

EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN CULTIVO EN  
CALLEJONES CON *Morella Pubescens* H.B.K y *Smilax sonchifolius* (Poepp. &  
Endl.) H. Robinson, BOTANA - PASTO.

ANA CAROLINA SANTACRUZ ORTIZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO

2019

EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN CULTIVO EN  
CALLEJONES CON LAUREL DE CERA *Morella Pubescens* H.B.K Y *Smilax*  
*sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, BOTANA - PASTO.

ANA CAROLINA SANTACRUZ ORTIZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de INGENIERA  
AGROFORESTAL

Presidente de tesis:

IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS M.Sc.

Co-Presidente de tesis:

MARTÍN ALONSO MUÑOZ RODRÍGUEZ M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO

2019

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

NOMBRES

Firma de presidente de tesis

---

Firma de copresidente de tesis

---

Firma de jurado

---

Firma de jurado

SAN JUAN DE PASTO, \_\_\_\_\_

## **Dedicatoria**

Le agradezco esta oportunidad a Dios representado en la maravillosa naturaleza, a mis papás por apoyarme en cada momento y presionarme positivamente. Finalmente, a profesores, amigos, compañeros los que de alguna u otra forma contribuyeron a que este trabajo sea realizado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi presidente de tesis Iván Andrés Delgado M. Sc y copresidente Martín Alonso Muñoz M. Sc, Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; por darme la oportunidad de realizar este trabajo de grado

A los jurados de tesis Jorge Fernando Navia Estrada Ph. D y Diego Pérez Ph.D., Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; por su aporte al conocimiento

A Mauricio, Biólogo M.Sc Laboratorista de Entomología Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por su ayuda en el laboratorio

Jorge Vélez PhD. por su colaboración en los procesos estadísticos.

Al grupo de investigación PIFIL, por su oportunidad de llevar a cabo esta investigación como también a su directora Gloria Cristina Luna Cabrera por su adecuada organización y dirección en las actividades

A María Fernanda Urbano I.AF por sus buenas ideas.

Les agradezco a todos ustedes, puesto que sin su ayuda no habría sido posible realizar este trabajo.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	11
RESULTADOS .....	14
CONCLUSIONES.....	26
Recomendaciones .....	26
BIBLIOGRAFÍA .....	27

**Evaluación de la macrofauna del suelo en cultivo en callejones con *Morella pubescens* H.B.K y *Smilax sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, Botana, Pasto**

Soil macrofauna evaluation in alley cropping with *Morella pubescens* H.B.K and *Smilax sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, Botana, Pasto

**Ana Carolina Santacruz Ortiz<sup>1</sup>, Iván Andrés Delgado Vargas<sup>2</sup>, Martín Alonso Muñoz Rodríguez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante-Tesista-Asistente. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail: carolina-887@hotmail.com. 2019.

<sup>2</sup>I. AF. M.Sc. Docente investigador. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail: ivan.delgado@udenar.edu.co. 2019.

<sup>3</sup>I. AF. M.Sc. Docente investigador. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail: martinmunoz236@udenar.edu.co. 2019.

### **RESUMEN**

Se evaluó la macrofauna del suelo en un cultivo en callejones con laurel de cera y yacón en la Granja Experimental Botana-Pasto. Se trabajó en una parcela de 54x60 m, con un diseño experimental de tres tratamientos con tres repeticiones (20x18 m) a diferentes distancias de siembra del *S. sonchifolius* (1; 0,8 y 0,5 m). El muestreo de macrofauna se realizó en tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm) en nueve sitios de muestreo al azar mediante la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) modificada para este estudio. Se realizó el conteo e identificación taxonómica de los individuos a nivel de familia. Se determinó riqueza, abundancia e índices de diversidad de Simpson y Shannon mediante análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de comparación de Tukey. Se determinó el efecto de las distancias de siembra y profundidades sobre cada variable. Se encontró mayor riqueza (12 familias diferentes) y diversidad (I. Sh: 0,75 e I. Simp: 0,44) en los tratamientos con mayor distancia de siembra, en el caso de mayor abundancia (3168 i./m<sup>2</sup>) se presentó en el tratamiento con menor distancia, de igual forma, para todas las variables en la profundidad de 0-10 cm resultaron los mayores valores incluyendo en la fase 1 del sistema (Ab: 352 i./m<sup>2</sup>, Ri: 9 familias, I. Simp: 0,14 y I. Sh: 0,25).

**Palabras clave:** Abundancia, diversidad, profundidad, riqueza.

## ABSTRACT

The soil macrofauna was evaluated in a crop in alleys with Laurel de Cera and Yacón in the Experimental Botana-Pasto Farm. We worked on a plot of 54x60 m, with an experimental design of three treatments with three repetitions (20x18 m) at different planting distances of *S. sonchifolius* (1, 0.8 and 0.5 m). Macrofauna sampling was performed at three depths (0-10, 10-20 and 20-30 cm) at nine random sampling sites using the modified TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) methodology for this study. Taxonomic counting and identification of individuals at the family level was performed. Wealth, abundance and diversity indices of Simpson and Shannon were determined by analysis of variance (ANDEVA) and Tukey comparison tests. The effect of planting distances and depths on each variable was determined. We found greater wealth (12 different families) and diversity (I. Sh: 0.75 and I. Simp: 0.20) in the treatments with greater planting distance, in the case of greater abundance (3168 i./m<sup>2</sup>) was presented in the treatment with less distance, in the same way, for all the variables in the depth of 0-10cm, the highest values were included, including in phase 1 of the system. It is concluded that there is a succession of macrofauna in comparison with the other distances and depths, as well as phase 2 (this study) with respect to phase 1 where it resulted: Ab: 352 i./m<sup>2</sup>, Ri: 9 families, I. Simp: 0.44, I. Sh: 0.25.

**Key words:** Abundance, diversity, depth, wealth.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un medio vivo, dinámico que proporciona sustento a todo ser vivo, donde ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno, entre otros; sin embargo, el panorama actual señala que el estado de los suelos se agravará cada vez más, sino se toman las medidas necesarias hacia su gestión y uso sostenible, por lo tanto, la selección y aplicación de indicadores para reflejar su calidad responden a la necesidad de su estudio para su conservación (FAO y GTIS, 2015).

La macrofauna edáfica, es uno de los componentes biológicos que permiten evaluar el estado del suelo; la diversidad, riqueza y abundancia de la macrofauna variará en función de la intensidad de diferentes prácticas agrícolas, proporcionando al reciclaje de nutrientes, procesos de descomposición, mineralización de la materia orgánica, mejoramiento de la estructura del suelo, rápido crecimiento de plantas, que permita una capacidad productiva sostenible (Julca *et al.*, 2006).

