

**ESTUDIO DE LA MACROFAUNA EN DIFERENTES USOS DE SUELO CON
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* EN LA GRANJA EXPERIMENTAL
BOTANA.**

MARIA ROSARIO PINEDA ARTEAGA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO
2013**

**ESTUDIO DE LA MACROFAUNA EN DIFERENTES USOS DE SUELO CON
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* EN LA GRANJA EXPERIMENTAL
BOTANA.**

MARIA ROSARIO PINEDA ARTEAGA

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniera Agrónoma

Presidente

JORGE ALBERTO VÉLEZ LOZANO I. AF., M. Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO
2013**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

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

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRAC.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
DIVERSIDAD.....	19
BIOMASA.....	23
DISTRIBUCION VERTICAL.....	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27

**ESTUDIO DE LA MACROFAUNA EN DIFERENTES USOS DE SUELO CON
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* EN LA GRANJA EXPERIMENTAL
BOTANA.**

**MACROFAUNA STUDY IN DIFFERENT SOIL USES WITH WAX LAUREL
Morella pubescens AT THE EXPERIMENTAL CENTER BOTANA.**

María Pineda A.¹

Jorge Vélez L.²

RESUMEN

La investigación se realizó en la Granja Experimental Botana, Corregimiento de Catambuco, Municipio de Pasto (77° 16' 17" W y 1° 9' 16" N, 2820 msnm, 12 °C, y humedad relativa del 75%). Se seleccionaron cuatro usos de suelo: Pradera de *Pennisetum clandestinum*, árboles dispersos de Laurel de Cera *M. pubescens*, bosque secundario y un Sistema Agroforestal Laurel/Lupinus *Lupinus mutabilis*. El muestreo se hizo siguiendo la metodología TSBF, en donde se identificaron cinco sitios de muestreo por uso de suelo, de donde se obtuvieron monolitos de dimensiones 0,25 x 0,25 x 0,30 m, el cual se dividió en cuatro estratos. La macrofauna se recolectó de forma manual. Posteriormente se hizo el conteo y pesaje de individuos a nivel de morfo especie. Se realizó un análisis de varianza y se utilizó pruebas de comparación de medias de Tukey para abundancia, riqueza, diversidad y biomasa. Los resultados indicaron que el bosque secundario y la pradera presentaron los mayores valores de abundancia (5012,8 y 3203,6 individuos/m² y riqueza (58 y 42 morfo especies/m²). La pradera presentó la mayor biomasa (279,6 g.p.f./m²) y diversidad (H'²= 3,232). El uso de suelo de árboles dispersos presentó la menor abundancia (1552 individuos/m²) y biomasa (23,78 g.p.f./m²). El sistema agroforestal Laurel/lupinus presentó la menor riqueza (26 morfo especies/m²) y diversidad (H'²= 2,174). En cuanto a la distribución vertical la mayor abundancia se presentó en los estratos de mantillo y 0-10 cm. (5187,6 y 4526 individuos/m² respectivamente).

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniera Agrónoma.

1 Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail; charo02_14@hotmail.com. 2013.

2 I. AF. M. Sc. Profesor Tiempo Completo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail; jvelezlozano@gmail.com.2013.

Se presentó en los estratos de mantillo y 0-10 cm. (5187,6 y 4526 individuos/m² respectivamente).

Palabras Clave: *M. pubescens*, *Lupinus mutabilis*, abundancia, riqueza, diversidad, biomasa, distribución vertical.

ABSTRAC

The research project was conducted at the experimental farm Botana, Township of Catambuco, municipality of Pasto (77 ° 16 '17 "W and 1 ° 9' 16" N, 2820 m, 12 ° C and relative humidity of 75%). In this research were selected four soil uses: *Pennisetum clandestinum* grass, scattered trees of wax laurel *M. pubescens*, secondary forest and an agroforestry System Laurel / Lupinus *Lupinus mutabilis*. Sampling was done with TSBF methodology, where there were five sampling places each soil use, with this samplings were obtained monoliths of dimensions 0,25 x 0,25 x 0,30 m, they were divided in four layer. The macrofauna was collected manually and after these were counted and weighed individually by morph species. In this research was realized an analysis of variance with mean comparison test of Tukey for abundance, richness, diversity and biomass. The results indicated that the secondary forest and the grass had the highest values for abundance (5012,8 and 3203,6 individuals) and richness (58 and 42 morph species). The grass had the highest value for biomass (279,6g.p.f./m²) and diversity (H '= 3,232). The soil use with scattered trees had the lowest value for abundance (1552 individuals/m²) and biomass (23,78 g.p.f.m²). The agroforestry system Laurel/ *lupinus* had the lowest richness (26 morph species) and diversity (H '= 2,174). About the vertical distribution, it showed the highest abundance in the layers of mulch and 0-10 cm. (5187,6 y 4526 individuals/m² respectively).

Keywords: *M. pubescens*, *Lupinus mutabilis*, abundance, richness, diversity, biomass, vertical distribution.

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados edáficos se constituyen uno de los factores formadores del suelo, interviniendo en los ciclos de los nutrientes, en la regulación de la dinámica de la materia orgánica, secuestro de carbono en la regulación de gases de invernadero y a su vez modifican su estructura (Bonilla, Gómez y Sánchez, 2002). Sin embargo todos los beneficios se ven disminuidos por la aplicación de prácticas inadecuadas que son generados por esquemas tradicionales de monocultivos, el uso de implementos inapropiados y excesivo número de laboreo para preparar el suelo, sin tener en cuenta prácticas de conservación, lo que acelera procesos de erosión y degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Gómez y García, 2002).

Para evitar esta degradación acelerada del suelo, una de las alternativas de conservación es el uso de coberturas vegetales con leguminosas y la implementación de Sistemas agroforestales, que se constituyen un componente fundamental de la estabilidad del sistema de Agricultura de Conservación (FAO, 2012). Una especie promisoría de gran utilidad para la implementación de dichos Sistemas agroforestales es el laurel del Cera *Morella pubescens* que se caracteriza por ser un arbusto adecuado para la protección de cuencas hidrográficas y recuperación de terrenos erosionados ya que en sus raíces posee nódulos que aportan nitrógeno al suelo y tiene la capacidad de adaptarse entre 1600 y 3200 msnm. (Muñoz y Luna, 1993)

El laurel de Cera se utiliza en asocio con diferentes especies que también son usadas como Coberturas vegetales, algunas como los cereales, las leguminosas y oleaginosas. Todas estas especies son de gran beneficio para el suelo; sin embargo, algunos cultivos presentan mayores beneficios, es así como, el *Lupinus mutabilis*, una leguminosa que tiene la capacidad de mejorar la estructura del suelo e incrementar los contenidos de residuos vegetales, materia orgánica, nitrógeno y fósforo; también contribuye al mayor incremento de los organismos que lo habitan, ya que son fundamentales para la realización de procesos como: descomposición y reciclaje de nutrientes (Jacobsen y Mujica, 2006).

