenes Araneae, Oligochaeta, Coleoptera, Blataria, Diptera, seguido por el uso *Coffea arábica L.*, en asociación con *Musa sapientum L.*, con 3696 i.p.m² presentando los siguientes órdenes, Dermaptera, Coleoptera, Araneae, Diptera, finalmente

en el monocultivo de *Coffea arábica* L., se encontraron 2303 i.p.m² representado por los siguientes órdenes Araneae, Coleoptera, como el de menor abundancia (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia (N° de individuos m²) de los órdenes de macrofauna asociada a sistemas con *Coffea arábica* y bosque, San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

ORDEN	Monocultivo de <i>Coffea arábica</i> L.,		Sistema <i>Coffea arábica</i> L., <i>ingaedulius</i> L.		<i>Coffea arábica</i> L., asociado con <i>Musa sapientum</i> L.		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
Araneae	176	7,64	320	9,01	0	0,00	128	2,09	624
Blataria	0	0	0	0	0	0,00	416	6,81	416
Coleóptero	723	31,4	1216	34,2	1696	45,8	2160	35,3	5795
Díptera	0	0,00	128	3,60	384	10,4	672	10,9	1184
Dermaptera	0	0,00	48	1,35	176	4,76	0	0,00	224
Himenóptera	128	5,56	640	18,0	272	7,36	0	0,00	1040
Isópoda	48	2,08	224	6,31	128	3,46	0	0,00	400
Lepidóptero	0	0,00	48	1,35	0	0,00	0	0,00	48
Oligochaeta	1180	51,2	928	26,1	976	26,4	1136	18,6	4220
Onychophora (phylum)	0	0,00	0	0,00	0	0,00	96	1,57	96
Phasmida	48	2,08	0	0,00	64	1,73	80	1,31	192
Psocoptera	0	0,00	0	0,00	0	0,00	288	4,71	288
Spirobolida	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1136	18,6	1136
TOTAL	2303	100	3552	100	3696	100	6112	100	15663

El análisis de varianza indicó diferencias estadísticas significativas para usos, sin embargo no se encontró diferencias estadísticas para estratos y su interacción (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de Varianza para la variable Abundancia de macrofauna asociada a sistemas con *Coffea arábica* y bosque, San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

Análisis de Varianza.					
Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	P>F
Modelo	15	763.496820	50.899788	1.37	0.2206
Estrato	3	131.3143509	43.7714503	1.18 ^{ns}	0.3333
Uso	3	462.5454660	154.1818220	4.15*	0.0136
Estrato*uso	9	169.6370028	18.8485559	0.51 ^{ns}	0.8581
Error	36	0.17552141	0.00548504		
Total	47	1951.987864			

ns: No presenta diferencias significativas.

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

La prueba de comparación de medias (Tabla 3) indica que el sistema bosque, sistemas *C. arábica* L. y *I. edulis* L., y *C. arábica* L. y *Musa sapientum* L., presentaron diferencias estadísticas significativas a una ($p < 0.05$) frente al monocultivo de *C. arábica* L., 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, 2001).

Tabla 3. Pruebas de comparación de medias de Tukey para la variable Abundancia de macrofauna asociada a sistemas con *C. arábica* y bosque, San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

Prueba de comparación de medias Tukey para usos en el municipio de San Pedro de Cartago, Nariño, 2010.		
Grupo	Promedios	Uso
a	21.380 (381.67)	Bosque
ba	16.898 (380.00)	Sistema Agroforestal <i>C. arábica L.</i> y <i>Iedulis L.</i>
ba	16.646 (280.50)	<i>C. arábica L.</i> , asociado con <i>M.sapientum L.</i>
b	12.609 (258.67)	monocultivo de <i>C. arábica L</i>

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

Los sistemas de producción en monocultivo han disminuido el número de individuos en la 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 *Coffea arábica L.*, en monocultivo.

Según Spainet *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 un 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 Coleóptero con cinco familias Chrysomelidae, Curculionidae, Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Coccinellidae;

Díptera con dos familias Asilidae y Stratyomidae; Araneae con dos familias Salticidae y Solífuga; seguido del sistema *C. arábiga*L. y *I. edulis*L., con 11 familias representado por el orden Coleóptero con dos familias Ptilodactylidae y Scarabaeidae, Araneae con dos familias Salticidae y Solífuga; finalmente el sistema monocultivo de *C. arábiga*L., con 7 familias representados por el orden Coleóptero con la familia Scarabaeidae; y Oligochaeta con la familia Lumbricidae (Tabla 4).

