

Distribución de macroinvertebrados del suelo en el Parque Natural Regional Páramo Paja Blanca, Nariño, Colombia*

Jean Alexander León Guevara**✉

Pedro Pablo Bacca Acosta***

Juan Fernando Muñoz Paredes****

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artículo: León, J., Bacca, P. y Muñoz, J. (2017). Distribución de macroinvertebrados del suelo en el Parque Natural Regional Páramo Paja Blanca, Nariño, Colombia. *Revista UNIMAR*, 35(1), 237-251.

Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2016

Fecha de revisión: 13 de febrero de 2017

Fecha de aprobación: 23 de marzo de 2017

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue examinar los atributos de biomasa y densidad a partir de la distribución espacial de macroinvertebrados en diferentes usos de suelo, como un indicador de calidad en el Páramo Paja Blanca, ecosistema de alta montaña localizado en la zona sur-oriental del departamento de Nariño, Colombia. Para ello se caracterizó la diversidad de macrofauna edáfica en cinco usos de suelos: Bosque, Cerca Plantada, Cerca Natural, Pastura Mejorada y Pastura Natural. Los resultados permitieron identificar un total de 65 familias con 3.022 individuos, 27 órdenes, 9 clases y 5 grupos funcionales y del total de familias encontradas, el 28 % correspondió a Bosque, el 26 % a Cerca Natural, el 16 % a Cerca Plantada, el 15 % a Pastura Natural y el 15 % a Pastura Mejorada. Estos valores indican los diferentes estados de perturbación en el páramo, siendo el uso de suelo Bosque el más distintivo y la familia Glososcolecidae pos, la más representativa.

Palabras clave: macroinvertebrados, biomasa de suelo, indicador ambiental, uso de suelo, páramo.

Distribution of soil macroinvertebrates in Paja Blanca Wasteland Regional Natural Park, Nariño, Colombia

ABSTRACT

The main objective of this research was to examine the attributes of biomass and density from the spatial distribution of macroinvertebrates in different land uses, as an indicator of quality in Paja Blanca Wasteland, high mountain ecosystem located in the southeastern part of Nariño department, Colombia. To this end, the diversity of edaphic macro-fauna was characterized in five land uses: Forest, Planted Fence, Natural Fence, Improved Pasture and Natural Pasture. The results allowed identifying a total of 65 families with 3,022 individuals, 27 orders, 9 classes and 5 functional groups. Of the total of families found, 28% corresponded to Forest, being its land use, the most distinctive; 26% to Natural Fence, 16% to Planted Fence, 15% to Natural Pasture and 15% to Improved Pasture. These values indicate the different states of disturbance in the wasteland; Glososcolecidae pos family was the most representative.

Key words: macroinvertebrates, biomass of soil, environmental indicator, land use, wasteland.

* Artículo Resultado de Investigación. Hace parte de la investigación titulada: *Análisis de la Vulnerabilidad Climática en el Páramo Paja Blanca*, desarrollada entre enero de 2014 y diciembre de 2015 en el Parque Natural Regional Páramo Paja Blanca, Nariño, Colombia.

**✉ Magíster Scientiae Agricultura Ecológica. CATIE, Master Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Integrante del Grupo Cambio Climático y Sostenibilidad. Docente Investigador, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: jleon@umariana.edu.co

*** Magíster en Ingeniería Ambiental. Investigador CORPOICA. Docente Investigador, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: pedroingeagro@gmail.com

**** Magíster Scientiae en Ingeniería Ambiental UNAM. Docente Investigador. Integrante del Grupo de Investigación Ambiental GIA. Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: jfmunoz@umariana.edu.co

Distribuição de macroinvertebrados de solos no Parque Natural Regional Páramo Paja Blanca, Nariño, Colômbia

RESUMO

O principal objetivo desta pesquisa foi examinar os atributos de biomassa e densidade a partir da distribuição espacial de macroinvertebrados em diferentes usos da terra, como indicador de qualidade no *Páramo Paja Blanca*, ecossistema de alta montanha localizado na parte sudeste do departamento de Nariño, na Colômbia. Para este fim, a diversidade do macro fauna edáfica foi caracterizada em cinco usos da terra: Bosque; Cerca Cultivada; Cerca Natural; Pasto Melhorado e Pasto Natural. Os resultados permitiram identificar um total de 65 famílias com 3.022 indivíduos, 27 ordens, nove aulas e cinco grupos funcionais. Do total de famílias encontradas 28% correspondem à Bosque, sendo seu uso da terra o mais distintivo; 26% à Cerca Natural, 16% à Cerca Cultivada, 15% ao Pasto Natural e 15% à Pastagem Melhorada. Estes valores indicam os diferentes estados de perturbação na área de páramo; Glososscolecidae pos família foi a mais representativa.

Palavras-chave: macroinvertebrados, biomassa do solo, indicador ambiental, uso do solo, terra deserta.

I. Introducción

Durante los últimos años las zonas rurales del territorio nacional, incluyendo el suroccidente colombiano y en especial los ecosistemas de páramos ubicados en las zonas altoandinas, han sufrido severas transformaciones, que han generado afectaciones, en su gran mayoría, por las actividades agropecuarias desarrolladas como un medio de subsistencia por las familias asentadas en ellas (Molano, 1999 citado por Cortés-Duque y Sarmiento, 2013); de manera que, estas zonas consideradas como sumamente frágiles, han sido intervenidas continuamente con nuevos usos del suelo, destacándose, especialmente, la tala de áreas de bosque para luego dar lugar a la siembra de cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y la posterior rotación con pastos para la alimentación en actividades ganaderas, como lo sugieren también Avellaneda-Torres, Torres y León (2014) en su investigación: *Agricultura y vida en el páramo*.

Del mismo modo, se describe que en los últimos tiempos el crecimiento y ascenso de cultivos "industriales" de la papa, promocionado por los grandes "paperos", está provocando daños muy serios a los páramos. Un análisis, permite establecer que el efecto de las actividades humanas, especialmente de los últimos decenios, ha causado cambios fundamentales en la estructura y composición de grandes áreas en muchos páramos (Van der Hammen, 2004).

De manera complementaria, es conocido que las zonas de páramos del país han sido impactados de

manera significativa, trayendo una alteración ecosistémica como la pérdida del horizonte A del suelo, contaminación de fuentes hídricas subterráneas y superficiales, la pérdida de bancos de semillas, la pérdida del flujo genético de especies de fauna y flora, desecación de turberas, alteración del ciclo hidrológico, reducción y pérdida del cinturón paramuno, ampliación del efecto de borde, migración de las especies de bosque altoandino hacia cotas más altas, pérdida de la biodiversidad y disminución de los cuerpos de agua (Serrano, 2008).

Así pues, ante esta problemática ambiental se ha definido que en los diferentes usos de suelo, la diversidad y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados puede ser usada como indicadora de la calidad del mismo (Stork y Eggleton, 1992); asimismo, al identificar a los invertebrados terrestres como agentes biológicos que juegan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como benefactores por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el que se desarrollan las plantas (Lavelle, Spain, Blanchart, Martin A. y Martin S., 1992).

