

**LA MACROFAUNA EN DIFERENTES USOS Y MANEJOS DEL SUELO EN  
FEDEPAPA CORREGIMIENTO DE OBONUCO, PASTO, NARIÑO<sup>1</sup>**

**MACROFAUNA IN DIFFERENT SOIL USE AND HANDLING IN THE  
FEDEPAPA, OBONUCO, PASTO, NARIÑO**

**Paulo Cabrera M<sup>2</sup>  
Hugo Gómez F<sup>3</sup>  
Jorge Navia E<sup>4</sup>**

**RESUMEN**

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental de FEDEPAPA, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño (localizado a 1°13' N y 77°16' W). Se seleccionaron 7 sistemas de uso y manejo del suelo: Lote de *Solanum tuberosum*, lote de *Pennisetum clandestinum*, *Panicum maximun Jacq*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*, cerca viva multiestrato de *Acacia decurrens*, *Acacia Melanoxilum* y arbustos, plantación de *Acacia decurrens*, *Acacia Melanoxilum* y *Alnus acuminata*, banco de proteína de *Acacia decurrens*, *Brachiaria latifolia*, *Cytisus monspessulanus* y *Tecoma stans*, plantación de *Eucalyptus globulus* y Bosque secundario. El muestreo se hizo siguiendo la metodología estándar (TSBF). Se obtuvieron cuatro monolitos por uso y manejo, cada uno se subdividió en cuatro estratos, posteriormente se contabilizó y se identificaron los organismos hasta nivel de familia y en algunos casos sólo hasta clase y orden. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó pruebas de comparación de medias de TUKEY comparando la abundancia, riqueza y diversidad por sistema y estrato. Se seleccionaron organismos al nivel taxonómico de orden y familia para que sirvan de indicadores del estado del suelo. Los resultados preliminares indicaron que el bosque y el banco de proteínas presentaron mayor biodiversidad, pero el lote de papa presentó los niveles más bajos. Respecto a la distribución vertical se presentó mayor abundancia, riqueza y

---

<sup>1</sup> Artículo presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar por el Título de Ingeniero Agroforestal.

<sup>2</sup> Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño, 2009; E-mail: [paulocabrera28@hotmail.com](mailto:paulocabrera28@hotmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño, 2009; E-mail: [hugogomez26@hotmail.com](mailto:hugogomez26@hotmail.com)

<sup>4</sup> I.A.Ph.D Suelos. Profesor asistente. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2009; E-mail: [jornavia@udenar.edu.co](mailto:jornavia@udenar.edu.co)

diversidad en el estrato de 0 – 10 cm, por último los indicadores encontrados correspondieron a los órdenes Araneida, Blattaria, Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diplura, Diptera, Haplotaxida, Hymenoptera, Isopoda, Lepidoptera, Phasmida, Psocoptera y Spirobolida.

Palabras claves: Macrofauna, Suelo, Bosque, Indicadores.

### ABSTRACT

Present study was carried in the Experimental Center of FEDEPAPA, Obonuco corregimiento, municipality of Pasto, Department of Nariño (located at 1° 13' N and 77° 16' W) Sevent soil use and handling systems were selected: Lot with *Solanum tuberosum*, lot with *Pennisetum clandestinum*, *Panicum maximun Jacq*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*, live multi-strata fences with *Acacia decurrens*, *Acacia Melanoxilum* and shrubs, plantation with *Acacia decurrens*, *Acacia Melanoxilum* and *Alnus acuminata*, protein bank with *Acacia decurrens*, *Brachiaria latifolia*, *Cytisus monspessulanus* and *Tecoma stans*, plantation with *Eucalyptus globulus* and Secondary forest. The sampling was done following the methodology standard (TSBF). Four monoliths by were obtained use and handling, each was subdivided in four strata, then counted and identified the organisms to family level and in some cases only up to class and order. An analysis of variance (ANOVA) was used for comparison of means tests of TUKEY comparing the abundance, richness and diversity, by system and strata. Organisms were selected at the level of taxonomic order and family to serve as indicators of the soil. Preliminary results indicated that the forest and the protein bank presented greater biodiversity, but the lot with Pope presented the lower levels. Concerning the vertical distribution was greater abundance, richness and diversity in the strata of 0 - 10 cm, Finally, the indicators were found to orders Araneida, Blattaria, Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diplura, Diptera, Haplotaxida, Hymenoptera, Isopoda, Lepidoptera, Phasmida, Psocoptera and Spirobolida.

Key Words: Macrofauna, Soil, Forest, indicators.

## INTRODUCCIÓN.

Los organismos que habitan el suelo desempeñan un papel importante debido a que contribuyen al mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Bonilla, Gómez y Sánchez, 2002), donde la estructura y el funcionamiento del suelo son afectados, directa o indirectamente, por la macrofauna que lo habita (Zerbino *et al*, 2007). Por eso las acciones antrópicas desarrolladas por el ser humano en los suelos, como prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, han causado grandes modificaciones, reduciendo todo a un proceso de cambio en la configuración del hábitat de los organismos que se desenvuelven en ese medio, generando así, efectos negativos en la biodiversidad de la macrofauna y afectando en el funcionamiento del suelo.