Tabla 4. Orden y familia de macrofauna asociada a sistemas con *C. arábiga* L y bosque, San Pedro de Cartago Nariño, 2010.g

	ORDEN	FAMILIA		ORDEN	FAMILIA	
Monocultivo de <i>C.arabiga</i> L.	Coleoptera	Scarabaeidae	Bosque	Araneae	Solifuga	
	Araneae	Tetragnatidae			Salticidae	
		Salticidae			Bataria	Blattellidae
	Isopoda	Porcellionidae			Coleptera	Scarabaeidae
	Oligochaeta	Lumbricidae				Ptilodactylladae
	Phasmida	Bacunculidae				Crysolmelidae
	Himenoptera	Formicidae				Curculionidae
						Coccinellidae
					Diptera	Stratyomidae
<i>C. arabiga</i>L- <i>I. Edulis</i>L.	Araneae	Solifuga			Asilidae	
		Salticidae		Oligochaeta	Lumbricidae	
	Coleoptera	Ptilodactylidae		Onychophora		
		Scarabaeidae		(phylum)	Peripatidae	
	Dermaptera	Forficulidae		Phasmida	Bacunculidae	
	Diptera	Culicidae		Psocoptera	nn	
	Himenoptera	Formicidae		Spirobolida	Rhinocricidae	
		Sphecidae				
			<i>C. arabiga</i>L.			
			<i>M.sapientum</i>L			
		.				
	Isopoda	Porcellionidae		Coleptera	Ptilodactylidae	
	Lepidoptera	Gelechiidae			Scarabaeidae	
	Oligochaeta	Lumbricidae		Dermaptera	Forficulidae	
				Diptera	Culicidae	
				Hymenoptera	Formicidae	
					Chalcididae	
				Isopoda	Porcellionidae	
				Oligochaeta	Lumbricidae	
				Phasmida	Bacunculidae	

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

Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable Riqueza de macrofuana asociada a sistemas de *C. arábica* y bosque, San Pedro de Cartago Nariño 2010.

Análisis de Varianza.					
Fuente De Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	P>F
Modelo	15	3.56677572	0.23778505	2.37	0.0198
Estrato	3	1.17427480	0.39142493	3.90*	0.0175
Uso	3	1.88378431	0.62792810	6.26**	0.0018
Estrato*uso	9	0.50871661	0.05652407	0.56 ^{ns}	0.8161
Error	32	3.20877137	0.10027411		
Total	47	6.77554709			

*: Presenta diferencias significativas.

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

ns: No presenta diferencias significativas.

La prueba de comparación de medias para estratos (Tabla 6), indica que el estrato de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm y mantillo, presentaron diferencias estadísticas significativas frente al estrato 20 a 30 cm, , 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.*, 2006), sin embargo el estrato con mejores resultados fue 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, 2001).

Tabla 6. Pruebas de comparación de medias Tukey para la variable Riqueza de macrofauna asociada con sistemas de *C. arábica* y bosque en 4 estratos del suelo, San Pedro De Cartago, departamento de Nariño, 2010.

Prueba de comparación de medias Tukey para estratos en San Pedro de Cartago Nariño 2010.			
Grupo	Promedios		Estratos
a	2.0211 (3.75)		0-10cm
ab	1.9182 (3.33)		10-20 cm
ba	1.8160 (2,80)		Mantillo
b	1.5983 (2,17)		20-30 cm

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

La prueba de comparación de medias para usos (Figura 1) indica que los sistemas bosque y *C. arábica* L. y *I edulis* L., presentaron diferencias estadísticas significativas frente al sistema *C. arábica* L., asociado con *M. sapientum* L, y monocultivo de *C. arábica* L..