En conclusión, los invertebrados juegan un papel muy importante en cuanto a la dinámica de los suelos, sin embargo, han sido ignorados en muchas ocasiones, tanto así, que se le ha restado importancia, en las relaciones de desarrollo de los servicios ecosistémicos a diferentes escalas de paisaje, y es necesario tener en cuenta su activa participación e

interacción en el desarrollo del suelo y sus propiedades físicas, químicas y biológicas; de ahí la importancia de considerar su estudio en los diferentes agroecosistemas.

En definitiva, la importancia de esta investigación radicó en la necesidad de identificar el funcionamiento, así como las condiciones generadas por el cambio de uso de suelo y las perturbaciones humanas en las zonas de páramo. Se examinaron los atributos biomasa y densidad, a través de la distribución espacial de los macroinvertebrados en los suelos de la zona del Páramo Paja Blanca, usando la metodología Tropical Soil Biology and Fertility

modificada (*TSBF*) en diferentes usos de suelo, resultado de las actividades antrópicas y la cobertura vegetal presente.

2. Metodología

La investigación fue tipo descriptivo evaluativo, se apoyó en una investigación de campo y en una revisión documental; las variables dependientes identificadas fueron: riqueza de familias, abundancia de la fauna asociada al suelo, índices de diversidad y, las variables independientes corresponde a los usos del suelo en la zona de estudio.

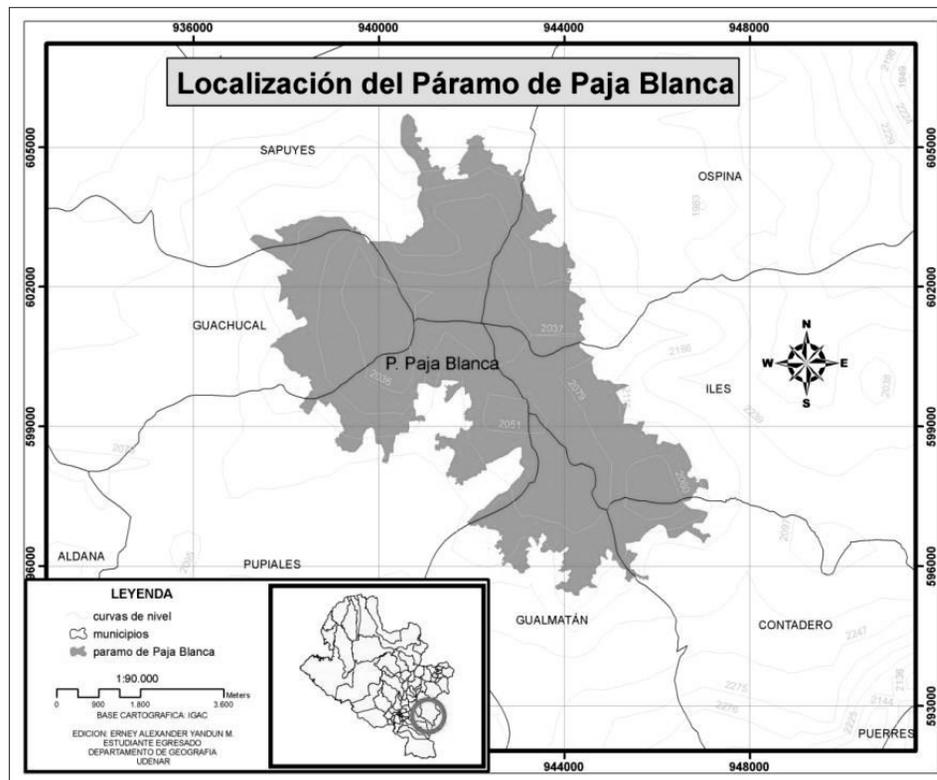


Figura 1. Localización geográfica del Páramo Paja Blanca. Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño, 2007).

Localización del experimento. Esta investigación se realizó en la región altoandina denominada: Páramo Paja Blanca, actualmente reconocido como “Parque Natural Regional (PNR) Páramo de Paja Blanca”, se localiza en la zona sur oriental del departamento de Nariño, cubre 24 veredas de la parte alta de los municipios de Iles, Ospina, Sapuyes,

Gualmatán, Pupiales, Guachucal y El Contadero, con una superficie por municipio de: 608, 181, 213, 504, 907, 223 y 468,79 ha, respectivamente. Dentro de la cartografía del departamento realizada por el IGAC (1995), Planchas 428 IV, 429 III-C, 447 II-B y 448 I-A (Corponariño y Universidad de Nariño, 2010).

Esta región también hace parte de la zona fisiográfica conocida como el Nudo de los Pastos, donde se distribuye los ecosistemas de alta montaña: Páramo, Subpáramo y Bosque Altoandino, siendo el área distribuida en bosque natural denso (1.593 ha), bosque natural fragmentado (598 ha), vegetación de páramo y subpáramo (469 ha), y mosaicos de pastos y cultivos (447 ha) (Delgado et al., 2010).

Metodológicamente, esta investigación se realizó en dos etapas, la primera consistió en seleccionar los sitios de muestreo y determinar cuáles usos de suelo eran los más relevantes de la zona, a través de un análisis de la cobertura vegetal, utilizando el Sistema de Información Geográfico (SIG) Arc Gis V.9.3 con información cartográfica: mapa de usos de suelo, mapa de curvas de nivel, zonas de vida y mapa de cuencas hidrográficas.