El Lupinus utilizado en asocio como cobertura vegetal con Laurel de cera *M. pubescens* constituye una práctica de gran potencial debido a que presenta diferentes beneficios, uno de los más sobresalientes se debe a que el lupinus tiene la capacidad de mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, además cabe resaltar que uno de los aspectos importantes de un sistema agroforestal, es la obtención de productos secundarios en este caso el Laurel de cera *M. pubescens*, permite al productor obtener recursos adicionales mediante el aprovechamiento de la extracción de madera, postes, y cera, un producto comercial utilizado de diferentes maneras (Muñoz y Luna, 1999).

En el departamento de Nariño se han desarrollado diferentes investigaciones con respecto a las propiedades biológicas del suelo, Castro y Duque (2009) en su estudio de macrofauna en diferentes usos del suelo en el centro experimental Botana, donde evaluaron: bosque secundario, pradera de *Lolium perenne*, un lote de árboles dispersos de *Alnus acumilatay* cultivo en callejones de *Lolium perenne* y *Medicago sativa* L. Los resultados indicaron que el bosque presentó los mayores valores promedio de abundancia (819), riqueza (7.00), diversidad (1.32) y biomasa (23.86).

De acuerdo a lo anterior la presente investigación se realizó con el objeto de evaluar la macrofauna en diferentes usos del suelo con laurel de cera *Morella. pubescens* en el centro experimental Botana, Municipio de Pasto, Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la granja experimental Botana, Municipio de Pasto, Nariño, Colombia, ubicada con coordenadas 77°16'17" W y 1°9'16" N, 2820 msnm, temperatura promedio de 12 °C, precipitación media anual de 910,3 mm y humedad relativa del 75%

(IDEAM, 2010). Los usos de suelo identificados para la investigación que corresponden a los tratamientos se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los Tratamientos utilizados en el estudio de diferentes usos de suelo con Laurel de cera *M. pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Tratamiento	Número de Muestras	Características
Suelo 1 Pradera de kikuyo	5 Monolitos	Pradera de kikuyo. <i>Pennisetum clandestinum</i>
Suelo 2 Arboles dispersos <i>M. Pubescens</i>	5 Monolitos	Lote con árboles de <i>M. pubescens</i> crecimiento espontaneo, con altura aproximada de 2 a 3 m, y distancia de 4 m entre sí.
Suelo 3 Bosque secundario Granja Botana	5 Monolitos	Bosque secundario húmedo montano bajo, ubicado a 2900 msnm, en la granja Botana, con vegetación arbustiva, presencia de diferentes especies nativas como: Aliso (<i>Alnus acuminata</i>), Arrayán (<i>Myrcia popayanensis</i>), Cancho (<i>Brunellia tomentosa</i>), Cedrillo (<i>Brunellia bullata</i>), Cedro (<i>Cedrela montana</i>), Cucharo (<i>Myrsin ecoriacea</i>), Chaquilulo (<i>Macleania rupestris</i>), Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>), Encino (<i>Weinmannia</i> sp), Laurel de cera (<i>Morella pubescens</i>), Mate (<i>Clusia multiflora</i>), Motilón dulce (<i>Hierony mamacrocarpa</i>), Motilón silvestre (<i>Freziera canescens</i>), Paja (<i>Festuca procerca</i>), Pumamaque (<i>Oreopanax discolor</i>), Laurel dorado (<i>Ocotea sericea</i>) (Martínez, 2004).
Suelo 4 SAF Laurel-Lupinus	5 Monolitos	<i>M. pubescens</i> con diámetro de tallo en promedio de 3,2 cm., y altura promedio de 32,98 cm., sembrados en el mes de octubre de 2011, a 4m de distancia. Entre los días 15 a 17 de Noviembre de 2011 se siembra Lupinus <i>L. mutabilis</i> , que posteriormente se incorporó como abono verde, antes de su floración el día 11 de Febrero de 2012, un mes posterior a la incorporación se realizó la toma de los monolitos.

Según el IGAC (2004), los suelos en donde se realizaron los muestreos mencionados tienen una clasificación taxonómica Acrudoxic Melanudands-Acrudoxic Hapludands-Acrudoxic Placudand, que pertenecen al grupo de andisoles y se caracterizan por ser suelos muy profundos, presentar texturas moderadamente gruesas, bien drenados, muy fuertemente ácidos, fertilidad baja, alta saturación de aluminio y usualmente con altos contenidos de materia orgánica.

Para la realización del muestreo se utilizó la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) descrito por Anderson e Ingram, (1993). Se identificaron cinco sitios de muestreo por uso de suelo escogidos al azar de donde se obtuvieron monolitos de dimensiones 0,25 x 0,25 x 0,30 m, correspondientes a un área de 0,0625m², y posteriormente se tomaron cuatro submuestras: mantillo, 0-10 cm, 10-20 cm. y 20-30 cm., de profundidad, que fueron colocados en bolsas plásticas previamente rotuladas con el tipo de uso de suelo y la fecha de realización del muestreo; posteriormente se trasladaron al laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño donde se procedió a extraer de forma manual los organismos. Los artrópodos se conservaron en alcohol al 70% y los anélidos en formol al 5%.

Con ayuda de un estereoscopio se procedió a separar los organismos hasta nivel de morfo especie, utilizando claves taxonómicas descritas por Blakemore (2006), Cupul (2011), Dippenaar y Jocqué, (1997), Duque, (1984), Fauchald (1977), Hoffman (1996), Hoffman *et al.* (2002), Milligan (1997), Sther (2002), Triplehorn, Johnson, y Borror (2005), y Wolf (2006). Posteriormente fueron contabilizados y pesados en una balanza analítica para el posterior cálculo de biomasa.

Variables Evaluadas. En cada uno de los monolitos se determinó: la abundancia de la macrofauna asociada a cada uso de suelo, calculando el número de individuos por m⁻² y la biomasa determinada por el peso fresco en gramos m⁻², la distribución vertical se calculó por separado registrando el número de individuos por cada estrato del suelo.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD. Para el cálculo de los índices de diversidad se empleó el programa Past versión 2.01, los índices evaluados fueron:

Índice de Shannon-Wiener (H'). Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001).

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Dónde:

H' Diversidad.

N= Número de individuos de la muestra.

ni= Número de individuos de la especie i en la muestra. Presenta una escala de 0 a 5 en donde 5 representa la mayor diversidad.