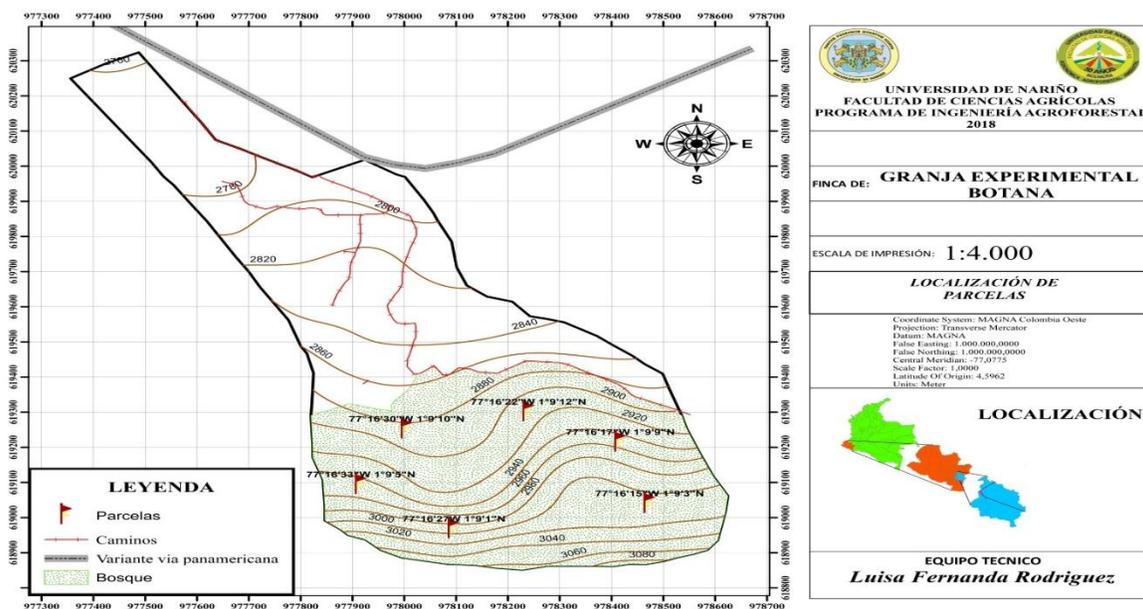
En este sentido, se han realizado algunos estudios para su evaluación como el de Pineda (2013), donde evaluó la macrofauna en diferentes usos del suelo con *M. pubescens* en Botana-Pasto. También el comportamiento de *S. sonchifolius* bajo influencia de barreras forestales donde se encontró que es apto para formar parte de sistemas mixtos de cultivo (Nieto *et al.*, 2005).

Por consiguiente, la implementación de sistemas agroforestales, como los cultivos en callejones, la inclusión de especies promisorias representan una alternativa sostenible en áreas con suelos degradados (Cabrera, 2014). En este sentido, es importante destacar el uso de algunas las cuales tienen un potencial para asociarse con cultivos transitorios que permita mejorar las condiciones ambientales y productivas. A través de su investigación en escenarios participativos de formación y articulación se busca conocer los aspectos relevantes de las interacciones de estas especies y su aporte al suelo, para lograr tener un punto de partida para futuras investigaciones y estos espacios se conozcan.

La presente investigación, pretendió evaluar la macrofauna del suelo en un sistema silvoagrícola, arreglo de cultivo en callejones con laurel de cera y yacón, en la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto, de esta manera estimar su diversidad, abundancia y riqueza, comparando la fase I y II del sistema y su relación entre las distancias de siembra del Yacón y diferentes profundidades del muestreo con los datos obtenidos del suelo.

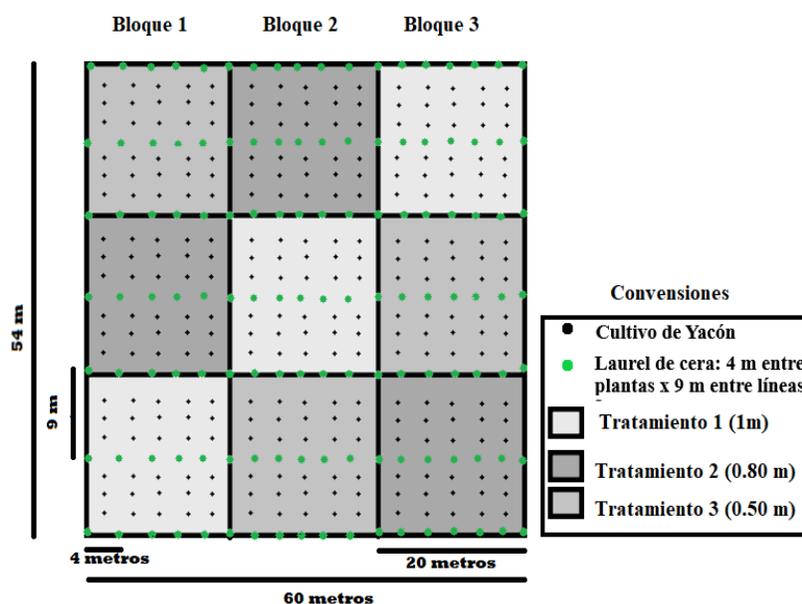
## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** la presente investigación se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda Botana, municipio de Pasto (Figura 1). Esta se encuentra al occidente del Meridiano de Greenwich a  $77^{\circ}18'58''\text{O}$  y  $1^{\circ}10'11,4''\text{N}$ , a una altura de 2820 m.s.n.m., temperatura promedio de  $12^{\circ}\text{C}$ , precipitación media anual de 800 a 1000 mm, humedad relativa 70 a 80% con 900 h/sol/año (IDEAM, 2006). De acuerdo a estas características se puede determinar que la zona de vida pertenece a bosque húmedo montano (bh – M) (Saa, 1982). Taxonómicamente este suelo se clasifica como Acrudoxic Fulvudands (CORPONARIÑO, 2007).



**Figura 1.** Localización de la Granja Experimental Botana (Rodríguez, 2018).

**Diseño experimental.** el área total del experimento fue de 3240m<sup>2</sup>, los tratamientos se organizaron en una parcela de 60 x 54m, con un diseño experimental en bloques completos al azar (BCA) con 3 tratamientos por 3 repeticiones cada uno, con dimensiones iguales de 18 x 20 m (Figura 2), teniendo en cuenta el diseño se procedió a señalar el lote y cada una de las unidades experimentales mediante el uso de algunas herramientas agrícolas (machetes, palas y azadones, cintas y pita de colores).



**Figura 2.** Distribución espacial de tratamientos en el sistema silvoagrícola, arreglo de cultivo en callejones con Laurel de Cera y Yacón en la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto.