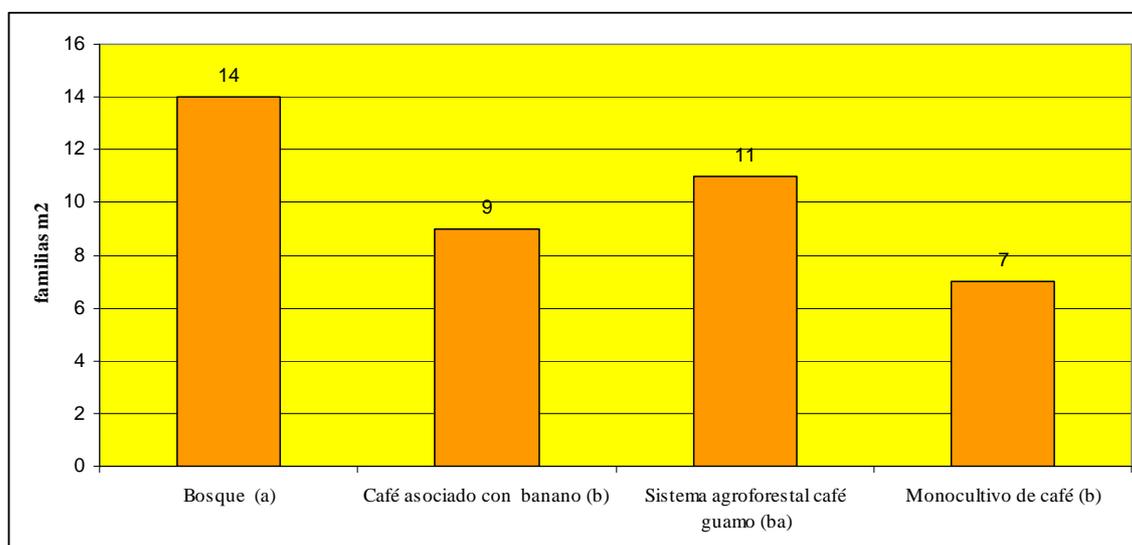


Figura 1: Riqueza de familias (No de familias/m²) de macrofauna asociada a sistemas de *C. arábica* y bosque, San Pedro de Cartago, departamento de Nariño, 2010.

Promedios con la misma letra no presenta diferencias significativas.

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 diversidad 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)

Por otra parte se ha demostrado que 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 *C. arábica*, con *I. edulis* L., indicaron mayor diversidad (0,39 y 0,32) respectivamente, representados por el orden coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Coccinellidae y Crysomelidae a diferencia del sistema monocultivos de café el cual posee los valores más bajos con (0,52) representados por el orden coleoptera con la familia (Scarabaeidae) y el orden oligochaeta con la familia (Lumbricidae) según el índice de Simpson.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas para usos, no existiendo diferencias significativas para la interacción uso*suelo y estratos (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de Varianza para la variable diversidad de macrofauna del suelo asociada a sistemas con *Coffea arábica* y bosque, San Pedro de Cartago, Departamento de Nariño, 2010.

Análisis de Varianza.					
Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	P>F
Modelo	15	0.17091276	0.01139418	2.08	0.0406
Estrato	3	0.02099916	0.00699972	1.28 ^{ns}	0.2992
Uso	3	0.07806338	0.02602113	4.74**	0.0076
Estrato*uso	9	0.50871661	0.05652407	0.56 ^{ns}	0.8161
Error	32	0.17552141	0.00548504		
Total	47	0.34643417			

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

ns: No presenta diferencias significativas

La prueba de comparación de medias para usos (Tabla 8), indica que el sistema *C. arábica L.* y *M.sapientumL.*, y monocultivo de café, presentan diferencias estadísticas significativas frente al sistema *C arábica L.* y *I.edulis L.*, y bosque, donde se presentaron los mejores valores de diversidad, debido ha esto los sistemas agroforestales con *C. arábicaL.*,y el bosque 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 perdida 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; Cardona y Siavosh, 2005).

Tabla 8. Pruebas de comparación de medias Tukey para la variable diversidad de la macrofauna del suelo asociada a sistema de *Coffee arábica* y bosque, San Pedro de Cartago, departamento de Nariño, 2010.

Prueba de comparación de medias Tukey para usos en San Pedro de Cartago Nariño 2010.			
Grupo	Promedios		Estratos
a	1.00933 (0,52)		monocultivo de <i>C. arábica</i> L
b a	0.98654 (0,47)		<i>C. arábica</i> L., asociado con <i>M. sapientum</i> L.
b a	0.93819 (0,32)		Bosque
b	0.90623 (0,39)		Sistema Agroforestal <i>C. arábica</i> L. y <i>I.edulis</i> L.

