

**LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL  
SUELO EN SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, GANADERO Y  
SILVOPASTORIL, EVALUADOS EN LA RESERVA NATURAL MILAGROS,  
VEREDA BELLAVISTA, MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO.**

**JUAN CAMILO CARLOSAMA RUIZ  
SEBASTIÁN MORA RUANO**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para  
optar el título de Tecnólogos Ambientales**

**Asesora**

**ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA. I. Ag – Esp – M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA SANEAMIENTO AMBIENTAL  
SIBUNDOY PUTUMAYO  
2014**

**LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL  
SUELO EN SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, GANADERO Y  
SILVOPASTORIL, EVALUADOS EN LA RESERVA NATURAL MILAGROS,  
VEREDA BELLAVISTA, MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO.**

**JUAN CAMILO CARLOSAMA RUIZ  
SEBASTIÁN MORA RUANO**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para  
optar el título de Tecnólogos Ambientales**

**Asesora**

**ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA. I. Ag – Esp – M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA SANEAMIENTO AMBIENTAL  
SIBUNDOY PUTUMAYO  
2014**

**NOTA:** Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo. (Lineamiento CIECYT).

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Sibundoy, 13 de Noviembre de 2014

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien ha llenado mi vida de muchas bendiciones y me ha permitido llegar a este momento importante de mi formación profesional.*

*A mis padres, por brindarme todo su apoyo y guiarme por el camino de la responsabilidad y la disciplina para alcanzar mis metas.*

*A mis hermanas y especialmente a mi sobrino que ya viene en camino siendo esta una bendición para mi hogar.*

*A mi novia por siempre estar ahí, brindándome palabras de aliento en los momentos más difíciles.*

*Sebastián Mora Ruano*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi madre Josefina Amparo Ruiz quien ha sido pilar fundamental en mi formación personal y profesional.*

*A mi hija Camila Elizabeth que ha sido mi mayor motivación para el desarrollo de este trabajo ya que se ha vuelto el motor de mi vida para lograr cada meta planteada.*

*A mis hermanos Juanita, Jenny y Martin quienes siempre han estado ahí para brindarme un consejo ante las adversidades de la vida.*

*A mi cuñado Javier Burbano que tuvo la mejor disposición para ayudarme en el desarrollo de este trabajo.*

*Juan Camilo Carlosama.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los investigadores, expresan sus agradecimientos por el apoyo recibido durante la planeación, ejecución y evaluación del trabajo de investigación a las siguientes personas:

A Jesús Martínez, médico veterinario propietario de La Reserva Milagros del municipio de Sibundoy por brindarnos la oportunidad de realizar el proyecto de investigación.

A nuestra asesora magister Adriana del Socorro Guerra Acosta, por guiarnos y apoyarnos con su experiencia y conocimiento para llevar a cabo esta investigación.

A Miller Vallejo, biólogo de la Universidad del Cauca por prestarnos su tiempo y guiarnos en el desarrollo del trabajo.

A la especialista Pilar Mora Vanegas docente del Instituto Tecnológico del Putumayo, por habernos facilitado información necesaria para el proceso estadístico del trabajo de investigación.

Y a todas las personas que aportaron para que nuestro trabajo investigativo se llevara a cabo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	17
1. TITULO .....	19
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN .....	21
3. OBJETIVOS .....	23
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
4. MARCO REFERENCIAL .....	24
4.1 ESTADO DEL ARTE .....	24
4.2 MARCO TEÓRICO .....	25
4.3 MARCO CONCEPTUAL .....	30
4.4 MARCO LEGAL .....	32
4.5 MARCO CONTEXTUAL .....	34
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	46
5.1 LOCALIZACIÓN .....	46
5.2 VARIABLES EVALUADAS .....	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
6.1 MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	52
6.2 INDICADORES DE ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD, DE LOS MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EXISTENTE EN LOS DIFERENTES SISTEMAS EVALUADOS .....	55
6.2.1 Abundancia .....	55
6.2.2 Riqueza .....	61
6.2.3 Diversidad .....	66
6.2.3.1 Índice de Shanon .....	67