## Tratamientos

**Fase 2. Establecimiento del sistema silvoagrícola.** el componente arbóreo se estableció a 4 x 4m entre plántulas y a 9m entre líneas durante el mes de marzo de 2017, en eventos de lluvia. Los tratamientos corresponden a diferentes densidades de siembra:

**T1:** *S. sonchifolius* sembrados a 1x1 m entre plantas

**T2:** *S. sonchifolius* sembrados a 0,80 m entre plantas

**T3:** *S. sonchifolius* sembrado a 0,50 m entre plantas

**T4: Pastura degradada con Kikuyo** (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.). la fase I de la parcela estuvo aproximadamente 3 años sin ninguna implementación de sistemas productivos. En estos años se presentaron temporadas variadas de precipitación; en el 2014 presentó alta precipitación con 1077,9 mm y en el 2016 con un promedio de 931,4 mm. El año 2015 tuvo menor precipitación con 739,4 mm, uno de los años más calurosos presentándose un déficit de lluvias entre el 40 y el 60 % (Franco, 2016).

En los últimos tres años los picos más altos de temperatura en la región se presentaron en 2015 y 2016, épocas que presentaron altos índices de sequía en el país, a causa del fenómeno del niño. Finalmente, en el año 2017, la temperatura bajó drásticamente a causa de la presencia de mayor índice de lluvias (845.63 mm) y la llegada de vientos alisios que contribuyeron a reducir la temperatura (IDEAM, 2011).

**Muestreo de macrofauna edáfica.** se realizó el muestreo de macrofauna edáfica utilizando la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) descrito por Ingram y Anderson (1993) (Lavelle *et al.*, 2003) (Figura 3-4). El muestreo se realizó durante el mes de mayo de 2017, en dos eventos de lluvia y uno seco.



**Figura 3-4.** Muestreo del suelo según TSBF (Ingram y Anderson, 1993).

Se ubicó al azar nueve sitios de muestreo por cada unidad experimental, de donde se obtuvo 9 monolitos de dimensiones 0,25 x 0,25 x 0,30m, correspondientes a un área de 0,0625m<sup>3</sup>,

posterior a esto se tomaron tres submuestras de cada monolito (sección vertical extraída del suelo) a 0-10 cm, 10-20 cm, y 20-30 cm de profundidad. En campo se realizó la extracción de macrofauna (de diámetro mayor a 2 mm), posteriormente se preservó y rotuló. Los artrópodos se conservaron en alcohol al 70%, los anélidos en formol al 5%. En el laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño se realizó la identificación hasta el nivel de familia con la ayuda de un estereoscopio Nikon smz 646.

**Análisis de datos.** para cada monolito se determinó la abundancia de la macrofauna asociada a cada tratamiento y se calculó los individuos por metro cuadrado, la distribución vertical se calculó por separado registrando el número de individuos por cada estrato del suelo en cada tratamiento, así mismo se determinó el número de familias diferentes lo que determina riqueza y también los índices Shannon y Simpson que indican diversidad dentro de los tratamientos, se realizó la comparación entre la fase I y II.

**Variables calculadas.** se estimó los índices de Simpson y Shannon-Wiener (Moreno, 2001) utilizando el software Past Versión 3.20. Mediante análisis de varianza, se evaluó el efecto por tratamiento, por profundidad e interacciones (variables independientes), sobre abundancia, riqueza, y dominancia (variables dependientes). Se realizó pruebas de comparación de medias de Tukey para cada variable con el fin de observar si se presenta diferencias identificadas mediante el software estadístico InfoStat versión 2017.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Abundancia.** Se presentó un total de 6480 i/m<sup>2</sup> (Tabla 1.), con una mayor representación en el tratamiento 3 (0,5 m) con 3168 i/m<sup>2</sup> en las clases Clitellata, Gastropoda e Insecta; el tratamiento 1 (1x1m) tuvo una abundancia de 2240 i/m<sup>2</sup> representado por las clases Clitellata, Chilopoda, Insecta, y Gastropoda; el tratamiento 2 con 1200 i/m<sup>2</sup> donde se presentaron Clitellata, Chilopoda, Diplopoda, Gastropoda e Insecta; finalmente, el suelo con menos abundancia fue el testigo (sin implementación de SSA) con 352 i/m<sup>2</sup> en este último se presentaron Clitellata, Chilopoda, Gastropoda e Insecta.

**Tabla 1.** Abundancia y familias de macrofauna edáfica el sistema silvoagrícola, arreglo de cultivo en callejones con laurel de cera y yacón.

<b>Familia</b>	<b>T4: Testigo</b>	<b>T1 (1m)</b>	<b>T2 (0.80 m)</b>	<b>T3 (0.50 m)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Amphizoidae</b>	0	0	0	16	16
<b>Bibionidae</b>	0	0	0	1680	1680
<b>Carabidae</b>	0	32	80	32	144
<b>Cecidomyiidae</b>	0	16	0	0	16
<b>Coleoptera</b>	0	0	16	0	16
<b>Curculionidae</b>	16	0	32	0	48
<b>Chrysomelidae</b>	16	16	0	0	32
<b>Díptera</b>	0	16	0	16	32
<b>Elateridae</b>	32	0	0	16	48
<b>Hemíptera</b>	0	16	0	0	16
<b>Heteroceridae</b>	0	0	0	16	16
<b>Hirudinea</b>	16	0	16	16	48
<b>Lumbricidae</b>	144	1296	896	1312	3648
<b>Milacidae</b>	32	64	64	32	192
<b>Polydesmida</b>	0	0	16	0	16
<b>Ptilodactylidae</b>	32	32	0	0	64
<b>Scarabaeidae</b>	16	112	16	0	144
<b>Scolopendridae</b>	48	32	16	0	96
<b>Staphylinidae</b>	0	96	16	16	128
<b>Tenebrionidae</b>	0	32	0	0	32
<b>Tipulidae</b>	0	0	32	16	48
<b>TOTAL</b>	<b>352</b>	<b>1760</b>	<b>1200</b>	<b>3168</b>	<b>6480</b>

La fauna edáfica se divide en distintos grupos funcionales según su impacto en el suelo y hábito alimentario: ingenieros del suelo, detritívoros, fungívoros, herbívoros, depredadores y omnívoros (Cabrera *et al.*, 2015). Los ingenieros del suelo como la familia Lumbricidae constituyen el grupo más abundante en este estudio (3648 i/m<sup>2</sup>) (Figura 5), debido a que en la fase II, se presenta mayor diversidad de especies vegetales que contribuyen al sombrero, humedad y aporte de materia orgánica al suelo, siendo un hábitat adecuado para su metabolismo, favoreciendo la acción microbiana y contribuir a la calidad del suelo (Reily *et al.*, 2001).