Índice de Simpson: Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001)

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde:

pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Riqueza específica (S): Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

Equidad de Pielou (J'): Mide la diversidad de la proporción observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H' \max}$$

Dónde:

H'max = ln (S).

S = Número total de especies

Una vez sistematizados todos los datos, se realizaron análisis de varianza complejas y pruebas de comparación de medias de Tukey para cada variable, utilizando el programa Sas V8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ABUNDANCIA

La abundancia total de la macrofauna encontrada en los diferentes usos del suelo en la granja Botana, fue de 12.107,5 individuos/m², de los cuales el uso más abundante fue el bosque secundario con un total de 5.012,8 5 individuos/m² (41,4%), el cual estuvo representado por las clases Acari, Arachnida, Myriapoda, Anelida e Insecta; la pradera tuvo una abundancia de 3.203,6 individuos/m² (26,5 %), representado por las clases Acari, Anelida, Myriapoda, Crustacea e Insecta, la parcela experimental del Sistema Agroforestal Laurel/Lupinus con 2.339,2 individuos/m² (19,4 %), representada por las clases Acari, Anelida, Arachnida, Myriapoda, Symphyla e Insecta, finalmente la menor abundancia la presentó el uso de suelo con árboles dispersos con 1552 individuos/m² (12,9 %) representado por las clases Acari, Anelida, Arachnida, Myriapoda e Insecta (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia de familias de macro organismos en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *M.pubescens* en la Granja Experimental Botana. 2012

Familia	BOSQUE		PRADERA		SAF LAUREL LUPINUS		ARBOLES DISPERSOS	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Acari 1	0	0	48	1.4	0	0	19.2	1.23
Acari 10	138	2.7	0	0	0	0	0	0
Acari 3	0	0	118.4	3.6	0	0	0	0
Acari 4	0	0	0	0	48	2.05	28.8	1.85
Araneae	0	0	422.4	13.1	0	0	48	3.09
Campodeidae	83.2	1.6	0	0	0	0	0	0
Carabidae	0	0	51.2	1.5	41.6	1.7	57.6	3.71
Chrysomelidae	0	0	0	0	25.6	1.09	0	0
Collembola 1	0	0	0	0	171.2	7.3	0	0
Collembola 2	83.2	1.6	32	0.9	0	0	0	0
Cryptopidae	64	1.2	32	0.99	0	0	0	0
Curculionidae	57.6	1.1	57.6	1.7	166.4	7.1	86.4	5.56
Dipluridae	111.2	2.2	0	0	0	0	310.4	20
Díptera 1	0	0	0	0	22.4	0.95	211.2	13.6
Díptera 10	0	0	0	0	0	0	19.2	1.23
Díptera 11	0	0	0	0	0	0	16	1.03
Díptera 13	0	0	0	0	22.4	0.95	0	0

Díptera 2	0	0	0	0	0	0	28.8	1.85
Entomobridae	73.6	1.4	0	0	0	0	0	0
Geophilomorpha 3	0	0	48	1.4	22.4	0.95	0	0
Japygidae	99.2	1.9	0	0	0	0	0	0
Labiduridae	70.4	1.4	0	0	0	0	0	0
Lumbricidae	144.8	2.8	504	15.7	35.2	1.5	32	2.06
Mollusca 3	96	1.9	0	0	0	0	0	0
Oligochaeta 2	0	0	140.8	4.39	48	2.05	80	5.1
Oligochaeta 3	1099.2	21.9	99.2	3.09	28.8	1.2	44.8	2.8
Oligochaeta 4	256	5.1	0	0	0	0	44.8	2.88
Otros	834.2	16.6	923.6	28.8	230.4	9.8	156.8	10.1
Platidesmida	83.2	1.6	0	0	0	0	0	0
Polydesmida	1079.4	21.5	80	2.4	118.4	5.06	64	4.12
Porcellionidae	236.4	4.7	0	0	0	0	16	1.03
Ptiliidae	0	0	0	0	0	0	19.2	1.23
Ptilodactylidae	64	1.2	41.6	1.2	1179.2	50.4	38.4	2.47
Scarabaeidae	0	0	310.4	9.6	102.4	4.37	35.2	2.26
Scydmaenidae	51.2	1	0	0	0	0	0	0
Spirobolida	118.4	2.3	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	89.6	1.7	220.8	6.8	76.8	3.2	160	10.3
Symphyla	80	1.5	73.6	2.2	0	0	35.2	2.26
TOTAL	5012.8	100	3203.6	100	2339.2	100	1552	100

Para esta variable, se encontró que el suelo correspondiente al Bosque obtuvo la mayor abundancia de individuos con 5.012,8 i./m² respecto a los demás usos de Suelo, la abundancia del bosque estuvo representada por Oligochaeta 3 con 1.099,2 individuos/m² y Polydesmidos con 1.079,4 individuos/m², (tabla 2) esto se debe a que una de las funciones principales de los Oligochaetas es transformar el material orgánico en humus ya que consumen por día una cantidad de alimento equivalente al peso de su cuerpo. Estas Se caracterizan por vivir en túneles horizontales alrededor de las raíces. Se alimentan de mantillo en descomposición y de materia orgánica, además son responsables de grandes cambios en la estructura física del suelo (Lavelle y Spain, 2001).

Por su parte los Diplopodos que pertenecen al Orden Polydesmida y Spirobolida son de hábitos saprófagos y tienen la capacidad de excavar, su función en el suelo es de suma

importancia debido que al perforar el suelo rompen los niveles superiores del mismo, e incrementan la porosidad, la capacidad de retención de Agua (Zerbino, 2005).

Al respecto Bueno (2012), asegura que en bosques donde las densidades son altas, se ha calculado que los diplopodos son responsables del consumo de hasta el 31% de la biomasa total de hojarasca producida en un año. Es indudable la importancia de estos organismos en los distintos ecosistemas donde habitan, por lo que actualmente son considerados como ingenieros del ecosistema junto con hormigas, coleópteros, termitas y lombrices de tierra.

Dentro de esta investigación la clase Insecta fue la más abundante, representada por el orden Coleóptera, las familias más representativas fueron Carabidae y Staphylinidae, que en estado de larva y adulto se caracterizan por ser de hábitos depredadores, Ptilodactylidae cuyas larvas se caracterizan por encontrarse en suelos húmedos con altos contenidos de materia orgánica (Triplehorn, Johnson, y Borror, 2005). Estados larvarios de las familias Elateridae, Scarabaeidae y Curculionidae de hábitos rizosferos. Las larvas de Díptera (Simuliidae, Tipulidae, Chironomiidae, Bibionidae) que se encontraron, son saprófagas y están asociadas con acumulaciones de materia orgánica (Curry, 1987).

El análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas para el factor uso de suelo, estrato y la interacción suelo*estrato (Tabla 3).

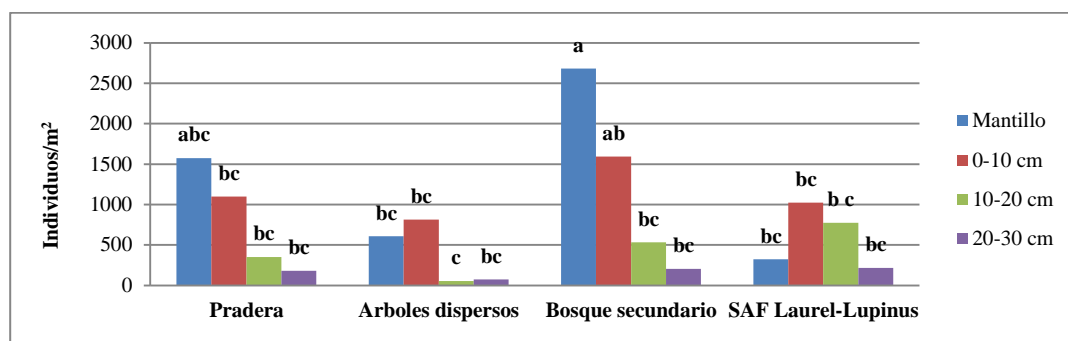
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable abundancia en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Fuente de variación	G L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F Tabulado
Modelo	15	37878771.4875	2525251.4325	5.4754	<0.0001
Usos	3	8290173.9375	2763391.3125	5.9917**	0.0012
Estrato	3	17712370.9375	5904123.6458	12.8017**	<0.0001
Uso * Estrato	9	11876226.6125	1319580.7347	2.8612**	0.0067
Error	64	29516768.4000	461199.5063		
Total	79	67395539.887			

** Diferencias Altamente significativas (<0,01)

La prueba de comparación de medias de Tukey (Figura 1), indica que los usos del suelo afectan la abundancia de la marofauna de manera diferencial a ciertos estratos, es decir que

el bosque en los estratos mantillo, 0-10 cm, y en la pradera en el estrato mantillo presentan diferencias estadísticas significativas frente a los demás, con 2.681 i./ m², 1.592 y 1.574 i./ m² respectivamente, Frente a los usos de suelo (Figura 1), Rodriguez *et al* (2000) indica que esto se debe a que una de las características del bosque secundario es que el suelo no ha sido intervenido, esto se evidencia en la mayor densidad de macroorganismos, ya que los árboles y arbustos presentes en los bosques regulan algunos factores del suelo como la temperatura y la humedad, lo cual origina un microclima con características acordes con la exigencia de algunos organismos vivos que desarrollan su vida o gran parte de ella en el suelo.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura1. Prueba de comparación de Tukey para la variable abundancia para los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Para Castro, Burbano y Bonilla (2007), estos resultados indican que la macrofauna del suelo se desenvuelve en el estrato de mantillo y la profundidad de 0-10 cm, ya que a medida que se profundiza en el perfil del suelo disminuye el contenido de materia orgánica y oxígeno que proporciona el hábitat y el alimento para su desarrollo. Sin embargo según los resultados encontrados en esta investigación como se puede observar en la Figura 1, en el uso de suelo de árboles dispersos y en el SAF laurel/ lupinus la mayor abundancia se presentó en la profundidad 0-10 cm, con 812 y i./ m² respectivamente.

Dentro del sistema del Arreglo Agroforestal laurel/lupinus esta diferencia se presentó debido a que un mes antes de la toma de los monolitos se incorporó *Lupinus mutabilis*

como abono verde en este uso de suelo, por lo tanto el estrato correspondiente a mantillo era muy escaso, según Castro y Salazar (1998), este hecho incrementa la acidez del suelo y el contenido de materia orgánica, esto favoreció para que individuos de los órdenes: Coleóptera (Ptilodactylidae, Scarabaeidae, Carabidae, Staphylinidae), Polydesmida, Collembola, Oligochaeta (Lumbricidae, oligochaeta 2) prefirieran el estrato 0-10 cm para su desarrollo.

Con respecto al uso de suelo con árboles dispersos presentó la menor abundancia debido a que este funciona como lote de pastoreo afectando de forma negativa la macrofauna del suelo, debido a que hay una disminución de la porosidad, la cantidad de oxígeno y se incrementa la cantidad de dióxido de carbono (Morris, 2000). Al respecto Rypstra *et al.* (1999), encontraron que el pisoteo causado por ovinos reduce la actividad locomotora de las arañas y Baker (1998), menciona que como consecuencia del pisoteo la abundancia de lombrices se reduce en un 20%.

RIQUEZA

El análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas para el factor uso de suelo, estrato y la interacción uso de suelo*estrato (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza para la variable Riqueza en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana. 2012.

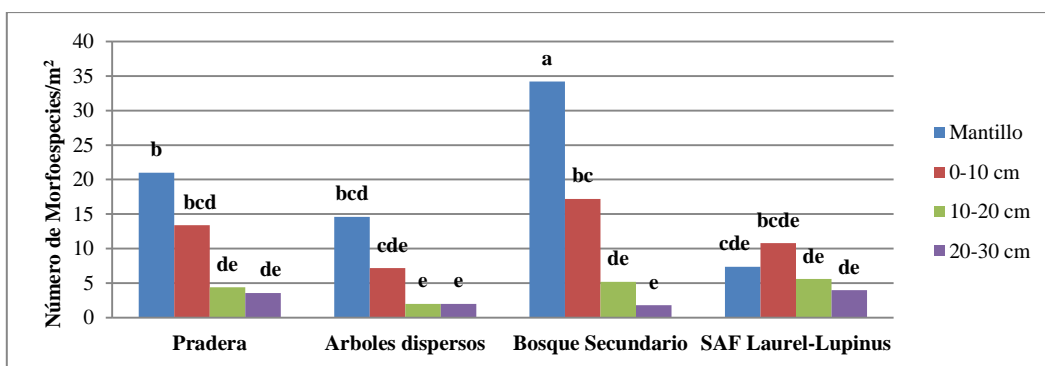
Fuente de variación	G L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F Tabulado
Modelo	15	5752.2000	383.4800	15.2250	<0.0001
Usos	3	858.7000	286.2333	11.3641**	<0.0001
Estrato	3	3484.7000	1161.5667	46.1168**	<0.0001
Uso * Estrato	9	1408.8000	156.5333	6.2147**	<0.0001
Error	64	1612.0000	25.1875		
Total	79	7364.2000			