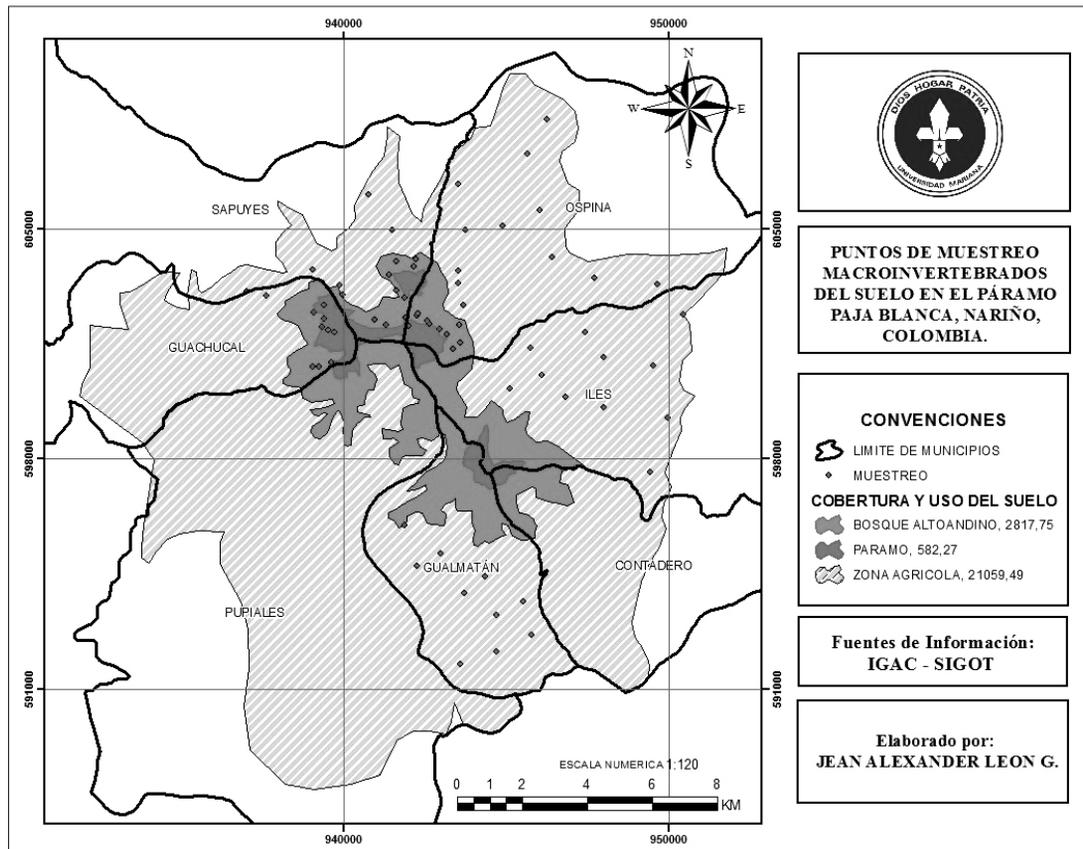


Figura 2. Puntos de muestreo de macroinvertebrados y coberturas de suelo.

También se realizó una caracterización de la macrofauna edáfica a través de un muestreo, utilizando la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility modificada (TSBF), (Anderson e Ingram, 1993). Se seleccionaron los puntos en donde se realizaron 20 monolitos al azar para cada uso de suelo, con una dimensión de 25 cm de largo por 25 cm de ancho y una profundidad de 30 cm, el cual se dividió en tres cortes u horizontes de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm y 20 a 30 cm, obteniendo así las muestras, que luego fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Mariana y montadas en embudo de Berlese.

Para la recolección de la macrofauna existente en cada estrato, se utilizaron recipientes con alcohol al 70%, etiquetados previamente según las características del sitio de colecta, los organismos encontrados se contabilizaron e identificaron con la ayuda de estereoscopios hasta nivel de familia, con el apoyo de claves taxonómicas en los laboratorios de la Universidad Mariana sede Alvernia y en la Universidad de Nariño.

En la segunda etapa, se realizó el procesamiento de datos y el análisis estadístico de la composición de

las comunidades de macrofauna, a partir de los resultados de las abundancias obtenidas para cada una de las especies registradas en cada sitio de estudio, graficando curvas de abundancia-dominancia, rango-dominancia o curva de Whittaker, para comparar la composición de especies entre muestras a partir de la riqueza específica y los índices de diversidad.

3. Resultados y Discusión

Usos de suelo: la selección de sitios de muestreo permitió identificar cinco usos de suelo como los más representativos de la zona de estudio, de manera complementaria se identificó el área en cada municipio según sus usos más representativos (Tabla 1).

Tabla 1. Usos de suelos identificados en los municipios de estudio y áreas correspondientes

Uso de suelo	Municipio	Area(ha)
Bosque (B)	Sapuyes-Guachucal	843
Cerca viva plantada (CP)	Guachucal	2250
Cerca viva natural (CN)	Guachucal	4500
Pastura natural (PN)	Pupiales, Iles, Sapuyes, Gualmatan Sapuyes-Contadero-	15649
Pastura mejorada (PM)	Gualmantan, Ospina	8431

Una vez identificado el uso de suelo en diferentes municipios, se obtuvieron las principales especies de vegetación, que corresponden a: 5 especies en

uso de Bosque, 3 especies en PM, 1 especie en PN, 5 especies en CN y 9 especies en CP. (Tabla 2).

Tabla 2. Principales especies de vegetación presentes en el lugar de muestreo

Usos de Suelo	Especies representativas
Bosque	Motilón (<i>Freziera reticulata</i>), Sauco (<i>Sambucus nigra L.</i>), Chilca (<i>Escallonia paniculata</i>), Amarillo (<i>Miconia bieappendiculata</i>).
Pastura Mejorada	Tetralite, (<i>Lolium multiflorum.</i>), Trebol, (<i>Trifolium repens L.</i>), Raigrass. (<i>Lolium perenne</i>)
Pastura Natural	Kikuyo. (<i>Pennisetum clandestinum</i>)
Cerca viva Natural	Chilca, (<i>Escallonia paniculata</i>), Mayo (<i>Vochysia ferruginea Mart.</i>), Cujaco (<i>Solanum ovalifolium</i>), Mote (<i>Cavendishia pubescens.</i>), Sauco (<i>Sambucus nigra L.</i>)
Cerca viva Plantada	Chilca (<i>Escallonia paniculata</i>), Eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>), Mora silvestre (<i>Rubus bogotensis</i>), Pino (<i>Podocarpus oleifolius.</i>), Amarillo (<i>Miconia bieappendiculata</i>) cedrillo (<i>Cedrela montana</i>), Guanto (<i>Brugmansia Arborea (L.) Lagerh</i>), Acacia (<i>Acacia mangium Willd.</i>), Aliso (<i>Alnus acuminata Kunth</i>), Ciprés (<i>Cupressus lusitanica Mill</i>).

Caracterización de macrofauna: la recolección de monolitos permitió examinar los atributos biomasa y densidad en los diferentes usos de suelo, con un registro total de 65 familias con 3.022 individuos, 27 órdenes (Bosque 23, C. Plantada 19, C. Natural 23,

Past. Natural 13 y Past. Mejorada 9), 9 clases y 5 grupos funcionales. De igual manera, se encontró un total de 44 familias que corresponden a Bosque, 34 a C. Plantada, 40 a C. Natural, 24 a Past. Natural y 23 a Past. Mejorada.

Tabla 3. Inventario de macrofauna del suelo para los usos de suelo de bosque (1), cerca plantada (2), cerca natural (3), pastura natural (4) y pastura mejorada (5)

Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Uso de Suelo
Detritívoros	Arachnida	Acarina	<i>Trombidiformes Sp.1</i>	1
Detritívoros	Insecta	Collembola	<i>Entomobryidae</i>	1, 2
Detritívoros	Crustácea	Isopoda	<i>Oniscidae</i>	1, 2, 3
Detritívoros	Insecta	Blattodea	<i>Blattidae</i>	1, 3
Detritívoros	Arachnida	Acarina	<i>Mesostigmata Sp.1</i>	2, 3, 4, 5
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Cicadidae</i>	1
Herbívoros	Gastropoda	Stylommatophora	<i>Stylommatophora Sp.1</i>	1
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Delphacidae</i>	1, 2, 3
Herbívoros	Gastropoda	Gastropoda	<i>Gastropoda Sp.1</i>	1, 2, 4, 5
Herbívoros	Insecta	Lepidoptera	<i>Noctuidae</i>	1, 5
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Enicocephalidae</i>	2
Herbívoros	Insecta	Lepidoptera	<i>Sp. 4</i>	2, 3, 4, 5
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Berytidae</i>	3
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Fulgoridae</i>	3
Herbívoros	Gastropoda	Gastropoda	<i>Gastropoda</i>	3
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Miridae</i>	3
Herbívoros	Insecta	Hemiptera	<i>Cicadellidae</i>	4
Ingenieros del ecosistema	ligochaeta	Haplotaxida	<i>Glossoscolecidae</i>	1, 2, 3, 4, 5
Ingenieros del ecosistema	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Glossoscolecidae Sp. 2</i>	1, 2, 3, 4, 5
Ingenieros del ecosistema	Oligochaeta	Haplotaxida	Pos. Ocnerodrilidae	1, 2, 4, 5
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Caponiidae</i>	1
Predador	Insecta	Dermaptera	<i>Forficulidae</i>	1
Predador	Turbellaria	Tricladida	<i>Planariidae</i>	1
Predador	Chilopoda	Scolopendromorpha	<i>Cryptopidae</i>	1, 2, 3
Predador	Chilopoda	Geophilomorpha	Pos. Neogeophilidae	1, 2, 3, 4
Predador	Hirudinea	Hirudinea	<i>Hirudinea Sp.1</i>	1, 2, 3, 4, 5
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Sp. 1</i>	1, 2, 3, 4, 5
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Dipluridae</i>	1, 3
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Tetragnathidae</i>	1, 3, 5
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Pholcidae</i>	2
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Lycosidae</i>	2, 3, 4, 5
Predador	Arachnida	Aranae	<i>Theridiidae</i>	3
Sin identificar	Insecta	Thysanura	Pos. Nicoletiidae	1
Sin identificar	Diplopoda	Polydesmida	<i>Chelodesmidae</i>	1, 2, 3, 4, 5