Estudios sobre la acción de la macrofauna mostraron, que la estructura de los macroinvertebrados fue más compleja en ambientes edáficos mejor conservados o estructurados, propiciando, entre otros atributos, 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).

El papel que la macrofauna desempeña en la depredación de los microbios, la modificación de la estructura del suelo y la descomposición de la materia orgánica, triturando los restos vegetales y animales que caen al suelo, reduciendo su tamaño y volumen, permiten establecer un ciclo para la asimilación y distribución de la materia orgánica que inicia desde la función de la macrofauna, hasta la diferentes acciones de microorganismos, por varios horizontes del suelo constituyendo un aporte de nutrientes a las plantas, que a su vez retribuyen a dicho ciclo (Coyne, 2000).

Dichos organismos le confieren al suelo características de un sistema vivo, al cual se le debe dar una valoración del estado de la macrofauna en los sistemas productivos generando

indicadores que determinen la biodiversidad permitiendo alertar sobre el impacto ambiental a futuro (Jiménez y Thomas, 2003).

Dada la relevancia del conocimiento de la biología del suelo, en términos del manejo sustentable, el objetivo de este trabajo fue evaluar la macrofauna en los diferentes usos y manejos del suelo a partir de su distribución vertical, abundancia, riqueza y diversidad, para observar la influencia de los diferentes sistemas de producción sobre las comunidades biológicas que lo habitan, y determinar bioindicadores que caractericen el estado del suelo

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en el Centro de Investigación de FEDEPAPA, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, localizado a 1°13' latitud norte y 77°16' longitud oeste, a 2.710 m.s.n.m, con una precipitación promedio anual de 840 mm, una temperatura promedio de 13° C y una clasificación climática corresponde a Bs-pm (bosque seco-premontano) (Navia, Rodríguez y Navia, 2008). El centro de investigación de FEDEPAPA tiene un área total de 562 Ha. Existe una planificación artificial y una zona de reserva, todos los lotes rotan semestral o anualmente con cereales, papa, pastos y ganado de leche.

Los suelos tienen un origen volcánico, principalmente aquellos formados “in situ” como son los observados en las lomas de relieve convexo desarrolladas a partir de un material parental más o menos homogéneas, son de textura Arcillo - Arenosa (Ar - A), pH fuertemente ácidos, contenido medio de materia orgánica, el nitrógeno total en el suelo es de bajo a medio, el contenido de fósforo es de bajo a medio, el nivel de potasio es medio y de calcio y magnesio es alto, con problemas de boro, por su nivel muy bajo, es característico el tipo de relieve en terrazas o fajas de poca pendiente (3 - 7 - 12%) y poca anchura (2080 m) separadas entre sí por barrancos de pendiente mayor (25- 75%) y de poca altura (10-40 m) (Guerrero,1962).

Se tomaron muestras para la obtención de la macrofauna proveniente de los diferentes usos y manejos del suelo: lote de papa (*Solanum tuberosum*), lote de pastoreo (*Pennisetum clandestinum*, *Panicum maximum* Jacq, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*), cerca viva multiestrato (*Acacia Melanoxilum*, *Acacia decurrens* , y arbustos ), plantación acacia negra (*Acacia decurrens*), acacia japonesa (*Acacia Melanoxilum*) y aliso (*Alnus acuminata*), banco de proteína (*Acacia decurrens*, *Brachiaria latifolia*, *Cytisus monspessulanus* y *Tecoma stans*), plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), bosque secundario parte alta; especies nativas.

Para la realización del muestreo se utilizó la metodología del Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Correira y Oliverira , 2000). El trabajo se realizó en tres fases: En la fase de campo se identificaron cuatro sitios en cada tipo de uso y manejo de los suelos escogidos al azar. Luego de marcar el sitio, se procedió a recolectar la hojarasca y el material vegetal situado sobre el cuadro marcado. Posteriormente se cava y se ahonda alrededor del sitio hasta lograr una muestra (monolito) con un volumen de suelo de 0.25 x 0.25 x 0.30 metros, que corresponde a un área de 0.25m x 0.25m (0.0625m<sup>2</sup>).

Para la fase de laboratorio el monolito se ubicó sobre una lámina de aluminio extendida sobre una mesa y se dividió en capas de 10cm de profundidad: hojarasca y material vegetal, de 0 a 10cm, 10 a 20cm y 20 a 30cm. Se emplearon embudos de Berlese los cuales poseen una malla sobre la que se colocó la capa de tierra correspondiente a cada estrato, y por la acción de una bombilla de 60 wats encendida sobre el embudo se obligó a los organismos sensibles a la luz a internarse a la tierra. Los macroorganismos atravesaron la malla y pasaron por la boca del embudo, cayendo finalmente en un frasco rotulado con el respectivo estrato que contenía alcohol al (70%). Posteriormente se recogieron las lombrices y se las colocó en frascos de vidrio con formol al (5%). Para complementar la recolección de los organismos se realizó una revisión manual a cada estrato proveniente del embudo de Berlese. Los organismos obtenidos a través de los embudos de Berlese y de la revisión manual se contabilizaron e identificaron hasta nivel de familia y en algunos casos

sólo hasta clase y orden, en el Laboratorio de Entomología perteneciente a la Universidad de Nariño.