**Figura 5.** Individuo de la familia Lumbricidae.

Ruíz *et al.* (2010), encontraron que las lombrices fueron el grupo más abundante en cinco (pastizal, cultivos, plantaciones, sucesión y relictos de selva) sistemas de uso diferentes (620 i/m<sup>2</sup>). Particularmente en T1 hubo mayor abundancia, donde se presenta mayor humedad en el suelo; Porta *et al.* (2003), menciona que tanto lombrices epigeas y endógenas habitan en abundante materia orgánica y que requieren un ambiente húmedo. Sin embargo, no coincide con lo encontrado por (Alvear y Domínguez, 2018), donde los valores de M.O del sistema Laurel-Yacón no fueron significativos (4,72; 3,62 y 3,65% ) ni de Nitrógeno (0,18; 0,14 y 0,14%) y tampoco de Carbono (2,74; 2,1 y 2,12%), esto puede explicarse porque en el corto tiempo del sistema no se aplicó ningún insumo que pueda contribuir a su fertilidad y que las plantas aprovecharon en el corto tiempo la poca cantidad de M.O disponible.

En cuanto a la relación Carbono/Nitrógeno, cuando es baja, los organismos tienen a disponer un alto contenido de N y bajo de C como fuente de energía, utilizan todo el C disponible y eliminan el exceso de N en forma amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), causando pérdidas de N en el producto final (Díaz *et al.*, 1998). En el sistema evaluado el contenido de N y C no fue significativo (Alvear y Domínguez, 2018). A pesar de esto (Cuesta y Padilla 2003), mencionan que la apetitosidad de los diferentes alimentos depende del contenido de C/N, las lombrices prefieren materiales con una baja relación C/N ya que son más fáciles de acceder y descomponer. Una relación C/N óptima para la conservación de N y rápida descomposición varía entre 25/1-30/1. Para obtener la relación óptima es común combinar estiércol con residuos vegetales (Díaz *et al.*, 1998).

Por otro lado, el grupo funcional de detritívoros, comprende una gran parte de invertebrados que habitan en la superficie del suelo y se encarga de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca y así intervienen en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes (Cabrera *et al.*, 2015).

En este caso, los principales detritívoros encontrados fueron larvas de la familia Bibionidae ( $1680 \text{ i/m}^2$ ) (Figura 6), en el tratamiento con menor distancias de siembra (0,50 m), puede ser a una mayor densidad de material vegetal disponible; estos individuos se comportan como descomponedores, alimentándose de abundante materia vegetal y en ocasiones lo pueden hacer de la raíz (Ibáñez, 2006). Coincidiendo con este estudio, los individuos encontrados fueron hallados principalmente en raíces de *S. sonchifolius*. Se debe tener en cuenta que *S. sonchifolius* posee raíces fibrosas y reservantes (Seminario *et al.*, 2003), estas pueden representar una fuente de alimento por sus exudados y descomposición de las mismas. Asimismo, Barranco (2003), menciona que los bibiónidos, al igual que otros Bibionomorpha, se encuentran principalmente sobre madera en descomposición, suelo rico en humus y en raíces.



**Figura 6.** Individuo de la familia Bibionidae en estado larval.

La familia Milacidae (babosas), son en principio fitófagas, pero se convierten en detritívoras u omnívoras; los individuos estuvieron presentes en todos los tratamientos (192 i/m<sup>2</sup>) (Figura 7), principalmente donde se evidenció la presencia de especies vegetales en mayor crecimiento y mayor distancia de siembra (menor competencia), coincidiendo con la cercanía al canal de desagüe (T1 y T2). Castillejo (1996), menciona que las especies antropógenas de babosas pueden vivir en zonas de cultivos y alta humedad para su alimentación. Además, se ha evidenciado que esta familia se encuentra en las zonas frías de Colombia por encima de 2000 msnm (Hausdorf, 2002).



**Figura 7.** Individuos de la familia Milacidae.

La cantidad de individuos de algunas familias de la orden coleóptera (escarabajos) (Figura 8) Carabidae, Scarabaeidae y Staphylinidae fue similar (144, 144 y 128 i/m<sup>2</sup> respectivamente), presentes en todos los tratamientos, coincidiendo con lo encontrado por

Ramírez *et al.* (2018), donde indica que la presencia de este orden muestra una amplia variedad de sus hábitos alimenticios y preferencias bióticas.



**Figura 8.** Individuo de la familia Scarabaeidae en estado adulto.

En adición a esto, la hojarasca proporcionada por los árboles encontrados alrededor de la parcela puede contribuir a la llegada de los individuos y su presencia en todos los tratamientos independientemente de sus distancias de siembra. Para Vega *et al.* (2014), la hojarasca de leguminosas posee menor contenido de lignina y posee menor relación C/N por lo que su descomposición va a ser más rápida, en referencia a las gramíneas.

Ante la reducción de M.O, los coleópteros deben dirigir la búsqueda de alimentos en las nuevas superficies, encontrados en mayor abundancia en la capa de 0-10 cm en el sistema de *S. sonchifolous* aumentando la razón de descomposición de dos hasta cien veces, disminuyendo si la presencia de bacterias y hongos es baja. Sin embargo, en muchos casos los artrópodos llevan consigo inoculantes de bacterias y hongos para asegurar que sus tipos preferidos de alimento sean inoculados en las superficies recientemente expuestas (Bot y Benites, 2002).

El análisis de varianza indicó un efecto significativo en la profundidad y el tratamiento sobre la variable abundancia (Tabla 2). La prueba post-hoc de Tukey (Figura 9) demostró que algunos tratamientos con diferentes distancias de siembra afectan el número de