** Diferencias Altamente significativas (<0,01)

La prueba de comparación de medias de Tukey (Figura 2), indica que los usos de suelo afectan la riqueza de la macrofauna de manera diferencial a ciertos estratos, al igual que la abundancia la riqueza disminuye cuando aumenta la profundidad del suelo, esto indica que los diferentes usos del suelo ejercen un efecto negativo sobre esta. Setala, Marshall y

Trofymow (1996) y Barros *et al.*, (1999), coinciden con los resultados encontrados en este estudio al afirmar que una cubierta permanente, ya sea con cultivos de cobertura, mulch o una capa de hojarasca, trae consigo una mejor conservación del suelo y constituye una alternativa para lograr la colonización de organismos que intervienen en la descomposición vegetal en varias formas: produciendo la desintegración física de los tejidos y el incremento de la superficie disponible para la acción de las bacterias y los hongos; la descomposición selectiva de materiales como azúcares, celulosa y lignina; la transformación de los residuos de plantas en material húmico y la mezcla de materia orgánica descompuesta con la parte mineral del suelo.

Según Decaens *et al.*, (2006) en los sistemas agrícolas manejados tradicionalmente se produce una disminución de la riqueza, abundancia y biomasa total de la macrofauna del suelo, lo cual se atribuye al uso inadecuado de agroquímicos, a la reducción en la producción de raíces y a la modificación en el microclima del suelo luego de la desaparición de la vegetación natural.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 2. Prueba de comparación de Tukey para la variable Riqueza para los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

DIVERSIDAD

Esta variable se midió a través de los índices de Shannon-Wiener, Índice de Simpson y Equidad de Pielou.

Los índices de Shanon ($H'=3.232$) y Simpson ($\lambda=0.9279$), para el uso de suelo correspondiente a la pradera muestran los valores más altos (Tabla 5), esto indica que la comunidad de macroorganismos que viven en este suelo sea más abundante y diverso debido a que la distribución de especies es más equitativa ($J'=0.737558$) con respecto a los demás usos de suelo. Estos resultados son contrarios a los encontrados por Duque y Castro (2009), en la evaluación de macrofauna en diferentes usos de suelo en el centro experimental Botana, quienes encontraron que la mayor abundancia (819 individuos/m²), riqueza (7 unidades taxonómicas) y diversidad ($H'=1,32$) se presentó en el bosque secundario con respecto a una pradera de *Lolium perenne*. Para Bardgett (2005), la diferencia de estos resultados se debe al tipo de vegetación de la pradera, Scheu (2003) demostró que una pradera de raigrás *L. perenne* incremento la diversidad y abundancia de lombrices de tierra con respecto a una pradera de trébol *Trifolium repens*.

Para el SAF Laurel/lupinus se encontró los valores más bajos correspondientes al Índice de Shanon, índice de Simpson y Equidad de Pielou (Tabla 5). Los cuales indican que hay una menor diversidad de especies y la abundancia se vuelve más equitativa, en este caso se presenta una mayor abundancia de la familia Ptilodactylidae que domina sobre las demás. Según Moreno (2001), el índice de Simpson se basa en que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies existen, y la distribución es equitativa.

Lawrence, *et al.* (1995), sugiere que los adultos de la familia Ptilodactylidae se encuentran a menudo en el follaje y se alimentan de hongos microscópicos, sus larvas se producen en la hojarasca y madera muerta en presencia de alto contenido de Materia orgánica, a menudo en ambientes húmedos, por su parte Chará-Serna, *et al.* (2010), determinaron que esta

familia es un grupo funcional fragmentador, ya que al realizar análisis de contenidos estomacales concluyeron que poseían materia orgánica particulada gruesa mayor o igual al 35%.

Tabla 5. Índices de diversidad en los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

SUELOS	SHANON	SIMPSON	E. PIELOU	RIQUEZA
Pradera	3.232	0.9279	0.737558	42
Arboles Dispersos	3.017	0.9155	0.767328	26
Bosque Secundario	3.099	0.8934	0.688696	58
SAF Laurel/Lupinus	2.174	0.7315	0.58542	28

La dominancia de esta familia en el Sistema Agroforestal Laurel/Lupinus refleja la importancia de la incorporación de lupinus en el suelo, a largo plazo como materia orgánica particulada gruesa (hojarasca) que será un recurso alimenticio para muchos artrópodos.

La presente investigación refleja el escaso conocimiento sobre la biología y ecología de esta familia, y de muchos organismos que se encuentran en los suelos de la granja Botana, este hecho recalca la necesidad de estudiar más a fondo algunos grupos taxonómicos indicadores de Salud y calidad del Suelo.

Índice de Shannon-Wiener (H')

El análisis de varianza no presenta diferencias estadísticas para el factor uso de suelo, no obstante se evidencian diferencias altamente significativas para el factor estrato y la interacción uso de suelo*estrato (Tabla 6).

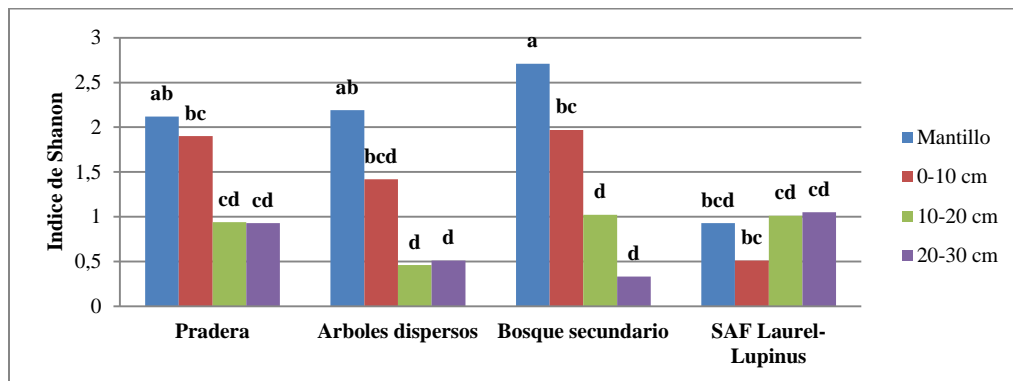
Tabla 6. Análisis de varianza para el Índice de Shannon-Wiener en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F Tabulado
Modelo	15	36.51482295	2.43432153	10.15	<.0001
Usos	3	1.91067163	0.6368905	2.65 ^{NS}	0.0559
Estrato	3	27.67326096	9.22442032	38.45**	<.0001
Uso * Estrato	9	6.93089036	0.77009893	3.21**	0.0029
Error	64	15.35287941	0.23988874		
Total	79	51.86770236			