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas

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

BIOMASA

De los cuatro sistemas evaluados la biomasa de la macrofauna del suelo fue mas alta en el sistema bosque con un valor de 780,8 gramos de peso fresco por metro cuadrado (g.p.f.m²), seguido por el sistemas agroforestal *C. arábica* L.con *I.edulis*L., 571,8 g.p.f.m², finalmente se encuentran el sistema *C. arábica* L, en monocultivo con 219.9 g.p.f.m².

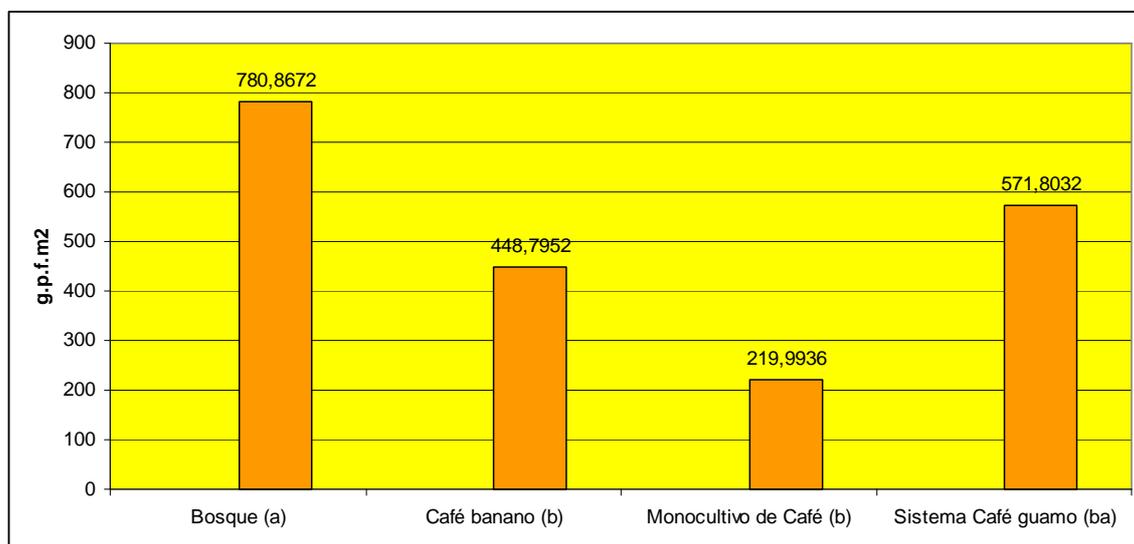
El análisis de varianza determina que no hay diferencias significativas para estratos y su interacción pero detectó diferencias significativas para usos (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de Varianza para la variable biomasa de macrofauna en diferentes sistemas asociados con *C. arábica* y bosque, San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

Análisis de Varianza.					
Fuente De Variación	Gl	Suma De Cuadrados	Cuadrado Media	Valor de F	P>F
Modelo	15	194.3215368	12.9547691	1.43	0.1908
Estrato	3	28.45236114	9.48412038	1.05 ^{ns}	0.3840 ^{ns}
Uso	3	86.05205668	28.68401889	3.18*	0.0373*
Estrato*Uso	9	79.81711899	8.86856878	0.98 ^{ns}	0.4734 ^{ns}
Error	32	289.0696330	9.0334260		
Total	47	483.3911698			

*: Presenta diferencias significativas (p<0.05)
^{ns}. No presentaron diferencias significativas.

La prueba de comparación de medias (Figura 2), indica que el sistema bosque y *C. arábica* L. y *I.edulis*L., presentaron diferencias estadísticas frente al *C. arábica* L. y *M.sapientum*L., y monocultivo de *C. arábica* L., por su mayor contenido en (g.p.f.m²).



Usos con la misma letra no presenta diferencias significativas.

Figura 2. Valores de biomasa (g.p.f.m²) de macrofauna en diferentes usos asociados con *C. arábica* y bosque, San Pedro De Cartago, 2010.