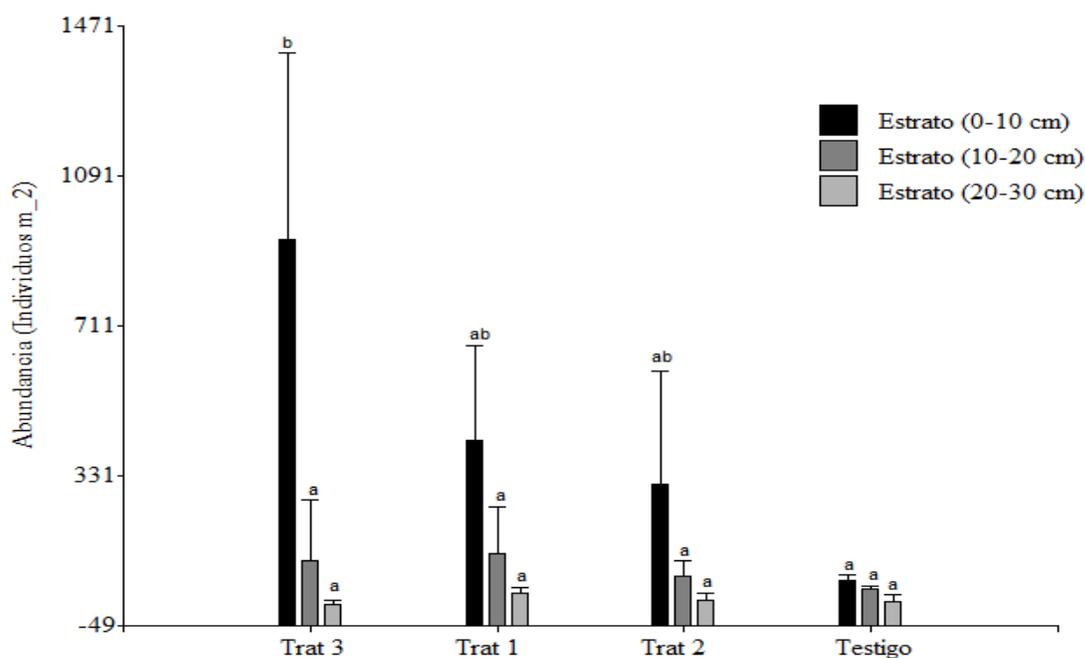
individuos de la macrofauna edáfica de manera diferencial en ciertos estratos en particular, presentando mayor abundancia en el estrato de 0-10 cm en todos los tratamientos, para un total de 174 individuos (T3), 79 i. (T1), 58 i. (T2) siendo el tratamiento testigo donde menor abundancia hubo con un total de 12 i. (T4). Se aprecia una relación inversamente proporcional, puesto que a una profundidad de 0 a 10 cm se encuentra la mayor cantidad de individuos y esta se reduce a medida que la profundidad aumenta.

**Tabla 2.** Análisis de varianza para las variables abundancia, riqueza, índice de Simpson e índice de Shannon-W, en los tres tratamientos con el testigo.

<b>Variables</b>	<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Abundancia</b>	<b>Tratamiento</b>	461198,22	3	153732,74	3,51	0,0365*
	<b>Estrato</b>	1169678,22	2	584839,11	13,37	0,0003**
	<b>Trat x Estr</b>	745031,11	6	124171,85	2.84	0,0400*
	<b>Error</b>	787498,67	18	43749,93		
	<b>Total</b>	3186232,89	35			
<b>Riqueza</b>	<b>Tratamiento</b>	3,86	3	1,29	0,60	0,6222ns
	<b>Estrato</b>	83,39	2	41,69	19,49	0,0001***
	<b>Trat x Estr</b>	10,39	6	1,73	0,81	0,5759ns
	<b>Error</b>	38,50	18	2,14		
	<b>Total</b>	139,64	35			
<b>I. Simpson</b>	<b>Tratamiento</b>	0,48	3	0,16	3.23	0,0469*
	<b>Estrato</b>	1.07	2	0.53	10.65	0,0009**
	<b>Trat x Estr</b>	0.28	6	0,05	0.94	0,4905ns
	<b>Error</b>	0.9	18	0,05		
	<b>Total</b>	2.82	35			
<b>I. Shannon</b>	<b>Tratamiento</b>	1,21	3	0,40	2,63	0,088 ms
	<b>Estrato</b>	4,14	2	2,07	13,52	0,0003 **
	<b>Trat x Estr</b>	0,68	6	0,11	0,74	0,7150 ms
	<b>Error</b>	2,76	18	0,15		
	<b>Total</b>	9,12	35			

\* Presenta diferencias significativas a  $p < 0.05$ , \*\* Presenta diferencias significativas a  $p < 0.01$ , \*\*\* Presenta diferencias significativas a  $p < 0.001$ , ms Presenta diferencias marginalmente significativas, ns No presenta diferencias significativas.

Al encontrarse un sistema con diferentes estratos, la profundidad más beneficiada es la primera, ya que el estrato agrícola y arbóreo tiene mayor influencia en los procesos de descomposición y la actividad biológica. Concordando con lo encontrado por Sánchez y Milera (2002), en donde se evidenció un aumento en la densidad de individuos a lo largo de nueve años, pasando de 194 i/m<sup>2</sup> a 383 i/m<sup>2</sup> gracias a la incorporación del estrato arbóreo en dichas áreas. Según la FAO (2019), en perfiles más profundos el oxígeno disminuye, lo que dificulta la descomposición del humus por los organismos, debido a varios procesos naturales que remueven el suelo, el humus se vuelve a hacia horizontes superiores donde se podrá descomponer.



Las barras verticales representan los intervalos de confianza al 95%. Promedios con letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.

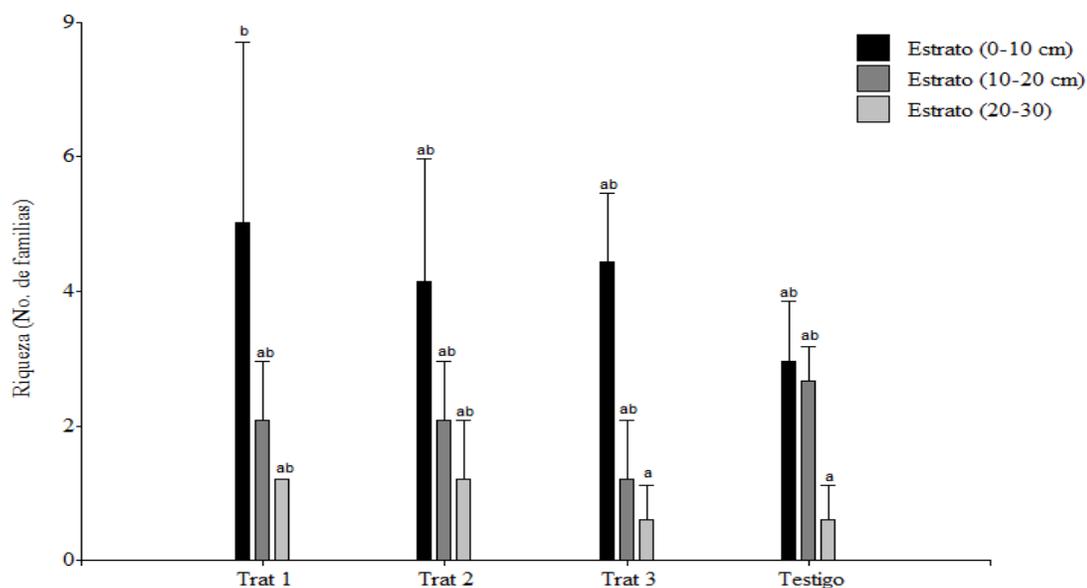
**Figura 9.** Promedios de abundancia (i/m<sup>2</sup>) de macrofauna edáfica por cada tratamiento de distancias de siembra y estratos (profundidad) del suelo.