Sin identificar	Insecta	Neuroptera	Hemerobidae	3
Sin identificar	Insecta	Hymenoptera	Ichneumonidae	3
Sin identificar	Insecta	Phasmida	Phasmatidae	3
Sin identificar	Insecta	Hymenoptera	Braconidae	4
Sin registrar	Insecta	Psocoptera	Psocoptera Sp.1	2, 3
Sin registrar	Insecta	Hymenoptera	Hymenoptera Sp.1	1
Transformadores de hojarasca	Insecta	Diptera	Bibionidae	1
Transformadores de hojarasca	Diplopoda	Polydesmida	Cryptodesmidae	1
Transformadores de hojarasca	Insecta	Coleoptera	Melolonthidae	1, 2
Transformadores de Hojarasca	Insecta	Diplura	Japygidae	1, 2, 3
Transformadores de hojarasca	Arachnida	Opilionida	Opilionida Sp.1	1, 2, 3
Transformadores de hojarasca	Insecta	Coleoptera	Sp. 3	1, 2, 3

El porcentaje de familias según el inventario realizado en los cinco usos de suelo estudiados, permitió identificar claramente que el uso de suelo bosque (B) presentó mayor número de familias con

28%, seguido por cerca natural (CN) con 26%, y en un porcentaje similar los usos de suelo; cerca plantada (CP) y pastura natural (PN) con 16%, y el uso de suelo Pastura Mejorada (PM) con 15%.

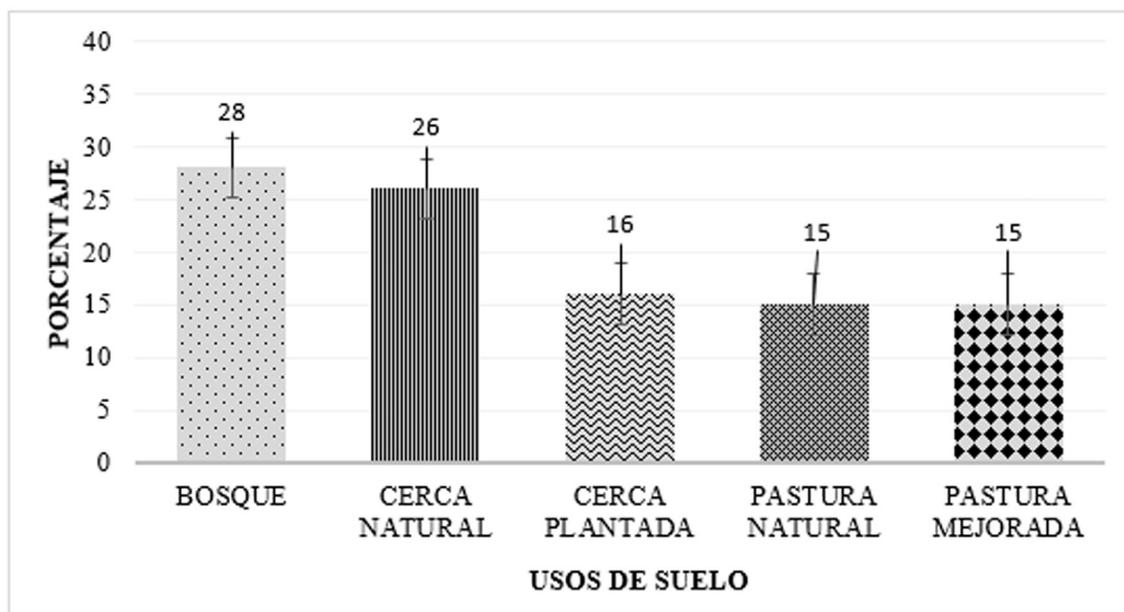


Figura 3. Porcentaje de familias registradas por uso de suelo.

Se resalta la relación directa entre la cobertura vegetal y la presencia de la macrofauna del suelo en valores de porcentaje de las familias identificadas, se establece que el nivel de intervención antrópica por cambios en el uso del suelo genera este tipo de resultados. En investigaciones realizadas por Pashanasi (2001) y Villavicencio et al. (2009) en Perú y, Barros, Pashanasi, Constantino y Lavelle, (2002) en Brasil, se examinó desde los bosques, los sistemas agroforestales y los pastizales, hasta los sistemas de cultivos anuales, encontraron resultados similares, además de la alta influencia de sistemas productivos tradicionales en la afectación de la biota del suelo.

Los procesos de disturbio y recuperación que afectan la biodiversidad bajo suelo, también se manifiestan en diferentes escalas espaciales y temporales (por ejemplo, varias frecuencias), muchas veces enlazadas entre sí. El principio central es que el significado funcional de la diversidad biológica cambia

de acuerdo con las escalas de espacio y tiempo (Lavelle et al., 2004). En términos generales, esto quiere decir: qué, dónde y cuándo se mide, tomando en cuenta los aspectos de la biodiversidad que puedan afectar, de manera general, a los servicios del ecosistema en diferentes tipos de comparaciones.

De igual manera y con respecto a los resultados encontrados, Barraqueta (2000), Villalobos et al. (2000) y Villavicencio et al. (2004) (como se cita en Fragela, Díaz y Álvarez, 2006), afirman que las transformaciones en las condiciones ambientales del suelo originadas por la actividad agrícola y la consecuente destrucción mecánica de los microhábitats, tienen una repercusión negativa sobre la fauna edáfica, generando un fuerte impacto en los usos de suelo estudiados y, consecuentemente, la actividad biológica de los usos muestran aspectos desfavorables, dados por la actividad agrícola y las características físico-químicas del suelo.