Por último en la fase de análisis se sistematizaron los datos, consecutivamente se realizó un análisis de varianza y se utilizó pruebas de comparación de medias de TUKEY comparando la abundancia, riqueza, diversidad (Índice de Simpson, Índice de Shannon-Wiener, Índice de Margalef e Índice de Equidad) por uso y estrato. Posteriormente se seleccionaron bioindicadores a partir del estudio de la comunidad de artrópodos (ensamble de especies) (Herrera y Cuevas, 2003) según su nivel taxonómico orden y familia y su abundancia en el ecosistema.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La abundancia total de la población de la macrofauna extrapolada a  $m^2$  en todos los usos y manejos del suelo fue de 39.208 individuos. Los sistemas más abundantes fueron: el sistema Multiestrato con 9.260 organismos por  $m^2$  (Tabla 1), donde predominaron los órdenes Acarina, Diplura, Coleoptera, Spirobolida, Collembolla, Hymenoptera y Haplotaxida. Seguido por el Bosque con 7.464 individuos, presentándose Coleoptera, Spirobolida, Collembolla, Acarina, Diplura, Haplotaxida y Diptera como los órdenes más abundantes. Por último el sistema Papa con 6.680 organismos con mayor abundancia de Collembolla, Acarina, Coleoptera, Diplura Lumbriculida, Diptera y Spirobolida.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los usos y manejos de suelo para la variable abundancia (Tabla 2). Según la prueba de Tukey el número de individuos fue significativamente diferente entre la cerca viva multiestrato con la plantación de eucalipto, plantación acacia- aliso, pastos y banco de proteínas, al mismo tiempo dicha prueba da a conocer que entre la cerca viva multiestrato, el bosque secundario y el lote de papa no hubieron diferencias estadísticas. Según Zerbino *et al*, (2007) la composición de las comunidades responde a diferencias en las propiedades del suelo y en la cantidad y calidad de los recursos, donde la presencia de macroinvertebrados varía significativamente

por el uso del suelo y la estabilidad de las condiciones ambientales del ecosistema, particularmente insolación (temperatura), humedad relativa, arquitectura de la vegetación (estratificación) y aporte de fitomasa en degradación, (Pardo *et al*, 2006).

Tabla 1: Abundancia de los órdenes de macroorganismos en 7 usos y manejos del suelo en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco – Pasto. (No de individuos/m<sup>2</sup>). 2009

Organismos	Uso y Manejo del Suelo							Total
	Papa	Pasto	Cerca Viva Multiestrato	Plantación Acacia-Aliso	Banco Proteína	Plantación Eucalipto	Bosque	
Acarina	1196	892	2368	1020	580	384	588	7028
Araneida	40	264	272	192	68	100	252	1188
Blattaria	0	0	24	80	12	12	76	204
Chelonethida	0	0	0	0	0	4	8	12
Coleoptera	712	792	1036	736	704	560	1632	6172
Collembola	2892	816	896	728	388	1340	1172	8232
Dermaptera	0	0	32	120	312	80	76	620
Diplura	452	68	1140	248	0	56	588	2552
Diptera	256	252	268	144	200	84	440	1644
Glossiphoniiformes	20	88	28	52	4	0	28	220
Haplotaxida	0	72	372	232	312	48	548	1584
Hemiptera	40	656	264	248	268	100	136	1712
Hymenoptera	0	28	796	16	48	40	84	1012
Isopoda	0	20	84	84	96	28	252	564
Lepidoptera	16	124	156	80	132	56	112	676
Lumbriculida	364	112	108	0	0	0	0	584
Neuroptera	0	0	0	0	4	0	8	12
Orthoptera	0	72	28	76	36	24	0	236
Phasmida	0	0	0	0	20	12	16	48
Psocoptera	0	0	20	0	32	0	20	72
Scolopendromorpha	204	68	148	56	28	32	108	644
Sigmurethra	76	60	0	48	8	0	0	192
Spirobolida	252	8	940	536	192	60	1276	3264
Thysanoptera	0	64	0	0	0	0	0	64
Simphyla (Clase)	160	0	280	44	120	24	44	672
<b>TOTAL</b>	<b>6680abc</b>	<b>4456bcd</b>	<b>9260a</b>	<b>4740bcd</b>	<b>3564cd</b>	<b>3044d</b>	<b>7464ab</b>	<b>39208</b>

Sistema con la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%

Fuente: Esta Investigación.