** Diferencias Altamente significativas (<0,01)

NS No significativo

La prueba de comparación de medias de Tukey indica diferencias altamente significativas para la interacción usos de suelo por estratos (Figura 3), es decir que los usos de suelo tienen efecto sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener de manera diferente a medida que la profundidad del suelo incrementa.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 3. Prueba de comparación de Tukey para el índice de Shannon-Wiener para los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

El estrato de mantillo en el bosque presenta diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás estratos y usos de suelo, para la FAO (2001) este comportamiento se debe a que la cobertura vegetal del suelo es diversa, en el caso del bosque el mantillo es más heterogéneo debido a la presencia de distintos tipos de plantas, como consecuencia hay un incremento de los recursos a ser colonizados, lo cual determina un aumento en la diversidad de la fauna presente en este estrato, al respecto About y Crossley, (1982) afirman que dentro del sistema del suelo la hojarasca es el estrato de mayor importancia dado que provee nutrientes, energía y refugio a muchas especies.

Índice de Simpson (λ)

El análisis de varianza no presenta diferencias estadísticas para el factor uso de suelo, sin embargo se evidencia que en el factor estrato y la interacción uso de suelo*estrato existen diferencias altamente significativas (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza para el Índice de Simpson en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

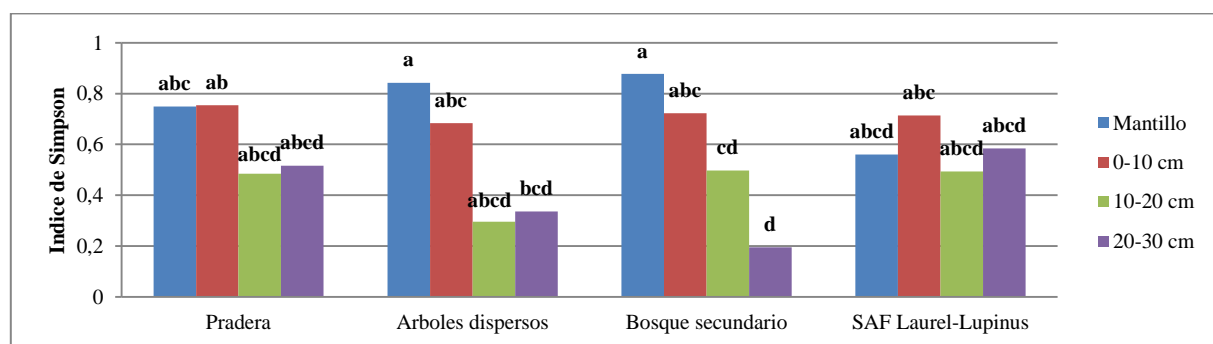
Fuente de variación	G L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F Tabulado
Modelo	15	2.9017	0.1934	4.7992	<0.0001
Usos	3	0.0768	0.0256	0.6351 ^{NS}	0.5951
Estrato	3	1.9766	0.6589	16.3458**	<0.0001
Uso * Estrato	9	0.8483	0.0943	2.3384**	0.0239
Error	64	2.5797			
Total	79	5.4814			

** Diferencias Altamente significativas (<0,01)

NS No significativo

La prueba de comparación de medias de Tukey indica diferencias altamente significativas para la interacción usos de suelo por estratos (Figura 4), indicando que el estrato mantillo del uso de suelo bosque y árboles dispersos presenta el mayor índice de Simpson con respecto a los demás estratos y usos de suelo. En este caso el índice de Simpson indica que no existe una especie dominante en el estrato de mantillo para estos dos usos de suelo.

Al respecto Odum (1972), concluye que las comunidades en medios ecológicos estables tienen diversidad de especies más altas que las comunidades sujetas a perturbaciones estacionales ya sea por el hombre o la naturaleza.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 4. Prueba de comparación de Tukey para el índice de Simpson para los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

BIOMASA

El análisis de varianza presenta diferencias significativas para el factor uso de suelo y estrato, sin embargo no se evidencian diferencias estadísticas para la interacción uso de suelo * estrato (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable biomasa en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Fuente de variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F Tabulado
Modelo	15	2904940.5573	193662.7038	1.9429	0.0347
Usos	3	928739.0092	309579.6697	3.1059*	0.0326
Estrato	3	1055622.6746	351874.2249	3.5302*	0.0197
Uso * Estrato	9	920578.8735	102286.5415	1.0262 ^{NS}	0.4293
Error	64	6379277.0123	99676.2033		
Total	79	9284217.5696			

* Diferencias significativas (<0,05)

NS No significativo

La prueba de comparación de medias para los estratos del suelo (Tabla 9), indica que las profundidades 0-10 cm y 10-20 cm presentan los mayores promedios diferenciándose estadísticamente de los estratos 20-30 cm y mantillo.

Tabla 9. Prueba de Medias para la variable biomasa para los estratos en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

GRUPO	PROMEDIO g.p.f./m ²	ESTRATO SUELO
a	307.26	2 (0-10 cm)
ab	162.5	3 (10-20 cm)
b	39.97	4 (20-30 cm)
b	19.47	1 (Mantillo)

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

En los estratos 0-10 cm y 10-20 cm se encontró la mayor biomasa con 307,26 g.p.f./m² y 162,5 g.p.f./m² respectivamente, los organismos que hicieron el mayor aporte fueron los pertenecientes a la clase Oligochaeta e Insecta (coleóptera), según Peñaranda y Naranjo (1998), afirman que la cantidad de biomasa encontrada es directamente proporcional a la profundidad de los estratos, es decir, que en estratos inferiores se encuentran los organismos de mayor peso. (Lumbricidae), lo cual hace que esos estratos tengan los valores más altos de biomasa.

La prueba de comparación de medias para usos de suelo (Tabla 10), indica que la pradera presenta el mayor promedio para la variable biomasa con respecto a los demás usos de suelo.

Tabla 10. Prueba de Medias para Biomasa en los cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

GRUPO	PROMEDIO g.p.f./m ²	TRATAMIENTO
a	279.6	1 (Pradera)
ab	191.05	3 (Bosque Secundario)
b	34.76	4 (SAF laurel/lupinus)
b	23.78	2 (Arboles dispersos)

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Los valores más altos para la variable biomasa se obtuvieron en la Pradera y Bosque secundario con 279,6 g.p.f./m² (52,83 %) y 191,05 g.p.f./m² (36,1%), respectivamente. Los valores más bajos se presentaron en SAF laurel/lupinus y el uso de suelo con árboles dispersos con 34,76 g.p.f./m² (6,56%) y 23,78 g.p.f./m² (4,51%) respectivamente

En la pradera los mayores aportes de biomasa lo hicieron las familias lumbricidae, curculionidae y polydesmida, al respecto Castro, Burbano y Bonilla (2007), atribuyen la presencia de la familia lumbricidae la profusión y renovación de las raíces de los pastos, y en el bosque secundario a los buenos contenidos de materia orgánica que permite baja densidad aparente y por ende buena circulación de aire y Humedad para su desarrollo.