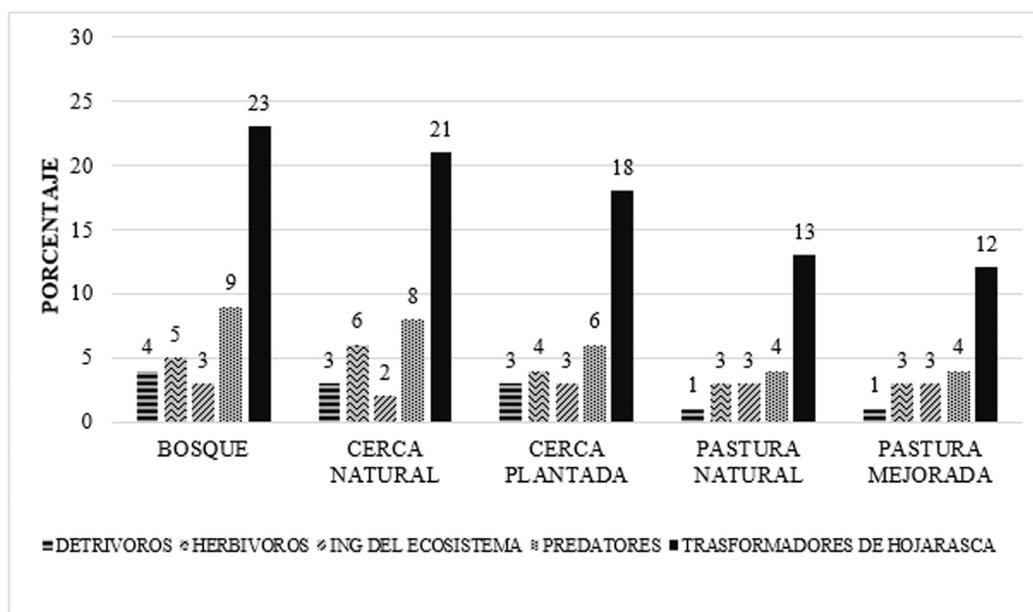


Figura 4. Identificación de grupos Funcionales.

Así mismo, la macrofauna registrada se dividió en cinco grupos funcionales (Figura 4) en cada uno de los usos de suelo, como son: transformadores de hojarasca, predadores, ingenieros del ecosistema, herbívoros y detritívoros. Se encontró que el bosque registró la mayor cantidad de transformadores de hojarasca con el 23%, predadores con 9% y detritívoros con el 4%, y de manera opuesta, el uso de suelo

de pastura mejorada los menores resultados; 12% para transformadores de hojarasca, 4% para predadores y 1% para detritívoros.

Zerbino, Altier, Morón y Rodríguez (2008), afirman que las diferencias en la proporción de los grupos funcionales de las comunidades de la macrofauna en diferentes usos de la tierra, pueden ser atribui-

bles a la riqueza de las especies vegetales, a los cambios en las propiedades del suelo y al manejo, que a su vez, determinan la cantidad y calidad de los recursos y afectan las interacciones entre los grupos.

Así los invertebrados terrestres, juegan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, como benefactores por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas (Lavelle et al., 1992).

De igual manera, Pankhurst (1994, 1997) afirma que la degradación física y química del suelo, en cuanto a la pérdida de su estructura (por efecto de la erosión, sedimentación, disgregación o compactación) y fertilidad (materia orgánica, nutrientes), está íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida cuantitativa y/o cualitativa de invertebrados clave de la macrofauna edáfica, que

regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas biogénicas.

Con respecto a esta situación, Lee (1985) y Zerbino et al. (2008), encontraron que los sistemas de cultivos intensivos en Cuba, alojaban menores poblaciones de depredadores, que podría estar dado por perturbaciones en el área y otros aspectos relacionados con indicadores químicos y físicos, donde su comportamiento siempre expresa el estado biológico del suelo.

Caracterización ecológica

La caracterización ecológica a través de curvas de Whittaker y los índices ecológicos, permitieron establecer la distribución de la macrofauna en los usos de suelo estudiados y a nivel de profundidades o perfiles 0-10, 10-20 y 20- 30 cm.

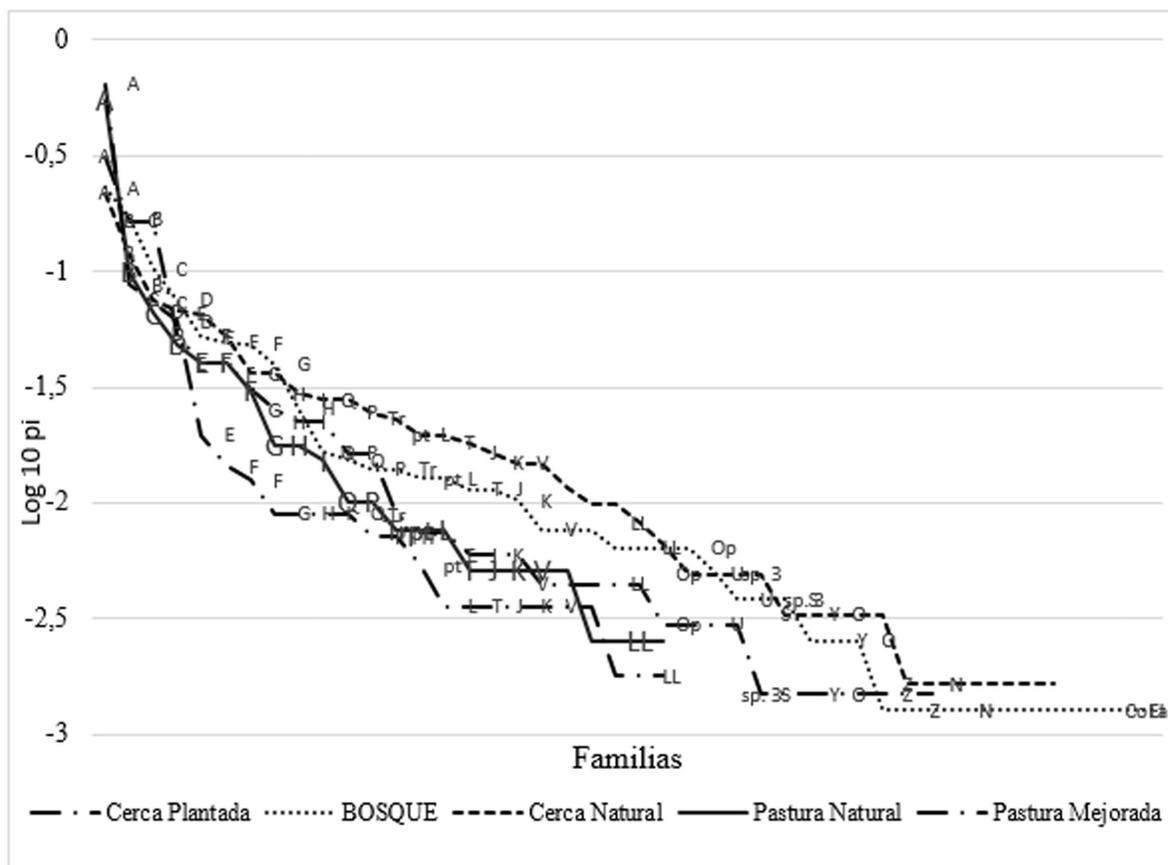


Figura 5. Abundancia relativa por uso de suelo; Referencias: A: Glososcolecidae, B: Chelodesmidae, C: Japygidae, D: Cryptopidae, E: Campodeidae, F: Spirostreptidae, E: Campodeidae, G: Cryptodesmidae, H: pos. Neogeophilidae, I: Blattidae, J: Curculionidae, K: Melolonthidae, L: Scarabaeidae, LL; Sp. 2, M: Lycosidae, N: pos. Ocnodrilidae, O: Carabidae, P: Oniscidae, Q: Sp. 1, S: Tipulidae, T: Dipluridae, U, V: Hirudinea sp, W: Miridae, X: Mesostigmata sp.1, Y: Gastropoda sp.1, Z: Noctuidae.