Tabla 2: Analisis de varianza de las variables de Abundancia, Riqueza, diversidad (Simpson, Shannon, Margalef y Equidad). 2009

Variables	F.V.	SC	gl	CM	F	Pr > F
<b>Abundancia</b>	USO	123053019.4	6	20508836.57	8.49	0.0002*
	MONOLITO	20159744	3	6719914.67	2.78	0.0708**
	Error	43504896	18	2416938.67		
	Total	186717659.4	27			
<b>Riqueza</b>	USO	897.36	6	149.56	18.95	0.0001*
	MONOLITO	68.68	3	22.89	2.9	0.0634**
	Error	142.07	18	7.89		
	Total	1108.11	27			
<b>Simpson</b>	USO	0.06	6	0.01	2.92	0.0361*
	MONOLITO	0.01	3	2.30E-03	0.7	0.5657**
	Error	0.06	18	3.20E-03		
	Total	0.12	27			
<b>Shannon</b>	USO	2.93	6	0.49	8.44	0.0002*
	MONOLITO	0.11	3	0.04	0.61	0.6156**
	Error	1.04	18	0.06		
	Total	4.07	27			
<b>Margalef</b>	USO	11.7	6	1.95	21.4	0.0001*
	MONOLITO	0.56	3	0.19	2.04	0.1446**
	Error	1.64	18	0.09		
	Total	13.89	27			
<b>Equidad</b>	USO	0.05	6	0.01	1.47	0.2444**
	MONOLITO	0.01	3	2.20E-03	0.38	0.7653**
	Error	0.1	18	0.01		
	Total	0.16	27			

\* Presenta diferencias significativas

\*\* No presenta diferencias significativas

Fuente: Esta Investigación

Para el caso de la riqueza los usos y manejos del suelo mas representativos fueron:

El bosque que presentó 32.50 familias por metro cuadrado (figura 1). Los mas representativos en este sistema fueron: el orden Coleoptera con 11 familias (Cantharidae,



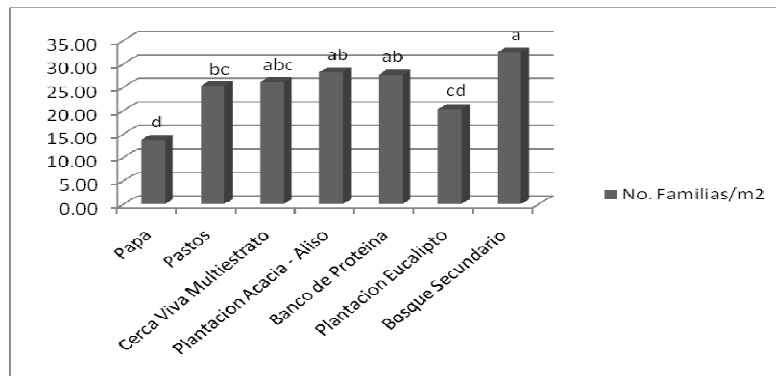
Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Elateridae, Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae.), Araneida con 8 familias, Diptera con 8 familias (Ceratopogonidae, Chironomidae, Culicidae, Drosophilidae, Sciaridae, Simuliidae, Syrphidae, Tipulidae.), Collembola con 4 familias (Entomobryidae, Isotomidae, Poduridae, Sminthuridae).

Seguido por la plantación de acacia – aliso con 28.25 familias siendo los más sobresalientes: el orden Coleoptera con 9 familias (Anobiidae, Cantharidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae), Araneida con 6 familias, Diptera con 6 familias (Bibionidae, Blepharoceridae, Chironomidae, Muscidae, Stratiomidae, Tipulidae), Collembola con 4 familias (Entomobryidae, Isotomidae, Poduridae, Sminthuridae), Hemiptera con 4 familias (Aphididae, Cicadellidae, Miridae, Reduviidae).

El banco de Proteína con 27.75 familias y los más representativos fueron: Coleoptera con 9 familias (Alleulidae, Cantharidae, Carabidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Elateridae, Scarabaeidae, Staphylinidae), Diptera con 5 familias (Chironomidae, Drosophilidae, Muscidae, Sciaridae, Tipulidae), Hemiptera con 4 familias (Cicadellidae, Miridae, Phymatidae, Reduviidae).

Y por último la cerca viva multiestrato con 26 familias predominando: Diptera con 8 familias (Ceratopogonidae, Culicidae, Drosophilidae, Syrphidae, Tipulidae, Sarcophagidae, Muscidae, Tachinidae.), Coleoptera con 7 familias (Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Scarabaeidae, Staphylinidae), Araneida con 6 familias, Hemiptera con 5 familias (Aphididae, Cicadellidae, Miridae, Cercopidae, Membracidae).

En términos de riqueza con respecto al análisis de varianza se encontraron que los sistemas presentaron diferencias significativas de acuerdo al uso y manejo del suelo (Tabla 2). La prueba de Tukey dio a conocer que el bosque secundario presentó diferencias significativas con pastos, plantación de eucalipto y papa.



Sistema con la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%

Fuente: Esta Investigación.

Figura 1: Riqueza de familias en 7 Usos y manejos del suelo en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco – Pasto. (No de familias/m<sup>2</sup>). 2009

Al mismo tiempo se presenta que la plantación de acacia – aliso, banco de proteínas y cerca viva multiestrato no presentan diferencias significativas con el bosque secundario. Los resultados ponen de 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, propiedades físicas y químicas del suelo (Bonilla, Burbano y Castro, 2007).

El interés del análisis de la diversidad de macrofauna en los usos y manejos del suelo se basa en que los individuos de diferentes familias interactúan entre sí y con el medio físico y como resultado aparece un número concreto de familias caracterizadas por unos valores de abundancia (García, 2008).