Los beneficios del laurel de cera una especie fijadora de N, se refleja en la mayor presencia de individuos en la primera capa del suelo del sistema, Wang *et al.* (2013), reportaron que

los árboles fijadores de N aportan mayor materia orgánica, presentando una concentración total de N hasta el 50% en la capa superior del suelo de 0-5 cm.

Con respecto al testigo, al presentarse una pastura natural, no hubo diferencias significativas en el número de individuos encontrados en las profundidades, Silva *et al.* (2011) encontraron resultados similares de macrofauna en sistemas agrícolas y áreas de pastoreo, si diferencias significativas en el número de individuos entre las capas de 0-10 cm y 10-20 cm.

**Riqueza.** El análisis de varianza, no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). La prueba de comparación de medias de Tukey (Figura 10), indicó que los tratamientos aplicados al suelo afectan de manera significativa la riqueza de familias en algunos estratos en particular. En general, se puede observar que a medida que aumenta la profundidad del suelo la riqueza de familias disminuye. Para el caso del T1 se encontraron doce familias diferentes, destacándose: Lumbricidae, Staphylinidae y Milacidae.



Las barras verticales representan los intervalos de confianza al 95%. Promedios con letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.

**Figura 10.** Promedios de riqueza de familias de macrofauna edáfica por cada tratamiento y estrato del suelo.

En este tratamiento hubo mayor presencia de humedad, sombrío y crecimiento vegetal, la presencia de estas familias se evidencia en su necesidad de alimento. Seminario *et al.* (2003), mencionan que una característica del yacón es la protoginia (apertura y receptividad de las flores femeninas antes de que las flores masculinas liberen el polen), esto implica que el yacón es de polinización cruzada y necesite de agentes polinizadores. Por lo cual, se evidencia la presencia de la familia Staphylinidae en el sistema, cumpliendo el papel ecológico fundamental en los diversos cultivos (Niño, 2014).

Los estafilínidos se encuentran especialmente en hábitats más húmedos, la gran mayoría permanece en la hojarasca y constituyen uno de los grupos más comunes e importantes en términos ecológicos en la fauna del suelo (Niño, 2014; Bohâc, 1999).

La aparición de numerosas familias taxonómicas puede darse a que en el sistema coexisten diferentes componentes, los cuales están en continua interacción proporcionando un hábitat propicio para diferentes familias taxonómicas que van a cumplir diferentes funciones ecológicas, presentándose un mayor número de órdenes, relacionado a la cobertura en el suelo, el aporte de hojarasca de los árboles, el microclima que mantiene unos valores apropiados de temperatura y humedad del suelo. Es así que las familias Bibionidae, Lumbricidae y Carabidae se pudieron encontrar en el tratamiento 2 (Ramírez *et al.*, 2014).

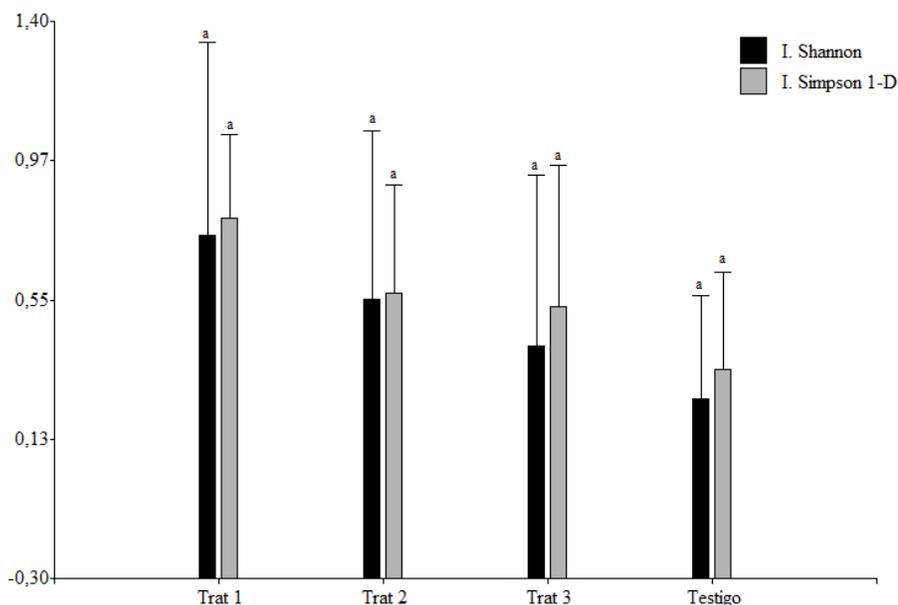
La transición de pasturas al sistema silvoagrícola con actividades de labranza mínima, representó un aumento en el número de familias edáficas, específicamente en Lumbricidae. Un proceso de labranza mínima o cero, produce una recolonización variada del suelo, la inclusión de esta familia denominada “ingenieros del suelo” provee humus, fuente de alimento de células microbianas, contribuyendo a que se pueden extraer todos los nutrientes que las plantas necesitan (Compagnoni y Putzolu 2001; Vargas *et al.*, 2006).

Para el tratamiento testigo resultaron siete familias diferentes resaltando en Lumbricidae y Scolopendridae. La presencia de *P. clandestinum* como arvense invasor en la fase I del sistema pudo haber ocasionado la baja presencia de familias taxonómicas en comparación con la fase II. Suárez *et al.* (2018), reportaron bajos valores de riqueza taxonómica de macrofauna edáfica ( $\pm 3.81$   $p < 0.0001$  para el estrato de 0-10 cm y  $\pm 3.87$   $p < 0.0001$ ), debido

a la presencia de monocultivo de *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus, además, de la pérdida de cobertura arbórea, lo que limita el aporte de hojarasca de buena calidad y la falta de sombra sobre el suelo.

La presencia de grupos funcionales depredadores como Scolopendridae indica que el sistema cuenta con diferentes recursos alimenticios no solo en el primer estrato del suelo, hay que reconsiderar una evaluación más exhaustiva en sistemas de pastura y en diferentes épocas climáticas, al respecto, Gálvez *et al.* (2016) encontraron que el grupo de miriápodos mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre sistemas y épocas, la mayor cantidad de familias diferentes (14) se presentó en un sistema agroforestal en meses de lluvia, comparado con el sistema convencional (13) posiblemente porque los miriápodos huyen de la luz y buscan sitios con mayor humedad. El contraste en estos resultados pudiese darse porque en este caso la evaluación testigo se realizó en la época seca del año donde las familias taxonómicas preferentes a humedad no están presentes.