La Figura 5, indica que la familia *Glososcolecidae* presentó los valores más altos de dominancia para los cinco usos de suelo, catalogándose como un grupo taxonómico potencial para ser utilizado como bioindicador de la calidad del suelo. Por lo tanto, es importante conocer sus hábitos de vida, cuyos integrantes ingieren suelo y se alimentan principalmente de la materia orgánica del suelo a diferentes niveles de humificación; por otra parte, también son considerados como ingenieros del ecosistema (Jones, Lawton y Shachak, 1994).

Arias, Guapacha y Toro (2015), evidencian que aquellos ambientes con una mayor heterogeneidad espacial contienen más especies, porque proporcionan una mayor variedad de microhábitats y una gama amplia de microclimas, donde según Begón, Townsend y Harper (2006), la correlación entre la riqueza de especies animales y la diversidad estructural de plantas es más intensa que la correlación con la diversidad de especies vegetales.

Al realizar cambios físicos en el suelo que controlan la disponibilidad de los recursos para otros organismos edáficos, incluyendo las plantas y sus raíces. Con su actividad los ingenieros crean estructuras físicas biogénicas que ejercen un efecto regulador sobre los organismos menores a través de: la competencia por los recursos, principalmente materia orgánica, la activación de la microflora edáfica, vía mutualismos y el “priming effect”, su influencia en el ciclo del carbono y la disponibilidad de nutrientes y cambios en la actividad rizosférica, como el crecimiento de raíces y de poblaciones de organismos rizosféricos (Lavelle et al., 1997; Brown, Barois y Lavelle, 2000). A nivel general, la actividad de la familia *Glososcolecidae* también puede aumentar o disminuir la productividad del ecosistema. Efectos positivos han sido documentados para las lombrices y los termes en diferentes investigaciones (Brown et al. 1999; Lee y Wood 1971; Lee 1985; Okello-Oloya y Spain 1989; Watson, 1977).

Feijoo, Zúñiga, Quintero y Lavelle (2007), sugiere que el dominio de la familia *Glososcolecidae* seña-

la que futuros proyectos deberán concentrarse en este grupo, y es necesario que las investigaciones también incluyan la evaluación del impacto de diferentes sistemas de producciones agropecuaria sobre las poblaciones de lombrices terrestres nativas. Si bien en Colombia ha ocurrido un incremento de los estudios faunísticos y ecológicos sobre las lombrices de tierra, todavía falta mucho por hacer, sobre todo, si se pretende comprender el papel que desempeña esta biodiversidad de especies en el funcionamiento de ecosistemas naturales y agroecosistemas derivados.

Índices ecológicos

La Figura 6 presenta los índices de Simpson y Shannon Winner, en donde los perfiles de suelo, de 0-10 en índice de Shannon, fueron mayores en cerca natural con un valor de 1.329 y menor en pastura mejorada con un valor de 0.711. En el perfil de 10-20, el uso de suelo de pastura natural fue el que lideró con un valor de 1.206 y el menor fue en pastura mejorada con un valor de 0.458 y, finalmente, para el perfil de 10 a 30, el uso de suelo de bosque fue el que obtuvo el mayor valor con 1.132 a diferencia de 0.394, que fue el menor valor encontrado en pastura mejorada.

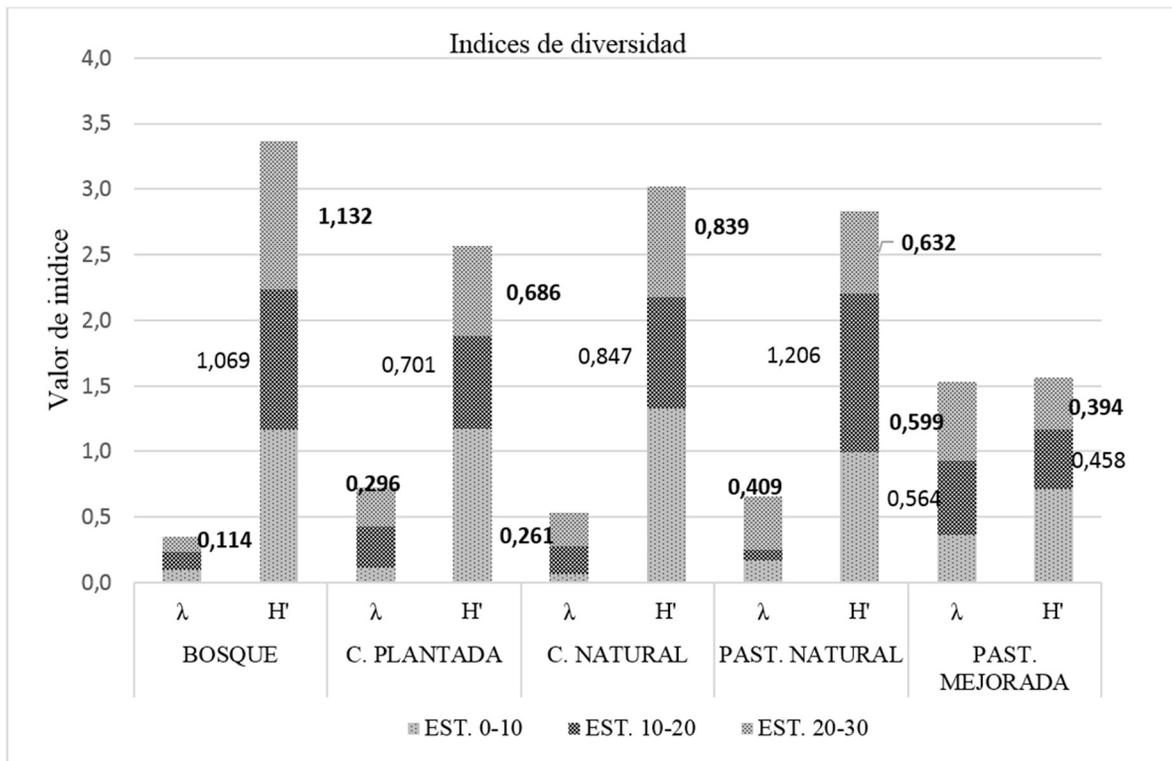


Figura 6. Índices de diversidad por uso de suelo y estrato (Est.).

En la Figura 6 se puede evidenciar que el uso de suelo de bosque en los tres perfiles se encuentra dominando en relación al índice diversidad. Frente a esto Fragoso y Lavelle (1992), mencionan que tanto el mayor valor de riqueza de familias como el de exclusividad alcanzados en los bosques secundarios, evidenciaron la importancia de la variabilidad florística y de la heterogeneidad de los recursos en el suministro de las fuentes de alimento y refugio, necesarias para conservar la diversidad de las comunidades edáficas; lo anterior, también se relacionó con la cobertura presente en estos bosques, que provee un aporte considerable de hojarasca y sombra para mantener estables los valores de temperatura y humedad en el suelo, todo lo cual favoreció el desarrollo de comunidades más diversas.