6.2.3.2 Índice de Simpson.....	71
6.2.4 Biomasa.....	74
7. CONCLUSIONES .....	79
8. RECOMENDACIONES .....	80
9. BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS .....	82

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Abundancia de familias macroinvertebrados en los tratamientos evaluados en la Reserva Milagros. ....	55
Tabla 2. Análisis de varianza para el Índice de abundancia en mantillo .....	57
Tabla 3. Prueba de comparación para la variable abundancia en mantillo. ....	58
Tabla 4. Análisis de varianza para el Índice de abundancia de 0-15 cm. ....	59
Tabla 5. Prueba de comparación para la variable abundancia de 0-15 cm. ....	59
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable riqueza en Mantillo. ....	63
Tabla 7. Prueba de comparación para la variable riqueza en mantillo. ....	63
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable riqueza de 0-15 cm. ....	64
Tabla 9. Análisis de comparación para la variable riqueza de 0-15 cm. ....	65
Tabla 10. Índices de diversidad de los sistemas evaluados en La Reserva Milagros. ....	67
Tabla 11. Análisis de varianza para el índice de Shanon en mantillo. ....	68
Tabla 12. Análisis de comparación del índice de Shanon en mantillo. ....	68
Tabla 13. Análisis de varianza para Shanon de 0-15 cm .....	69
Tabla 14. Análisis de comparación del índice de Shanon de 0-15 cm. ....	70
Tabla 15. Análisis de varianza para Simpson en mantillo. ....	71
Tabla 16. Análisis de comparación del índice de Simpson en mantillo. ....	72
Tabla 17. Análisis de varianza para Simpson de 0-15 cm. ....	73
Tabla 18. Análisis de comparación del índice de Simpson de 0-15 cm. ....	73
Tabla 19. Biomasa Sistemas Reserva Milagros. ....	75
Tabla 20. Análisis de varianza para biomasa en mantillo. ....	75
Tabla 21. Análisis de comparación de la variable biomasa en mantillo. ....	76
Tabla 22. Análisis de varianza para biomasa de 0-15 cm. ....	77
Tabla 23. Análisis de comparación de la variable biomasa de 0-15 cm. ....	77

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados para los diferentes usos del suelo en la Reserva Milagros. ....	46
Cuadro 2. Familia de macroinvertebrados bosque secundario. ....	52
Cuadro 3. Familia de macroinvertebrados Sistema Silvopastoril. ....	53
Cuadro 4. Familia de macro invertebrados Sistema Monocultivo ....	53
Cuadro 5. Familia de macro invertebrados Sistema Ganadero,.....	54
Cuadro 6. Riqueza de familias de los cuatro sistemas evaluados en La Reserva Milagros.....	62

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización Municipio de Sibundoy y Reserva Milagros. ....	35
Figura 2. Mapa general de la Reserva Milagros con sus diferentes usos de suelo..	37
Figura 3. Distribución de los diferentes usos de suelo en La Reserva Milagros. ...	40
Figura 4. Bosque Natural Secundario, Reserva Milagros.....	41
Figura 5. Bosque misceláneo (combinación de especies naturales y maderables).	41
Figura 6. Potrero o pasto natural de la Reserva Milagros destinado a actividades de producción ganadera.....	42
Figura 7. Bancos de forraje o pastos plantados en la Reserva Milagros.....	42
Figura 8. Área de botón de oro en la Reserva Milagros. ....	43
Figura 9. Cultivos con cobertura extensa (maíz ( <i>Zea mays</i> ) y frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	43
Figura 10. Huerta casera de la Reserva Milagros. ....	43
Figura 11. Arboles dispersos sobre pastos naturales .....	44
Figura 12. Arbustos dispersos en diferentes partes de la Reserva Milagros. ....	44
Figura 13. Vía de acceso a la Reserva Milagros. ....	45
Figura 14. Vivienda con estructura de ladrillo y tejas .....	45
Figura 15. Esquema del monolito utilizado para la extracción de macroinvertebrados.	48
Figura 16. Toma de dimensiones de los monolitos realizados en los cuatros usos del suelo.....	48
Figura 17. Identificación a nivel de orden y familia de individuos.....	49
Figura 18. Recolección de individuos en frascos de vidrio con alcohol. ....	49
Figura 19. Pesaje de los diferentes individuos en la balanza analítica. ....	50