**Diversidad.** El análisis de varianza para el índice de Shannon indicó resultados significativos en profundidad; en el caso del índice de Simpson indicó efectos significativos en tratamiento y profundidad (Tabla 2). Los índices de Shannon ( $H' = 0,75$ ) y Simpson ( $\lambda = 0,44$ ) fueron mayores en el T1, seguido por Shannon ( $H' = 0,55$ ) y Simpson ( $\lambda = 0,32$ ) ambos del T2, por otro lado, T3 presentó Shannon ( $H' = 0,41$ ) y Simpson ( $\lambda = 0,20$ ), por último, el testigo presentó los menores valores Shannon ( $H' = 0,24$ ) y Simpson ( $\lambda = 0,14$ ) (Figura 11). Lavelle *et al.* (1993), indican que la comunidad de vegetación influye en la comunidad de macroinvertebrados, dicha influencia puede ocurrir como consecuencia de especies específicas que mejorarían la diversidad de estos.



Las barras verticales representan los intervalos de confianza al 95%. Promedios con letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba post-hoc de Tukey.

**Figura 11.** Promedio de los índices de Simpson y Shannon para las familias de macrofauna edáfica por cada tratamiento y profundidad del suelo.

De manera general, los valores de diversidad fueron bajos, primeramente, la altitud de la granja experimental Botana puede ser la razón, en segundo lugar, estos suelos han sido degradados por la expansión de pasturas agresivas como *P. clandestinum*. Resultados similares han sido reportados por Podlesnik *et al.* (2017), donde se encontraron valores de diversidad más bajos en la zona de estudio más elevada (1230 msnm) y valores altos de diversidad ( $F = 21.76$ ;  $df = 1$ ,  $P = 0.0003$ ) en bosques mixtos. En tercer lugar, se encuentra la historia de uso de suelo que tiene esta parcela, al igual que muchas de la granja experimental han sido degradadas y el establecimiento del sistema es relativamente nuevo. Cabrera *et al.* (2011), indicaron que, en los agroecosistemas, las comunidades de la macrofauna del suelo son generalmente muy bajas debido a las alteraciones causadas por la perturbación.

Sin embargo, pasar de pasturas naturales a un sistema silvoagrícola representó un aumento en la diversidad de especies en el sistema debido a que se incluyó dos componentes

importantes el agrícola y arbóreo, que van a cumplir funciones importantes. Días *et al.* (2006), mencionaron que las reforestaciones con leguminosas en pastizales a plena luz del sol contribuyen al favorecimiento de la diversidad.

Es preciso que se realice una identificación a nivel de especie o género, se sabe que la macrofauna es de gran importancia para los procesos ecológicos dentro de los sistemas, sin embargo, al tener conocimiento más específico de estos se puede tener en cuenta especies propias de sistemas de cultivo y conocimiento del estado del suelo, contribuyendo al mantenimiento de varios servicios del ecosistema (control de plagas, reciclaje de nutrientes, polinización), además que representan indicadores de granjas saludables (Mazón *et al.*, 2018).

Asimismo, se recomienda realizar el estudio periódicamente durante los siguientes años, puesto que en el tiempo que se realizó fue corto y puede que eso influya en los resultados de diversidad teniendo en cuenta el periodo perenne de Laurel de cera y el periodo de recuperación de las demás propiedades del suelo. Alonso *et al.* (2005), afirman que la diversidad biológica de la macrofauna en sistemas recuperados es variable conforme pasan los años.

## CONCLUSIONES

Las distancias de siembra de 1x1 m, obtuvo mayores valores de riqueza y diversidad de familias de entomofauna edáfica, pudiéndose deber a principalmente las condiciones de humedad, sombrío y material vegetal presente.

En el primer estrato del suelo (0-10 cm), se presentó el mayor valor de diversidad, riqueza y abundancia en la zona de estudio, debido a que en esta existen la mayoría de interacciones ecológicas por las condiciones favorables que se presentan para los grupos funcionales de macrofauna.

La fase II del sistema contribuyó al desarrollo organismos de gran importancia ecológica como es el caso de la familia de las lombrices de tierra (Lumbricidae) y detritívoros, los

que desempeñan papeles importantes no solo en las propiedades biológicas, sino también las físicas y químicas, las cuales se complementan entre sí.

Debido a que la fase I del sistema (T4) estuvo aproximadamente tres en degradación por la pastura Kikuyo, se presentaron los menores valores en las variables evaluadas.

Es importante tener presente la relación C/N de los residuos vegetales y la cantidad de biomasa que el sistema aporta y corregir las deficiencias del suelo con fertilizantes antes del establecimiento del sistema.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J., Febles, G., Rodríguez, I., Achang, G. & Fraga, S. (2005). Efectos de la evolución de un sistema leucaena-guinea en la macrofauna del suelo. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*. 39(1): 85-91.

Alvear, Y. & Domínguez, Y. (2018). Evaluación de las propiedades químicas del suelo en la fase de establecimiento del cultivo en callejones con *M. pubescens* y *S. sonchifolius*, granja experimental “Botana”. Pasto – Nariño.

Barranco, V. (2003). Dípteros de interés agronómico. Agromícidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. Recuperado de [http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN\\_33/B33-054-293.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_33/B33-054-293.pdf)

Bohâc, J. (1999). Staphylinidae beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74(1): 357-372. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00043-2)

Bot, A. & Benites, J. (2002). Agricultura de conservación, estudio de casos en América Latina y África, boletín de suelos de la fao-78. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E\\_s.pdf](http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E_s.pdf)

Cabrera, G. (2014). Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Recuperado de

<https://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>

Cabrera, G., Robaina, N. & Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Rev. Pastos y Forrajes*. 34(3): 313-330.

Cabrera, G., Socarrás, A. & Hernández, G. (2015). Fauna edáfica: Composición e importancia funcional en la conservación y mejoramiento de los suelos. Recuperado de <https://www.rufford.org/files/Soil%20Fauna%20Pamphlet.pdf>

Castillejo, J. (1996). Las babosas como plaga en la agricultura, clave de identificación y mapas de distribución. *Rev. Real Academia Galega de Ciencias*. 15: 93-142.

Compagnoni, L.; Putzolu, G. (2001). *Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus*. 2º ed. España: Ed. De Vecchi, S.A.U. 126p.

Corponariño. (2007). Características biofísicas de los páramos de Nariño. Recuperado de <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/tomo02caracteristicasbiofisicas.pdf>

Cuesta, A. & Padilla, F. (2018). Biología de los Oligoquetos. En: Padilla, A. y Cuesta, A. pp. 107-113. *Zoología Aplicada*. Primera edición. Madrid: Editorial Díaz de Santos. 484p.

Días, P., Souto, S., Fernandes, M., Porto, G., Fernandes, J., Rodrigues, K. & Franco, A. (2006). Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 41(6): 1015-1021. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600018>.