De igual manera, Granados y Barrera (2007), encontraron mayor número de especies, géneros y familias en relictos de bosques en comparación con las áreas sin cobertura arbórea y, de modo general, concluyeron que las áreas con mayor diversidad y riqueza de plantas y un porcentaje más alto de cobertura, pueden manifestar una mayor diversidad de la macrofauna del suelo.

Por otra parte, se puede observar que, en el uso de suelo de pastura mejorada, los resultados son inferiores con relación al resto, probablemente esto se presente ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo.

Otro aspecto que se debe resaltar es la estructura de la vegetación, principalmente la presencia de diferentes estratos. La cobertura arbórea y/o arbustiva en el ordenamiento de los ecosistemas es de suma importancia, pues garantiza la entrada continua y abundante de material orgánico vegetal y un microambiente más favorable para el establecimiento de los macroinvertebrados del suelo (Rodríguez, Guerra, Gorrín, Arbelo y Mora, 2002).

Otra causa posible es el régimen de pastoreo y, por ende, el pisoteo de los animales, pudo haber afectado la densidad y la biomasa de la macrofauna en el pastizal. Lok (2005) expresó que la compactación de los suelos de los pastizales por una determinada

carga ganadera, puede reducir la población de invertebrados edáficos.

Ahora, si se tiene en cuenta que la actividad agrícola en esta zona es netamente agropecuaria y además que, año tras año, se viene expandiendo la frontera agrícola para dar paso a estos sistemas de producción (Corponariño y Universidad de Nariño, 2007), se vería beneficiado aún más, pero a muy alto costo. Por tal razón, es necesario que se piense en estrategias para limitar este problema, estrategias que además de promover la alta producción, tengan en cuenta el medioambiente; es decir, que sea sostenible, como por ejemplo, los sistemas agroforestales, los cuales a través del uso de cercas vivas y sistemas silvopastoriles, se podrían implementar y adoptar en estos sistemas de producción convencionales.

Ante esto, Sánchez et al. (2005), mencionan que la presencia natural de las especies arbóreas que hoy dominan potreros y cercas vivas, parece haber tenido un importante impacto sobre la vegetación actual, ya que la mayoría de las especies comunes, en estos paisajes, son las mismas que los productores seleccionan y retienen cuando establecen o manejan sus potreros.

Por otra parte, Harvey et al. (2003), comenta que la transformación y fragmentación de los bosques representan las principales causas de la pérdida de diversidad biológica a nivel global. Como consecuencia de la deforestación y fragmentación de los bosques, hoy en día muchas regiones del planeta han sido transformadas a agropaisajes. Estos agropaisajes, por lo general, son dominados por una matriz de potreros o cultivos anuales, pero aún retienen alguna cobertura arbórea dispersa en forma de pequeños parches remanentes de bosques, franjas angostas de bosques ribereños (riparios) y árboles dispersos. A veces estos paisajes también incluyen cercas vivas, que han sido establecidas por los productores para dividir potreros o campos agrícolas y evitar el paso de animales (Lozano, 1962). No obstante, de manera amplia, la importancia ambiental de las cercas vivas como potenciales hábitat y como corredores biológicos remanentes, no han sido profusamente estudiado, menos aún se ha dilucidado su importancia en la conectividad entre remanentes boscosos y áreas ganaderas transformadas.

Pither y Kellman (2002), mencionan que se tienen registros de diferencias marcadas en la diversidad, riqueza, abundancia, y estructura de la vegetación entre los hábitats de una región ganadera. Los bosques ribereños fragmentados pueden poseer mayor riqueza y diversidad de especies que los demás hábitat, debido a condiciones ecológicas favorables como humedad, bajas temperaturas y sombra. Los autores mencionados soportan la importancia de dar un manejo adecuado sostenible a los sistemas agropecuarios, donde no solo está en juego un componente del sistema, en este caso las pasturas, sino que también se visualiza como un conjunto de componentes que deben interactuar entre sí, buscando el mismo objetivo: producir de manera sostenible.

Además, se menciona que los sistemas silvopastoriles ofrecen servicios ambientales como la recuperación y mejoramiento de los suelos, ciclos locales de agua y nutrientes donde se destacan la fijación del nitrógeno, la movilización del fósforo, el mantenimiento, conservación, recuperación de la diversidad biológica y captura de CO₂, que se considera una contribución a fenómenos globales de interés internacional (Pinto et al., 2005).

De manera similar, se señala que los sistemas silvopastoriles favorecen la economía y generan oportunidades para mejorar las relaciones sociales de producción y desarrollo rural, ya que elevan las respuestas productivas y reproductivas de las explotaciones ganaderas (Jiménez, 2007).

Con relación a este tema, Gómez (2002), en su estudio denominado: "Cambios y transformaciones en el suelo del bioma de páramo por el cambio climático", menciona que:

Los suelos, especialmente los de ecosistemas paramunos, no deben estar expuestos a la radiación solar ni a la inclemencia de las lluvias y el viento. Por eso debemos volver a observar la estructura o arquitectura de la vegetación natural con sus estratos, su diversidad de formas que proporcionan una sombra suficiente para dejar entrada a la luz, aire y agua, que regula la agresividad del clima, generando un microclima adecuado para que el suelo tenga una pedogénesis convergente hacia un estado creciente de auto-organización dinámica en equilibrios y su sostenibilidad. (p. 73).

4. Conclusiones

El inventario de la fauna del suelo, mostró un descenso en la composición taxonómica de acuerdo con la intensidad de uso, provocado –probablemente– por intervención antrópica, generada por los sistemas productivos locales como ganadería lechera y el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

El uso de suelo bosque, presentó la mayor riqueza, seguido de cerca natural, lo cual evidencia la importancia de la variabilidad florística y de la heterogeneidad de los recursos en el suministro de las fuentes de alimento y refugio necesarias para conservar la diversidad de las comunidades edáficas.

La familia *Glossoscolecidae* presentó los valores más altos de dominancia para los cinco usos de suelo, catalogándose como un grupo taxonómico potencial para ser utilizado como bioindicador de la calidad del suelo.

El uso de suelo cerca natural fue el que más se destacó como nicho ecológico para la familia *Glossoscolecidae* en escenarios futuro de 2020 y 2050. Resultado favorable, pues, además de promover la conservación de esta familia de importancia ecológica, se puede tener en cuenta como corredor biológico, convirtiéndose a su vez, en una estrategia de adaptación de las áreas protegidas ante el cambio climático.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud con la Universidad Mariana, Facultad de Posgrados y Relaciones Internacionales, por el apoyo administrativo y logístico para la realización de esta investigación. Al Dr. David Coral Medina y al MSc. Hernán Zamora por sus contribuciones.

6. Conflicto de Intereses

Los autores de este artículo declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses sobre el trabajo presentado.