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 quemas (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 hábitat adecuado para numerosas especies, en sus diferentes estratos (Rodríguez, 2002). Según Bonilla *et al.*, (2007), 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 hábitat 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 la 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 (Altieret *al.*, 2005).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

Los estratos (Mantillo, 0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm), presentaron diferencias importantes, donde los estratos Mantillo y 0 - 10 cm indicaron los mejores valores en cuanto a riqueza, con 12 y 15 familias para un total de 3344 y 4496 i.p.m², mayor valor de biomasa con 489,58 y 634,84 g.p.f.m² y mayor diversidad 0,37 y 0,41, por otra parte los valores más bajos de diversidad se encontraron en el estrato 20 a 30 cm., con una riqueza de 7 familias para un total de 3244 i.p.m², un valor de biomasa de 334,47 g.p.f.m², y diversidad de 0,48 (Tabla 9).

Tabla 9: Distribución vertical (Sumatoria de valores en cada estrato) de macrofauna del suelo asociada a sistemas con *C. arábica* L y bosque, San Pedro de Cartago, Nariño, 2010.

Estratos	Abundancia	Biomasa	Índice de diversidad Simpson	Riqueza
Mantillo	3344	489,58	0,37	12
0 a 10 cm	4496	634,84	0,41	15
10 a 20 cm	4579	562,51	0,46	11
20 a 30 cm	3244	334,47	0,48	7

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 habitats 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).

COEFICIENTE DE JACCARD (Cj)

Según el coeficiente de jaccard (Cj) la mayor similaridad se encontró en los usos *C. arábica L.* y *M. sapientumL.*, y *C. arábica L.* y *I.edulis L.*, (Figura 3) con un 38,46 % seguida de los usos *C. arábica L.* y *M. sapientum L.*, y monocultivo de *C. arábica L.*, con una similaridad del 27,27 %, mientras que la más baja se evidencio en los usos bosque y *C. arábica L.* y *M.sapientumL.*, con un valor de 16,67%.

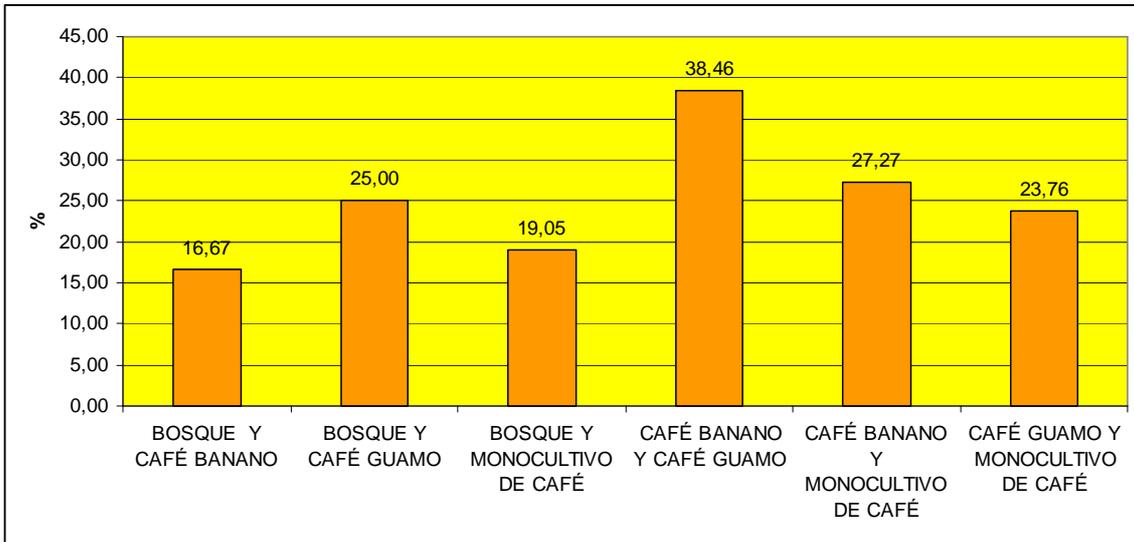


Figura 3. Similaridad entre los usos y manejos del suelo en la Vereda El Salado municipio de San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

Los sistemas que alcanzaron los mayores valores de importancia de los cuatro usos evaluados fueron los sistemas *C. arábica L.* y *I. edulis L.*, y *C. arábica L.* y *M.sapientum L.*, como los más parecidos en composición de especies. Esto significa que estos dos sistemas poseen una estructura (composición y abundancia combinadas) con un 38,46% de similitud. Muy seguramente se debe a que estos sistemas poseen un componente que es el *C. arábica L.*, que se encuentra cubriendo la mayor parte del suelo proporcionando un hábitat similar en los dos sistemas, lo que conlleva que las especies encontradas sean similares (Acero, 2001).