En SAF laurel/lupinus hubo una disminución de la biomasa con respecto a la pradera, esto debido a que un mes antes de la toma de los monolitos se incorporó *Lupinus mutabilis* como abono verde, lo que generó perturbación en el suelo causada por las labores agrícolas involucradas con esta actividad. Las familias que aportaron mayor biomasa en este uso de suelo fueron Scarabaeidae, Ptilodactylidae y Lumbricidae.

En el suelo de árboles dispersos se encontró que al igual que la abundancia hubo disminución en la biomasa y las familias más representativas para Biomasa fueron: Polydesmida, oligochaeta 2, Dipluridae, Scarabaeidae, Lumbricidae, Porcellionidae, Carabidae, Curculionidae e Hirudinea. El manejo de este uso de suelo es de uso exclusivo para pastoreo, una de las prácticas que afectan negativamente a la macrofauna del suelo, lo cual es corroborado por Morris (2000), quien afirma que un incremento de la intensidad de pastoreo es acompañado por una disminución de la diversidad de la fauna que habita el suelo.

Además cabe anotar que la sobrecarga de animales unida al pisoteo en suelos no aptos para pastoreo causa efectos adversos en las propiedades físico-químicas del suelo. Estos resultados afirman lo encontrado por Peñaranda y Naranjo, (1988) quienes encontraron que el cambio en el uso del terreno puede generar variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal.

DISTRIBUCION VERTICAL

El estrato de mantillo indicó los mayores valores para abundancia (6484,5 i.p. /m²), diversidad ($H' = 2.9545$) y riqueza ($S = 55$), a medida que incrementa la profundidad del suelo disminuye la abundancia y diversidad de la macrofauna. (Tabla 6). En este estrato del suelo se puede apreciar con forma al índice de Simpson ($\lambda = 0,89018$) que en la comunidad de macrofauna existente hay menos abundancia de una sola especie y conforme al índice de Shannon ($H' = 2.9545$) en esta comunidad hay una dominancia equitativa ($J' = 0.75669$). de las morfo especies presentes, lo cual favorece la mayor diversidad y riqueza de especies

(S=55), no obstante el estrato del suelo que presentó mayor abundancia, riqueza y diversidad de especies no es el que contribuye con la mayor Biomasa.

Tabla 11. Distribución vertical en cuatro usos de suelo con Laurel de cera *Morella pubescens* en la Granja Experimental Botana.

Profundidad	Abundancia	Riqueza	I. Shannon	I. Simpson	E. Pielou	Biomasa
Mantillo	6484,5	55	2.9545	0.89018	0.75669	778.2
0-10 cm	5658,75	33	2.24325	0.78125	0.648403	12290.4
10-20 cm	2175,5	13	1.557	0.66585	0.62275	6500.2
20-30 cm	816	9	1.47773	0.6219	0.672005	1598.4

El mayor aporte de biomasa se registró en el estrato 0-10 cm, al respecto Lavelle *et al*, (1994), afirman que generalmente la mayor actividad biológica tiene lugar en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, dado que la disponibilidad de nutrientes es mayor, pero las condiciones del medio son variables debido a las condiciones ambientales. La familia que mayor aporte de biomasa hizo fue Lumbricidae, para Chamorro (1990), concluye en su estudio de lombrices en el páramo de Sumapaz que las condiciones óptimas para el desarrollo de la lombriz de tierra es de 10 a 20 cm de profundidad, un pH óptimo entre 5,5–6,4 y una temperatura de entre 15 y 25 °C.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los cuatro usos de suelo objeto de estudio la mayor Diversidad y biomasa de organismos se registró en la pradera con un índice de Shanon – Wiener $H' = 3,232$ y $279,6$ g.p.f. /m². La mayor abundancia y Riqueza la presentó el Bosque con un promedio de $5.012,8$ i./m² y 58 morfo especies. El sistema Agroforestal Laurel/ lupinus registró la menor diversidad biológica, biomasa y riqueza con un índice de Shanon-Wiener $H' = 2,174$, $34,76$ g.p.f. /m² y 28 morfo especies. El uso de suelo de árboles dispersos de laurel de cera presentó la menor abundancia y biomasa con 1.552 i./m² y $23,78$ g.p.f./m².

En cuanto a la distribución vertical de los organismos en los suelos se registró la mayor abundancia en el estrato mantillo con 6484.5 i./m², indicando que la abundancia de la macrofauna es directamente proporcional ya que a medida que se incrementa la profundidad del suelo la abundancia de organismos disminuye.

Se recomienda continuar con el estudio de macrofauna en la implementación del Sistema Agroforestal laurel/ lupinus, para determinar grupos indicadores de salud y calidad del suelo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño, a la Directora del grupo PIFIL Cristina Luna y a todos los integrantes del Grupo de Investigación, al docente y amigo Tito Bacca, a Los Biólogos Mauricio Rodríguez y Diego Martínez. A María Dilia Pineda, María Deifilia Escobar, y A mis amigos, Carlos Marcillo, Ángela Chaves, Juan Pablo Torres, Deyanira Trujillo, Daniela Pumalpa, Mauricio Erazo, quienes con sus consejos me apoyaron incondicionalmente ante las dificultades.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J. and INGRAMM, J. 1993. Tropical soil biology and fertility programme. A Handbook of Methods. Second edition. CAB International. Wallingford, TSBF. p. 44 -46.

BAKER, G.H. 1998. The ecology, management, and benefits of earthworms in agricultural soils, with particular reference to Southern Australia. In Edwards, C.A. (Ed.) Earthworm ecology. Boca Raton, St. Lucie Press. p. 229-257.

BARDGETT, R.D. 2005. The Biology of Soil-A Community and Ecosystem Approach. Series editors: M. J. Crawley, C. Little, T. R. E. Southwood, and S. Ulfstrand. 255 p.

BARROS, E., NEVES, A., FERNANDEZ, E.C.M., WANDELLI, E. and LAVELLE, P. 1999. Soil macrofauna community of Amazonian agroforestry systems. International Symposium Multistrata agroforestry systems with perennial crops. Turrialba, Costa Rica. 166 p.