Referencias

- Anderson, J. & Ingram, J. (1993). *Tropical soil biology and Fertility: a handbook of methods* (2nd Ed.). Wallingford, U.K.: CAB International.
- Arias, P., Guapacha, K. y Toro, B. (2015). Influencia de la regeneración de plantaciones sobre la diversidad y densidad de macroinvertebrados edáficos (Caldas, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 19(1), 49-64. DOI: 10.17151/bccm.2015.19.1.4
- Avellaneda-Torres, L., Torres, E. y León, T. (2014). Agricultura y vida en el páramo: una mirada desde la vereda el Bosque (Parque Nacional los Nevados). *Cuadernos de desarrollo rural*, 2(73), 105-128. Doi: IO.III44/Javeriana.CDR II-73.avpm
- 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*, 35, 338-347.
- Begón, M., Townsend C. y Harper J. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Brown, G., Pashanasi, B., Villenave, C., Patron, J., Senapati, B., Giri, S., Barois, I., Lavelle, P., Blanchart, E., Blakemore, R., Spain, A. y Boyer, J. (1999). Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: P. Lavelle, L. Brussaard & P. Hendrix (Eds.). *Earthworm management in tropical agroecosystems* (pp. 87-147). Wallingford U.K.: CAB International.
- Brown, G., Barois, I. y Lavelle, P. (2000). Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edafic functional domains. *European Journal of Soil Biology*, 36(3-4), 177-198.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) y Universidad de Nariño. (2007). *Grupo de investigación en biología de páramos y ecosistemas andinos*. Informe final, proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño.
- Corponariño y Universidad de Nariño. (2010). *Diagnóstico socioeconómico y cultural del área propuesta como parque natural regional paramo paja blanca*. San Juan de Pasto, Nariño: Corponariño.
- Cortés-Duque, J. y Sarmiento, C. (eds). (2013). *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Bogotá, D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Delgado A., Zambrano, J., Ramos, M., Arteaga J, Casanova M., Narváez G., Calderón J., David., M., Pantoja Y. (2010). *Declaratoria del Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca Territorio Sagrado de los Pastos*. San Juan de Pasto, Colombia: Corporación Autónoma Regional

- de Nariño CORPONARIÑO, Grupo de Investigación Terra, Asociación GAICA.
- Feijoo, A., Zúñiga, M., Quintero, H. y Lavelle, P. (2007). Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 30(2), 235-249.
- Fragela, M., Díaz, C. y Álvarez, J. (2006). *Evaluación de indicadores biológicos del suelo en un sistema agrícola perteneciente a la finca la primavera de la provincia de Matanzas*. Cuba: Universidad de Matanzas.
- Fragoso, C. y Lavelle, P. (1992). Earthworm communities of tropical rainforests. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1397-1408.
- Gómez, C. (2002). Cambios y transformaciones en el suelo del bioma de páramo por el cambio climático. *Congreso Internacional de Páramos. Memorias Tomo 1*. Recuperado de <http://www.portalces.org/paramos/directorio/referencias-bibliograficas/articulos-libros/cambios-transformaciones-suelo-del230p>.
- Granados, A. y Barrera, J. (2007). Efecto de la aplicación de biosólidos sobre el repoblamiento de la macrofauna edáfica en la cantera Soratama, Bogotá, D.C. *Universitas Scientiarum*, 12(Es2), 73-84.
- Harvey, C., Villanueva, C., Villacis, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M... Sinclair, F. (2003). Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 30-39.
- Jiménez, A. (2007). *Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles SSP para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental*. (Tesis Mag. Sc. Turrialba). Costa Rica. CATIE.
- Jones, C., Lawton, J. y Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373-386.
- Lavelle, P., Bignell, D., Austen, M., Brown, V., Behan-Pelletier, V., Garey, J., Giller, P... Paul, E. (2004). 'Connecting soil and sediment biodiversity: The role of scale and implications for management'. In: D. H. Wall (ed.), *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments*. Washington, D.C.: Island Press.
- Lavelle, P., Spain, A., Blanchart, E., Martin, A. y Martin, S. (1992). Impact of soil fauna on the properties in the humid tropics. In: *Myths and Science of Soil of the Tropics* (pp. 157- 185). Washington, D.C., USA: Soil Science Society of America Inc.
- Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., Lopez, D., Pashanasiy, B., Brussard, L. y Benckiser, G. (1997). General Introduction. In: G. Benckiser (ed.), *Fauna in Soil Ecosystems Recycling Processes, Nutrient Fluxes and Agricultural Production*. CRC Press.
- Lee, K. (1985). *Earthworms: Their ecology and relationships with soil and land use*. Australia: Academic Press.
- Lee, K. & Wood, T. (1971). *Termites and soils*. Londres: Academic Press.
- Lok, S. (2005). *Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno*. (Tesis inédita de Doctorado en Ciencias Agrícolas). Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
- Lozano, O. (1962). *Postes vivos para cercos*. (Tesis inédita de Maestría en Agricultura). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Okello-Oloya, T. y Spain, A. (1989). Comparative growth of two pasture plants from north-eastern Australia on the mound materials of grass and litter-feeding termites (Isoptera: Termitidae) and on their associated surface soils. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 22(3), 291-311.
- Pankhurst, C. (1994). Biological Indicators of soil health and sustainable productivity. In: D. Greenland & I. Szabolcs (Eds.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use* (pp. 331-351.). Wallingford, UK.: CAB International.
- _____. (1997). Biodiversity of soil organisms as an indicator of soil health. In: C. Pankhurst, B. Doube & V. Gupta (Eds.), *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, UK.: CAB International.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Rev. Folia Amazónica*, 12(1-2), 75-97.
- Pinto, R., Martínez, B., Velasco, R., Gómez, H., Medina, F., Hernández, A., Vázquez, J... Pezo, D. (2005). Características nutricionales de arbóreas forrajeras de la región fronteriza de Chiapas. En: *XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal* (pp. 365-367). Tampico, México.
- Pither, R. y Kellman, M. (2002). Tree species in small tropical riparian forest fragments in Belize, Central America. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1623-1636.

- Rodríguez, A., Guerra, J., Gorrín, S., Arbelo, C. y Mora, J. (2002). Aggregates stability and water erosion in Andosols of the Canary Islands. *Land Degradation and Development*, 13, 515-523.
- Sánchez, D., Harvey, C., Grijalva, A., Medina, A., Vílchez, S. y Hernández, B. (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. biol. trop*, 53(3-4), 387-414.
- Serrano, C. (2008). *Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático Informe preventivo*. Colombia: Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios Imprenta Nacional de Colombia.
- Stork, N. & Eggleton, P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality Agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 38-47.
- Van Der Hammen, T. (2002). Diagnóstico, cambio global y conservación. *Memorias Congreso Mundial de Páramos*. Bogotá: MMA CARC. CIC. IDEAM.
- Villalobos, F., Ortiz, R., Moreno, C., Pavón, N., Hernández, H., Bello, J. y Montiel, S. (2000). Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea Maiz* durante la fase postcosecha en la Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 80, 167-183.
- Villavicencio, D. et al. (2009). Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el parque nacional Tingo María, Huánuco, Perú. Recuperado de http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadedesolo/pdf/resumos/Poster_DaliaL.pdf.
- Watson, J. (1977). The use of mounds of the termite *Macrotermes falciger* (Gerstaecker) as a soil amendment. *Journal of Soil Science*, 28, 664-672.
- Zerbino, M., Altier, N., Morón, A. y Rodríguez, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, 12(1), 44-55.