En orden descendente, lo siguen los usos bosque y monocultivo de *C. arábica L.*, con un 27 %, mientras que el bosque y *C. arábica L.* y *M.sapientumL.*, son los usos que menos especies comparten con un 16%, esto se debe principalmente a que los sistemas con *C. arábica L.*, en ausencia de árboles presentan una diversidad de macrofauna muy diferente a la encontrada en sistemas de café en presencia de árboles y el bosque (Gamboa y Castillo, 2009).

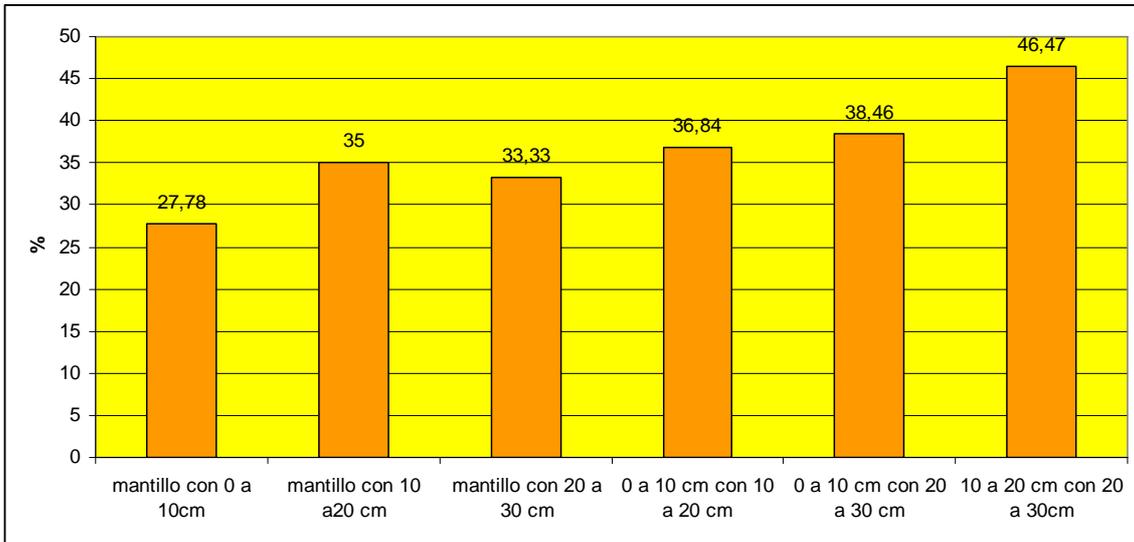


Figura 4. Similaridad entre los estratos del suelo en la Vereda El Salado municipio de San Pedro de Cartago Nariño, 2010.

El coeficiente de jaccard (Cj) encontró que los estratos 10 a 20 cm y 20 a 30 cm poseen la mayor similitud con un 46.67 %, esto se debe principalmente a que las condiciones 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 adecuados para desarrollarse (Pardo *et al.*, 2006),

Por otra parte la menor similitud se encontró en los estratos mantillo con 0 a 10 cm., En el mantillo se encuentra un hábitat que es el adecuado para unas determinadas especies debido a la presencia de hojarasca, mientras que el estrato 0 a 10 cm recibe del mantillo el resultado de la descomposición de diferentes restos vegetales o animales formando así un hábitat totalmente diferente para las especies (Montenegro, 2005)

CONCLUSIONES

La mayor abundancia de macrofauna se presentó en los usos bosque y *Coffea arábica* L asociado con *Inga edulis* L, y la menor se presento en el sistema asociado de *Coffea arábica* L con *Musa sapientum* Ly en el monocultivo con *Coffea arábica* L.

Los sistemas de mayor riqueza en cuanto a número de familias por metro cuadrado fue el sistema bosque con 15 familias, seguido del sistema agroforestal *C. arábica* L con *I.edulis* L. frente a los sistemas monocultivo de *C. arábica* y *C. arábica* con *M. sapientum* L. que presentaron menor riqueza,

Según el índice Simpson el sistema bosque y sistema *C. arábica-I.edulis*L. posee mayor presencia de familias y por ende mayor diversidad y una distribución equilibrada de sus organismos, lo contrario al sistema *C. arábica* L.-*M.sapientum*L. y monocultivo de *C. arábica* L. que son los menos diversos representados por organismos del mismo orden.