BLAKEMORE, R.J. 2006. A Searchable Database on Biodiversity and Eco-Taxonomy of the Earthworms (Annelida: Oligochaeta) of the World. Poster presentation. COE meeting.

BONILLA, C., GÓMEZ, L. y SÁNCHEZ, M. 2002. El suelo: los organismos que lo habitan. Cuaderno ambiental No 5. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia - Palmira.

BUENO, V. J. 2012. Diplópodos: los desconocidos formadores de suelo. CONABIO. Biodiversita. 102: 1-5.

CASTRO, H. y SALAZAR, J. 1998. Evaluación agronómica y nutricional de una leguminosa promisorio para clima frío en Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 72 p.

CASTRO, J. H., BURBANO, H. y BONILLA, C. 2007. Abundancia y Biomasa de organismos edáficos en tres usos de terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. ACAG. Universidad Nacional. 56 (3): 127-130.

CASTRO, Y. y DUQUE, G. 2009. Evaluación de la macrofauna en diferentes usos de suelo en el centro experimental Botana municipio de Pasto departamento de Nariño. Tesis Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 23 p.

CHAMORRO, C. 1990. Las lombrices de tierra (macrofauna) en correlación con las características químicas del páramo de Sumapaz. En: *Biología de suelos. Investigaciones Subdirección Agrológico. IGAC. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.*2 (1): 21-45.

CHARA-SERNA, A.M., CHARA, J., ZUÑIGA, M., PEDRAZA, G. y GIRALDO, L. 2010. Clasificación trófica de insectos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum.* 15 (1): 27-36.

CUPUL-MAGAÑA, F. 2011. Guía para la determinación de las familias de ciempiés (Myriapoda: Chilopoda) de México. *Interciencia,* 36: 853-859.

CURRY, J.P. 1987. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. In: *The composition of the fauna. Grass and Forage Science.*42 (2):103-120.

DECAENS, T., JIMENEZ, J.J., GIOIA, C., MEASEY, G.J. and LAVELLE, P. 2006. The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology.* 42: 23-38.

DIPPENAAR - SCHOEMAN A.S. AND JOCQUÉ, R. 1997. *African Spiders An Identification Manual.* ARC-Plant Protection Research Institute. 392 p.

DUQUE, S. E. 1984. *Acarología.* Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Costa Rica.

FAUCHALD, K. 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series.* 28: 1-188.

GOMEZ, A. y GARCIA, B. 2002. *Manejo y conservación de suelos de ladera.* Corpoica. 12p.

HOFFMAN, R.L., GOLOVATCH, S.I., ADIS J. and MORAIS, J.W. 1996. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). *Amazoniana*. 14 (1):1-35.

HOFFMAN, R.F., GOLOVATCH, S.I., ADIS, J. and MORAIS, J.W. 2002. Diplopoda.. Pp 505-533. In: ADIS, J. *Amazonian Arachnida and Myriapoda*.. Pensoft Pub., Sofia and Moscow.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. 2010. Reporte técnico estación meteorológica Botana. Pasto, Nariño.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. IGAC. 2005. Estudio general de los suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño. Bogotá. 733p.

JACOBSEN, S., y MUJICA, S. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Perú. 28:458-482.

LAVELLE, P. and SPAIN, A.V. 2001. *Soil Ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654 p.

LAVELLE, P., DANGERFIELD, C., FRAGOSO, V., ESCHENBRENNER, D., LOPEZ, P., and BRUSSAARD, B. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Woomer, P.L. and M.J. Swilf. *The biological management of tropical soil fertility*. TSBF. A Wiley-Sacey Publication. p. 137-160

LAWRENCE, J. F., HASTINGS, A. M., DALLWITZ, M. J., PAINE, T. A., and ZURCHER, E. J. 1995. Elateriformia (Coleoptera) larvae: descriptions, illustrations, identification and information retrieval for families and subfamilies. Disponible en: <http://delta-intkey.com>_Consulta: Abril de 2011.

MARTINEZ, P. 2004. Definición y análisis de los procesos de transformación del Valle de Atriz, Municipio de Pasto (Nariño). Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Bogotá D.C. 158 p.

MILLIGAN, R. M. 1997. Identification manual for the aquatic oligochaeta of Florida. Vol. 1. Freshwater Oligochaetes. Sarasota. Florida.

MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 1ra Edición, CYTED. 83 p.

MORRIS, M.G. 2000. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95 (1):129-142.

MUÑOZ, J. y LUNA, C. 1999. Guía para el cultivo, aprovechamiento y conservación del laurel de cera (*Myrica pubescens* H. & B. ex Willdenow) Santafé de Bogotá. Convenio Andrés Bello. 36p.

_____ 1993. Análisis de la producción de laurel de cera *Myrica pubescens* y de la comercialización de la cera en algunos municipios del departamento de Nariño. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. 110p.

ODUM, M. 1972. Ecología. 3 ed. México. Trillas. 639p

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. FAO. 2012. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, En: El manejo de los residuos de cultivos, de los cultivos de cobertura y de la rotación de cultivos. http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-Spanish/cc/cover_crops.pdf. Consulta: Julio 2012.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. FAO. 2001. Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal. Land and Water (AGL). <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>. Consulta: Junio 2011.

PEÑARANDA, M.R. y NARANJO, G.M. 1998. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petroférrico acroperox) del complejo migmático de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. *Suelos Ecuatoriales* (Colombia). 28: 273 – 277.

RODRÍGUEZ, I., CRESPO, G.; SÁNCHEZ, R. y FRAGA, S. 2000. Influencia del área sombreada por *Albizi alebbecken* indicadores del pasto *C. nlemfuensis* y el suelo. *Revista cubana de ciencias agrícolas*. 36 (2): 181-186.

RYPSTRA, A.L., CARTER, P.E., BALFOUR, R.A. and MARSHALL, S. D. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on spider inhabitants. *Journal of Arachnology*. 27:371-377.

SCHEU, S. 2003. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiologia*. 47, 846–856.

SETALA, H., MARSHALL, V.G. and TROFYMOW, J.A. 1996. Influence of body size of soil fauna on litter decomposition and ¹⁵N uptake by poplar in a pot trial. *Soil Biol. Biochem.* 28:1661.

STEHR, F. 2002. Immature insects, vol 1-2. Kendall/Hunt Publishing, Dubuque, Iowa. 720p.

TRIPLEHORN, C., JOHNSON, N. and BORROR, D. 2005. Introduction to the study of insects. Cengage Learning. Estados Unidos. 980 p.

WOLF. E. M. 2006. Insectos de Colombia: Guía básica de Familias. Laboratorio Colombiano de Entomología. GIEM. Universidad de Antioquia. 460 p.

ZERBINO, M.S. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay. 77p.