Díaz, R., Malvárez, G. & Zorrilla, A. (1998). Serie: Documentos de Trabajo – N° 15 de residuo a recurso, bioreciclaje de cáscara de arroz en los Humedales del Este. Recuperado de <http://www.probides.org.uy/publica/dt/DT15.pdf>

- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & GTIS - Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo. (2015). Estado Mundial del Recurso del Suelo, resumen técnico. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Portal de suelos de la FAO, propiedades biológicas. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>
- Franco, O. (2016). Fenómeno del Niño podría llegar hasta marzo del 2016. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-1629688>
- Gálvez, A., Reina, A. & Meneses, E. (2016). Cuantificación de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en bosque seco. *Rev. Investigación Pecuaria*. 4(2): 13-25.
- Hausdorf, B. (2002). Introduced land snails and slugs in Colombia. *Journal of Molluscan Studies*. 68(2): 127–131. doi: <https://doi.org/10.1093/mollus/68.2.127>
- Ibáñez, S. (2006). Informe final del Proyecto CS004 Catálogo de autoridad taxonómica orden díptera (Insecta) en México. Parte 1. Suborden Nematocera. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS004%201.pdf>
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2011). Fenómenos el niño y la niña. Recuperado de [http://www.pronosticosyalertas.gov.co/pronosticos-alertas/fenomenos-elnino-y-la-nina/-/document\\_library\\_display/8joWMReTv53x/view/397213](http://www.pronosticosyalertas.gov.co/pronosticos-alertas/fenomenos-elnino-y-la-nina/-/document_library_display/8joWMReTv53x/view/397213)
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2006). Reporte técnico estación meteorológica Botana Pasto. Recuperado de <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/tomo02caracteristicasbiofisicas.pdf>
- Ingram, J. & Anderson, J. (1993). *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2° ed. Wallingford: CAB International. 240p.

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia experiencia de su uso en la agricultura. *Rev. Idesia*. 24(1): 49-61.
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S. & Spain, A. (1993). A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*. 25(2): 130-150. doi: 10.2307/2389178.
- Lavelle, P., Senapati, B. & Barros, E. (2003). Soil macrofauna. In: G. Schroth & F.L. Sinclair Eds. *Trees, crops and soil fertility-Concepts and research methods*. pp. 303-322. UK: CABI Publishing. 451p.
- Mazón, M., Sánchez, D., Díaz, F., Gutiérrez, N. & Jaimez, R. (2018). Entomofauna Associated with Agroforestry Systems of Timber Species and Cacao in the Southern Region of the Maracaibo Lake Basin (Mérida, Venezuela). *Insects*. 9(2): 46 doi: <https://doi.org/10.3390/insects9020046>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir biodiversidad M&T-Manuales y Tesis SEA*. Primera edición. Zaragoza: CYTED. 84p.
- Nieto C., Veintimilla, R. & Galarza, J. (2005). *Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra ecuatoriana-Resultados de una década de experiencias de campo*. Primera edición. Ecuador: Quito, EC: INIAP. 173p.
- Niño, A. (2014). Interacciones y diversidad de estafilínidos (Coleóptera: Staphylinidae) asociados a inflorescencias de palmas silvestres en el Pacífico colombiano. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/48673/1/74860516.2015.pdf>
- Pineda, M. (2013). Estudio de la macrofauna en diferentes usos de suelo con laurel de cera *Morella pubescens* en la granja experimental botana. Recuperado de <https://pdfslide.net/documents/estudio-de-la-macrofauna-en-diferentes-pasto-2013-2-estudio-de-la-macrofauna.html>
- Podlesnik, J., Mihajlović, L. & Jurc, M. (2017). A two-year study of parasitoid entomofauna associated with spruce bark beetles (Coleoptera: Curculionidae) in the

- altimontane belt of Slovenia (Pohorje). *Phytoparasitica*. 45(1): 135-145. doi: 10.1007/s12600-017-0574-1
- Porta, J., López, M. & Roquero, C. (2003). Ecología del suelo. En: Llena., C. Goñi, X. y Vilagrasa, F. *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. pp. 443-467. Tercera edición. Reino Unido: Mundi-Prensa. 917p
- Ramírez, W., García, Y., Sánchez, S., López, M. & Hernández, L. (2014). Caracterización de la macrofauna edáfica en sistemas de producción intensiva de césped. *Rev. Pastos y Forrajes*. 37(2): 158-165.
- Ramírez, W., Hernández, M. & Navarro, M. (2018). Comportamiento de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos, en una entidad productiva del municipio Yaguajay, Cuba. *Rev. Pastos y Forrajes*. 41(4): 259-265.
- Reily, J., Trutmann, P. & Rueda, A. (2001). Guía Salud de Suelos. Manual para el cuidado de la salud de suelos. Para agricultores, promotores y extensionistas. Recuperado de <https://www.share4dev.info/ffsnet/documents/3665.pdf>
- Rodríguez, L. (2018). Potencial de captura de carbono en el bosque secundario en la granja experimental “Botana”. Pasto – Nariño.
- Ruíz, N., Lavelle, P. & Jiménez, J. (2008). Soil macrofauna field manual technical level. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i0211e.pdf>
- Ruíz, D., Feijoo, A. & Rodríguez, C. (2010). Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la Cuenca del Río Otún, Colombia. *Rev. Acta Zoológica Mexicana*. N.S. (2): 165-178.
- Saa, J. (1982). Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge. Proyecto CATIE-BID.ATN/SF-1965-RE. Turrialba, Costa Rica. 32p.
- 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. *Rev. Pastos y Forrajes*. 25(3): 189-194.
- Seminario, J., Valderrama, M. & Manrique, I. (2003). *El Yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. 1ra ed. Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 60p

- Silva, R., Guimarães, M., Aquino, A. & Mercante, F. (2011). Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46(10): 1277- 1283. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000023>.
- Suárez, L., Labrada, Y., Rodríguez, I., Álvarez, A., Bruqueta, D. & Licea, L. (2018). Caracterización de la macrofauna edáfica en un pastizal de la provincia Granma. *Rev. Centro Agrícola*. 45(4): 43 - 48.
- Vargas, S., Cairo, P. Muñoz, E., Gutiérrez, D., Rodríguez, I. & Noda, A. (2006). Estudio de la dinámica de las lombrices (*Lumbricus terrestris*) como un indicador de sostenibilidad en agroecosistemas ganaderos. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*. 40(1): 83-89.
- Vega, Ana. Herrera, R.; Rodríguez, G., Sánchez, S., Lamela, L. & Santana, A. (2014). Evaluación de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en el Valle del Cauto, Cuba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 48(2): 189-193.
- Wang, H., Liu, Sh., Wang, J., Shi, Z., Lu, L., Ji, Z., Ming, A., Tang, J. & Yu, H. (2013). Effects of tree species mixture on soil organic carbon stocks and greenhouse gas fluxes in subtropical plantations in China. *For. Ecol. Manage.* 300: 4 -13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.04.005>