Para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa; fue de gran utilidad principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998). La diversidad alfa se midió a través de los índices, Simpsom, Shannon, Margalef y Equidad, que son parámetros estandarizados cuyos resultados nos permitieron comparar el estado de la macrofauna en los diferentes usos y manejos del suelo.

Los análisis respecto al índice de Simpson, indicó que el sistema correspondiente al lote de papa, mostró una tendencia de ser menos diversos (Figura 2); donde se tomó en cuenta la representatividad de las familias con mayor valor de importancia (dominancia), sin evaluar la contribución del resto de las especies (Álvarez, 2005). Siendo estos dominados por organismos de un mismo orden y familia. Donde el lote de papa estuvo dominado por el orden Collembola (Poduridae) y el orden Acarina. Manifestando la probabilidad de que organismos tomados al azar de la muestra sean del mismo orden y familia. (Peet, 1974).

El análisis de varianza reflejo que el índice de Simpson estableció diferencias significativas con el uso y manejo del suelo (Tabla 2). Según la prueba de Tukey se presentaron diferencias altamente significativas entre el lote de papa con el sistema banco de proteína. El sistema Bosque secundario, Plantación de acacia – aliso, Cerca viva multiestratos, pastos y plantación eucalipto no presentaron diferencias estadísticas.

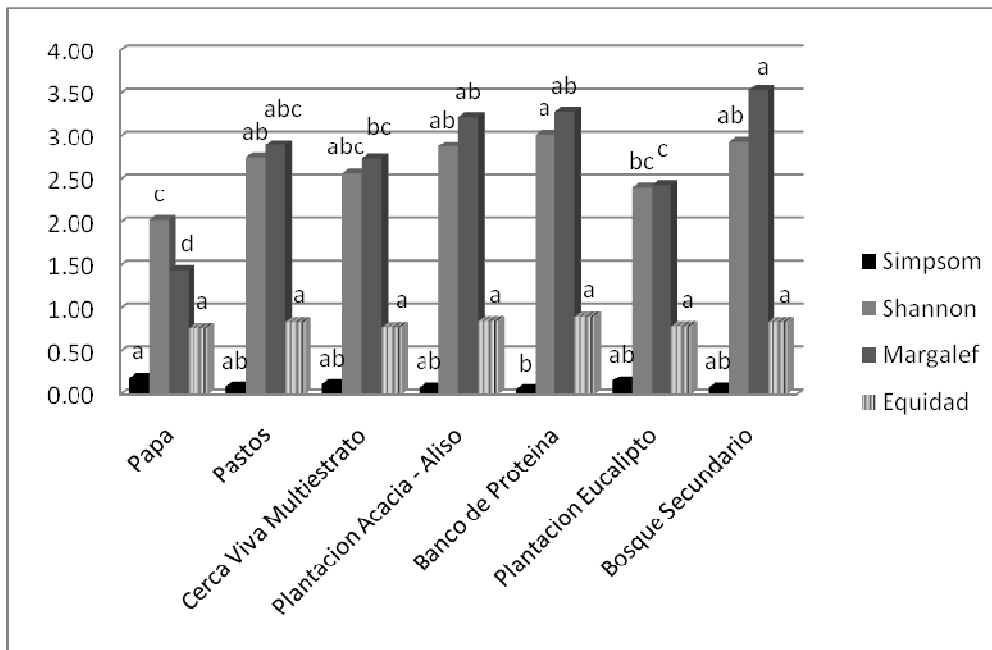
El índice de Shannon determinó que los sistemas, banco de proteína, bosque secundario, plantación acacia - aliso, pastos y cerca viva multiestratos, contaron con mayor presencia de familias, presentándose mayor diversidad (Figura 2). Expresando mayor la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las familias, asumiendo que todas estas están representadas en la muestra (Magurran, 1988). El análisis de varianza reflejo diferencias significativas (Tabla 2). Según la prueba de Tukey se establece que hay diferencias estadísticas entre el banco de proteína con la plantación de Eucalipto y el lote de Papa, y los demás sistemas no presentan diferencias significativas entre ellos.

El índice de Margalef permitió analizar puntualmente la relación del número de familias y la abundancia, permitiendo transformar el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, permitiendo identificar mejor la diversidad en los diferentes usos y manejos del suelo (Alvarez, 2005). El mayor valor fue 3.54 (Figura 2) que corresponde al bosque secundario, seguido por banco de proteína con 3.28 y plantación acacia aliso 3.22 que presentan una distribución relativa más homogénea. El análisis de varianza reflejo que existen diferencias

significativas (Tabla 2). La prueba de Tukey refleja que el bosque, banco de proteína, plantación acacia – aliso y pastos no presentan diferencias significativas, pero el bosque presenta diferencias significativas con los sistemas, cerca viva multiestrato, plantación eucalipto y papa; demostrando que hay una pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat) (Moreno, 2001). En general los sistemas productivos en el suelo han generado cambios en la biodiversidad edáfica. Limitando la distribución de la macrofauna que aportan una amplia gama de servicios esenciales para el funcionamiento sustentable del suelo, y ejercen diferentes efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo (Jiménez y Thomas, 2003), jugando un papel importante en la productividad de los ecosistemas, por su capacidad de alertar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (Lavelle *et al*, 1994)

En los usos y manejos se presentó una distribución equilibrada de los organismos de acuerdo al índice de equidad (Figura 2), midiendo la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Granados, 2005) que corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). El análisis de varianza no estableció diferencias significativas entre los usos y manejos del suelo.