Los estratos (Mantillo 0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm), presentaron diferencias importantes, donde los estratos Mantillo y 0 - 10 cm indicaron los mejores valores en cuanto a riqueza, con 12 y 15 familias para un total de 3344 y 4496 i.p.m², mayor valor de biomasa con 489,58 y 634,84 g.p.f.m² y mayor diversidad 0,37 y 0,41, por otra parte los valores más bajos de diversidad se encontraron en el estrato 20 a 30 cm.

La mayor similaridad se encontró en los sistemas *C. arábica* L.-*I.edulis*L. y *C. arábica* L.-*M.sapientum*L., esto se debe a que el componente principal que es el *C. arábica* L que se encuentra recubriendo la mayor parte del suelo proporcionando hábitat adecuados para las especies.

Es importante señalar que el bosque, fue el sistema que presentó mejor distribución respecto a las variables abundancia, riqueza y en general, a la diversidad de macroorganismos del suelo.

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: Amanda Silva Parra, Jorge Fernando Navia, Jorge Alberto Vélez Lozano y Mauricio Valencia.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, D. 2001. Árboles de la zona Cafetera de Colombia. Fondo Cultural Cafetero. 307 p.

ALCALDÍA DE SAN PEDRO DE CARTAGO. 2008. Esquema de Ordenamiento Territorial. San Pedro de Cartago, departamento de Nariño, Colombia.

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 oportuniadaes do Bioma Campos frente aExpansao e Intensificacao Agrícola.

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

BERMUDEZ, M. 1980. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café (*Coffea arabica* L.) Poró (*Eritrina poepiggiana* Walpers O.F. Cook) y Laurel (*Cordia alliodora* R.P. Cham) en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, IICA. 74 P.

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

CABRERA, G Y CRESPO, G. 2001. Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en los ecosistemas de pastizales. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Tomo 35, No. 1. p. 3-4.

CARDONA, D Y SIAVOSH, S. 2005. Beneficios del sombrero de guamo en suelos cafeteros. Chinchiná, Avances técnicos de Cenicafe, divulgación científica ISSN-0120-0178.

CARDONA Y SIAVOSH, S. 2005. Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrero de guamo. Chinchiná, Avances técnicos de Cenicafe, divulgación científica ISSN-0120-0178.

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.

CENICAFE. 2005a. Sistemas Agroforestales de producción de café. (en línea) consultado el 20 de sep de 2005, Disponible en: http://www.Cenicafe.org/modules.php?name=Sistemas_Produccion&file=sisagr.

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.

FERNANDEZ, M; M. DE OLIVEIRA, L.2000. Fauna de solo: Aspectos Gerais e metodológicos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agro biologia. Ministério da Agricultura e do Abastecimiento, Número 112.

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 la fauna del suelo en las propiedades del suelo en los trópicos húmedos. En: Mitos y Ciencia de los suelos de los trópicos. pp.23.29.

GAMBOA, M.; CASTILLO, A. 2009. Evaluación De La Macrofauna Del Suelo Bajo Diferentes Usos En El Municipio De La Unión, Departamento De Nariño, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

LAVELLE, P. 2001. SoilEcology. KluwerAcademicPublishers, 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.

MONTERREY, J; SUAREZ, D; GONZÁLEZ, M. 2001. Comportamiento de insectos en sistemas agroforestales con café en el Pacífico Sur de Nicaragua. Agroforestería en las Américas 8(29):15–21

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, 2001. Trabajo de grado (Ingeniera Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

SCULLION, J; NEALE, S; PHILIPPS, L. 2002. Comparisons of earthworm populations and cast properties in conventional and organic arable rotations. *Soil Use and Management* 18:293-300.

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.

SIEBERT, S. 2002. From shade-to sun-grown perennial crops in Sulawesi, Indonesia: implications for biodiversity conservation and soil fertility. *Biodiversity and Conservation* 11 (11):1889-1902.

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. **In:** Seminario efecto del pastoreo de una pradera natural sobre la macrofauna del suelo. Tacuarembó, Uruguay.