## LISTA DE GRÁFICAS

**Pág.**

Gráfica 1. Índice de Abundancia de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo .	58
Grafica 2. Índice de Abundancia de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.	60
Grafica 3. Índice de Riqueza de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo .	64
Grafica 4. Índice de Riqueza de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.	65
Grafica 5. Índice de Shannon de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo .	69
Grafica 6. Índice de Shanon de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm. .	70
Grafica 7. Índice de Simpson de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.	72
Grafica 8. Índice de Simpson de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.	74
Grafica 9. Índice de Biomasa de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.	76
Grafica 10. Índice de Biomasa de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.	78

## **LISTA DE ANEXOS**

- Mapa general Reserva Milagros de la vereda Bellavista, municipio de Sibundoy.
- Mapa tratamientos evaluados en La Reserva Milagros.

## RESUMEN

El estado de las propiedades dinámicas del suelo, tales como el contenido de la materia orgánica, la diversidad de organismos, o los productos microbianos en un tiempo particular, permiten inferir sobre la calidad del suelo. Los indicadores disponibles para evaluarla, pueden variar entre localidades, dependiendo del tipo y uso del suelo, función y factores de formación del mismo. Los invertebrados se pueden constituir en indicadores de la calidad de un suelo, dado que juegan un papel vital en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo; además, su diversidad, número y funciones son sensibles al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociadas con actividades propias en los agroecosistemas.

Con el propósito de cualificar la calidad del suelo en varios sistemas productivos, se evaluó la presencia de macroinvertebrados en la Reserva Milagros, ubicada en la vereda Bellavista, Municipio de Sibundoy, Putumayo (Coordenadas 1°12'56.70"N y 76°55'54.00"O, altura 2300 m.s.n.m, Temperatura: 15 °C), para llevar a cabo este estudio se seleccionaron cuatro usos de suelo, bosque natural, sistema ganadero, sistema de monocultivo y un sistema silvopastoril.

El muestreo se realizó siguiendo la metodología TSBF, en el cual se identificaron cinco sitios por cada uso del suelo, los cuales se dividieron en tres estratos (Mantillo, 0-15, 15-30 cm). La macrofauna se recolectó de forma manual, preservados en alcohol y rotulados de acuerdo al tipo y estrato de suelo, posteriormente se contabilizó, se pesó y se identificaron los organismos a nivel de orden y familia.

Las variables evaluadas fueron abundancia, riqueza, diversidad y biomasa, los cuales fueron corridos con el programa Past, se realizó un análisis de varianza y se utilizó pruebas de comparación.

Los resultados obtenidos mostraron que el bosque secundario y el monocultivo fueron los tratamientos que presentaron los valores más altos en relación a la variable abundancia con 114 y 89 ind/m<sup>2</sup> respectivamente. Para la variable riqueza los valores más altos los presentaron el bosque Secundario con 21 familias y el monocultivo con 18 familias, el sistema silvopastoril de acuerdo a los otros tratamientos presentó el valor más alto en biomasa con 24.549 g.p.f./m<sup>2</sup>, la diversidad más alta la obtuvo el monocultivo (H=1,99342), el sistema ganadero presentó los valores más bajos de abundancia con 30 ind/ m<sup>2</sup> y biomasa con 2,19 g.p.f. /m<sup>2</sup>.

Palabras claves: Macroinvertebrados del suelo, calidad, abundancia, riqueza, diversidad y biomasa.