En la distribución vertical en los diferentes estratos (hojarasca y material vegetal, 0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm) se presentaron diferencias altamente significativas, donde el estrato de 0 - 10 cm indicó mayores valores en cuanto a riqueza y abundancia de la población de macrofauna, con 17.07 familias con un total de 3294.86 individuos por metro cuadrado (Tabla 3). También se encontró que en dicho estrato no existe una dominancia de una sola especie, según lo expresado por el índice de Simpson (0.14), sino que por el contrario se presenta una distribución organizada de las diferentes familias, representado por el índice de Shannon y equidad (2.38 y 0.86); demostrando que este estrato posee mayor diversidad, manifestado por el índice de Margalef (2.01). (Tabla 3).



Cada índice por sistema con la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%

Fuente: Esta Investigación

Figura 2: Valores de los Índices de Simpson, Shannon, Margalef y Equidad en los 7 Usos y manejos del suelo en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco – Pasto. 2009

En la prueba de Tukey respecto a riqueza, Simpson, Shannon, y Margalef establecen que el estrato de 0 -10 posee diferencias significativas entre los demás estratos. También plantea que los estratos 10-20 y el estrato hojarasca y material vegetal no presentan diferencias significativas, en cambio el estrato 20-30 varió significativamente con los demás estratos, debido a que presentó menor biodiversidad porque la mayor parte del alimento orgánico que está a disposición de la macrofauna proviene de la capa vegetal (y de otros animales) que recubre el suelo y por tanto, la diversidad y tamaño poblacional de los macroorganismos va a ser mayor en los estratos menos profundos (Navia, 2003).

Para determinar el comportamiento del uso y manejo del suelo a nivel biológico se seleccionaron bioindicadores capaces de reflejar cambios en la biodiversidad de las comunidades presentes en los sistemas. Los cambios en la estructura de la comunidad en respuesta a perturbaciones del suelo, expresados en pérdida o incremento de especies

sensibles, pueden ser potenciales bioindicadores (Pankhurst, 1997). Se tuvo en cuenta el bosque como sistema de referencia, porque permite que la diversidad y la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados puede ser usada como indicadores de la calidad del Suelo (Stork y Eggleton, 1992), el cual permitió utilizar un conjunto de elementos bióticos (macrofauna) propios del ecosistema como indicadores (Jansen, 1997).

Tabla 3. Distribución vertical en usos y manejos del suelo en la finca experimental FEDEPAPA, Obonuco – Pasto. ( promedio de valores en cada estrato ). 2009

Estrato	Abundancia	Riqueza	Simpson	Shannon	Margalef	Equidad
0 - 10 cm	3294.86 a	17.07 a	0.14 c	2.38 a	2.01 a	0.86 b
10 – 20 cm	1081.71 b	8.21 b	0.2 bc	1.85 b	1.04 b	0.91 ab
20 – 30 cm	693.14 bc	5.68 c	0.27 a	1.51 c	0.75 c	0.89 ab
Material Vegetal	531.43 c	8.04 b	0.2 b	1.83 b	1.12 b	0.93 a

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%

Fuente: Esta Investigación

Según Ribera y Foster, (1997), el hecho de que algunos artrópodos desaparezcan o sencillamente mueran cuando se producen ciertas condiciones, los convierte en “buenos indicadores ecológicos”. Al ser altamente sensible a variaciones climáticas, cambios en la cobertura vegetal, elementos contaminantes, prácticas de manejo, etc. (Barros *et al*, 2002). Se tuvo en cuenta la abundancia de cada familia que permitió identificar aquellas familias que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de familias, en la distribución de la abundancia de las familias o en la dominancia, nos alerta a cerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988), se trata de diagnosticar un sistema sometido a procesos de modificación ambiental, así como de establecer una estrategia de monitoreo. En este caso, los atributos biológicos y ecológicos hacen que las familias o grupos escogidos sean sensibles a los disturbios. Estas familias o grupos son conocidos como indicadores de salud ambiental (Caro y O'Doherty, 1999).

La estrategia metodológica para la selección de los bioindicadores fue la expuesta por Herrera y Cuevas, (2003), que es el estudio de Comunidad de artrópodos (ensamble de especies) que conforman un determinado compartimiento del sistema y es una opción frecuentemente utilizada para estudiar cambios en el sistema natural o producidos por el hombre, y se considera la totalidad de la comunidad de artrópodos del suelo. Este método ha sido ampliamente empleado por ecólogos o estudiantes no especialistas en grupos taxonómicos específicos, sólo requiriendo un conocimiento general de entomología. Se introdujo la distinción de sólo analizar a la macrofauna (cuerpos con más de 2 mm de ancho) (Herrera y Cuevas, 2003). Esta capacidad de respuesta ha sido relacionada con múltiples características de los artrópodos como lo son: el tamaño corporal, las tasas de crecimiento, la capacidad de dispersión, las adaptaciones a condiciones microclimáticas, sus cortos ciclos reproductivos, y su importancia en las cadenas tróficas y flujo de nutrimentos del sistema (Kremen *et al*, 1993).

Para comparar los diferentes sistemas se tuvo en cuenta la abundancia y riqueza del bosque permitiendo utilizar a las familias y órdenes como bioindicadores de salud ambiental. Del total de taxones, sólo se tuvieron en cuenta para inferir conclusiones aquellos con presencia relativamente abundante en el muestreo para evitar que familias con aparición escasa o puntual interfieran en la discusión de los resultados, pudiéndose deber su presencia a la casuística o al azar (Arroyo *et al*, 2003). De acuerdo a lo anterior los bioindicadores identificados a través de una comparación con el sistema de referencia (Bosque) con los demás usos y manejos del suelo fueron:

<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Orden</b>	<b>Familias</b>
	Cantharidae		Culicidae	Isopoda	Porcelionidae
	Curculionidae	Diptera	Sciaridae	Lepidoptera	Gelechiidae
Coleoptera	Tenebrionidae		Tipulidae	Phasmida	Bacunculidae
	Coccinellidae		Braconidae	Collembola	Entomobryidae
	Ptilodactylidae	Hymenoptera	Chalcididae	Dermaptera	Forficulidae
			Formicidae		
Diplura	Campodeidae	Haplotaxida	Lumbricidae	Blattaria	Blattellidae
Araneida	Solifuga	Psocoptera		Spirobolida	

Los organismos antes mencionados pretenden sugerir una aproximación al problema de la selección de bioindicadores, el objetivo es básicamente revisar la idoneidad y aplicabilidad de los artrópodos del suelo como grupo diagnóstico; además de evaluar los escenarios en que pudiesen ser más apropiados (Herrera y Cuevas, 2003). Debido a que actúan como indicadores adecuados, pues responden a las modificaciones o transformaciones del suelo y los ecosistemas en los que se sustenta bajo la forma de cambios en su densidad, biomasa, riqueza específica y equitatividad (Sánchez y Milera, 2002). Determinando que la salud de los organismos vivos se define como “una condición del organismo para el desarrollo normal de sus funciones” y la del suelo como una dinámica viviente que requiere un único balance o estable en el manejo de las propiedades físicas, químicas y biológicas. (Navia, 2003). En la medida en que se avance en metodologías y generación de información que permitan establecer indicadores confiables se estará más cerca de diseñar sistemas productivos menos agresivos con el suelo, el medio ambiente y delimitar aquellas zonas que es necesario mantener sin intervenir. (Unigarro, Burbano y Sánchez, 2005).

## CONCLUSIONES

El lote de papa presento menor biodiversidad al no poseer un número significativo de familias y su abundancia solo estaba representada por el orden Collembola (Poduridae) y el orden Acarina.

Los sistemas agroforestales plantación acacia aliso, banco de proteína y cerca viva multiestrato, de acuerdo con la biodiversidad de macrofauna presente, tuvieron mejores resultados y se comprueba estadísticamente que el efecto de estos sistemas en los macroinvertebrados es positivo.

El bosque al presentar menor intervencion obtuvo mejor biodiversidad, debido a que la relación del número de familias y la abundancia muestran un distribución mas homogénea, donde los índices de shannon y margalef tuvieron mejor respuesta en terminos estadisticos.



Los índices de diversidad Simpsom, Shannon, Margalef y equidad con relación a la distribución vertical de la macrofauna, reflejan que el estrato de 0-10 cm posee mayor biodiversidad, por la alta presencia en el número de familias e individuos.

Los diferentes bioindicadores de salud ambiental identificados teniendo en cuenta al bosque como sistema de referencia para comparar con los demás usos y manejos del suelo, fueron los ordenes: Coleoptera, Diptera Hymenoptera, Diplura, Araneida, Isopoda, Lepidoptera , Phasmida, Collembola, Dermaptera, Blattaria, Haplotaxida, Psocoptera y el orden Spirobolida.

### **AGRADECIMIENTOS**

A las instituciones que apoyaron el desarrollo de este trabajo de investigación como lo son la Universidad de Nariño, el Centro de Investigación FEDEPAPA. A nuestros familiares y amigos: Hugo Gómez de la Cruz, Luis Cabrera, Myriam Fernández, Constanza Muñoz, Edward Gómez, Lina María Enríquez Moreno, Ana Lucia Moreno y Danny Benavides.

A los docentes: Jorge Fernando Navia, Jorge Vélez, Jesús Castillo, Jairo Muñoz, Mauricio Valencia.

A LA MEMORIA DE: María Dolores Moncayo

### **BIBLIOGRAFÍA**

ALVAREZ, A. 2005. Estudio del ensamblaje de coleopteros en áreas con diferentes condiciones de abandono en la cantera soratama localidad de Usaquén Bogotá D.C. Trabajo de grado Bióloga, Facultad de Ciencias, Carrera de biología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 101 p.

ARROYO, J; ITURRONDOBEITIA, J; CABALLERO, A; GONZÁLEZ, S. 2003. Una aproximación al uso de taxones de artrópodos como bioindicadores de condiciones edáficas en agrosistemas. Boletín de la SEA. No 32: pp 73-79.

BARROS, E; PASHANASI, B; CONSTANTINO, R y LAVELLE, P. 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 35: pp 338-347.

BONILLA, C; GÓMEZ, L; SÁNCHEZ, M. 2002. El suelo: los organismos que lo habitan. *Cuadernos ambientales No 5*: 18 p.

BONILLA, C; BURBANO, H; CASTRO, J. 2007. Abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos del terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. *Acta Agronómica*. Vol. 56, No 3: 8p.

CARO, M. T. Y G. O'DOHERTY. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*, Vol 13, No 4: pp 805-814.

CORREIA, M; DE OLIVEIRA, L. 2000. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos, *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, No 112: 46 p.

COYNE, M. 2000. *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. España. Editorial Paraninfo, pp 37 - 49

GARCIA, D. 2008 .Asignatura de Ecología, 3er Curso Licenciatura de Biología Prácticas de Ecología. Práctica 2 Diversidad. Universidad de Oviedo Asturias, España. En: <http://www.uniovi.es/danielgarcia/pdfs/P2Diversidad.pdf>. 4 p.; consulta: Noviembre 2008.

GRANADOS, A. 2005. Efecto de la aplicación de biosólidos en diferentes proporciones como enmienda orgánica sobre el repoblamiento de la macrofauna edáfica en la Cantera Soratama, Bogotá D.C. Trabajo de grado Bióloga, Facultad de Ciencias, Carrera de biología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 144 p.

GUERRERO, R. 1962. Reconocimiento detallado de los suelos de la granja Obonuco (Pasto) y otros Municipios del Departamento de Nariño. P. imprenta: Palmira (Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario, 43 p.

HALFFTER, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International*, N°36: pp 3-17.

HERRERA, F; CUEVAS, E. 2003. Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados. *Venesuelos*. Vol. 11, No 1 y 2: pp 67- 78.

JANSEN, A. 1997. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a tropical rainforest restoration project. *Restoration Ecology*. Vol. 5, No 2: pp 115-124.

JIMÉNEZ, J; THOMAS, R. 2003. El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia, Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 444 p.

KREMEN, C; COLWELL, R; ERWIN, T; MURPHY D; NOSS R y SANJAYAN M. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology*. Vol. 7, No 4: pp 796-808.

LAVELLE, P; GUILOT, C; FRANGOSO, C and PASHANASI, B. 1994. Soli fauna and sustainable land use in the humid tropics .pp: 291- 308. In: Greenland D.J. and I Szabolcs (eds). *Soil resilience and sustainable land use*. CAB International. Budapest Hungary. 576 p.

MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

MORENO, E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, Primera edición, Zaragoza, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), 84 p.

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 Posgrados. Palmira. pp 6 – 12.

NAVIA, J; RODRÍGUEZ, S y NAVIA, S. 2008. Evaluación del manejo de los residuos de papa (richie) y algunas especies forrajeras arbustivas como suplemento animal para los bovinos de leche en el trópico de altura de Nariño. Proyectos de Inversión. Asociación Hortifructícola de Colombia (ASOHOFRUCOL). Pasto. 46 p.

PANKHURST, C. 1997. Biodiversity of soil organisms as an indicator of soil health. pp. 297–323 In: Pankhurst, C.; Doube, B.; Gupta, V. (Eds). Biological indicators of soil health. CAB International. New York. 464 p.

PARDO, L; VÉLEZ, C; SEVILLA, F y MADRID, O. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes Colombianos. Acta Agronómica. Vol. 55 No. 1: 9 p.

PEET, K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol 5: pp 285-307.

RIBERA, I; FOSTER, G. 1997. El uso de artrópodos como indicadores biológicos. Los Artrópodos y El Hombre: Boletín S.E.A. No 20: pp 265 – 276

SÁNCHEZ, S; MILERA, M. 2002. Dinámica de la macrofauna edáfica en la sucesión de un sistema de manejo de gramíneas a un sistema con árboles intercalados en el pasto. En: <http://revistas.mes.edu.cu:9900/EDUNIV/03-Revistas-Cientificas/Pastos-y-Forrajajes/2002/3/09902306.pdf>. 6 p.; consulta: junio 2008.

SEVILLA, F; OBERTHÜR, T; USMA, H; ESCOBAR, G; PARDO, L; NARVÁEZ, G.C. 2002. Exploración de la presencia y abundancia de la coleopterofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca. pp 37 – 43. En: Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Pasto. Universidad de Nariño.

STORK, N.E.; EGGLETON, P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. American journal of alternative agriculture (USA). Vol 7: pp 38-47

UNIGARRO, A; BURBANO, H; SÁNCHEZ, M. 2005. Evaluación de la calidad de suelos Dystric Cryandept en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, Nariño. Acta Agronómica. Vol 54, No 4: 9 p.

ZERBINO, S; ALTIER, N; MORÓN, A; RODRÍGUEZ 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.