## ABSTRACT

The state of dynamic soil properties such as organic matter content, the diversity of organisms or microbial products in a particular time, to infer on soil quality. Available for evaluating indicators vary among locations, depending on the type and land use, function and formation of the same factors. Invertebrates can be indicators of soil quality, as they play a vital role in the processes of infiltration, aeration and incorporation of organic matter in the soil; addition, diversity, number and functions are sensitive to environmental change in soil conditions related to own activities in agroecosystems.

In order to qualify the soil quality in various production systems, the presence of macroinvertebrates in Miracles Reserve, located in the village of Bellavista, Sibundoy Township, Putumayo (coordinates 1°12'56.70"N y 76°55'54.00"O, altitude 2300 m.s.n.m, Temperature 15 °C) were evaluated to carry natural forest, farming system, monoculture system and a silvopastoral system: out this study, four were selected land uses.

Sampling was done following the TSBF methodology, in which five sites were identified for each land use, which were divided into three strata (Mulch, 0-15, 15-30 cm). The macrofauna was collected manually, preserved in alcohol and labeled according to the type and soil stratum, later was counted, weighed and agencies at order and family were identified.

The variables were abundance, richness, diversity and biomass, which were run with the Past program, an analysis of variance was performed and comparison tests was used.

The results showed that the secondary forest and monoculture treatments were presented higher values in relation to the variable abundance and 89 114 ind / m<sup>2</sup> respectively. For the wealth variable, the higher values presented the Secondary Forest with 21 families and 18 families with monoculture , the Silvopastoral system according to other treatments presented the highest biomass value g.p.f 24,549 / m<sup>2</sup>, the highest diversity obtained monoculture (H = 1.99342 ), the livestock system presented the lowest values of abundance with 30 ind / m<sup>2</sup> and biomass with 2.19 g.p.f / m<sup>2</sup>.

Keywords: soil macroinvertebrates, quality, abundance, richness, diversity and biomass.



## INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados edáficos 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 los gases de invernadero y a su vez modifican su estructura (Bonilla *et al*, 2002).

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante, puede ser afectada por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos (Feijoo y Knapp, 1998; Wood, 1978).

Los invertebrados pueden ser considerados como indicadores de la calidad del suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Blair *et al.*, 1996).

Desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas. La composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados son muy sensibles a las diferentes prácticas de manejo del suelo (Lavelle *et al.*, 1992).

Los macroinvertebrados del suelo son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo, pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes. (Wolters y Ekschmitt, 1997; Lavelle y Spain, 2001). La alta sensibilidad de muchos macroinvertebrados edáficos a perturbaciones también los convierte en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente (Guinchard y Robert, 1991).

Es probable que la degradación física y química del suelo, este íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida de invertebrados que regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas, es por ello que estudiar la composición de la macrofauna es distintos sistemas productivos es un importante punto de partida para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal (Bravo., et al, 2008). En el Municipio de Sibundoy se ha desarrollado una investigación “efecto del uso de agroquímicos sobre los macroinvertebrados del suelo asociados al manejo del

cultivo de frijol (*phaseolus vulgaris l*) en suelos de municipio de Sibundoy departamento del putumayo”, (Quintero y Jajoy, 2013), en su estudio de macrofauna en diferentes sistemas en la Consociación San Jorge, donde evaluaron bosques secundarios, chagras tradicionales, cultivo de frijol manejado con químicos, y cultivo de frijol manejado con químicos y orgánicos. Los resultados indicaron que la chagra tradicional y bosque secundario presentaron los valores más altos respecto a la abundancia con 761 ind/m<sup>2</sup> y 707 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, de igual manera para la variable riqueza con 25 familias para los dos tratamientos y en relación a la biomasa también estos dos sistemas presentan los valores más altos: bosque secundario (195,848 g.p.f./m<sup>2</sup>) y chagra tradicional (175,99g.p.f./m<sup>2</sup>) por ser sistemas donde no se manejan agroquímicos donde el suelo presenta menores perturbaciones antrópicas.

Con respecto a lo anterior y dada la importancia del conocimiento de la biología del suelo, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del suelo de la Reserva Milagros, ubicada en el municipio de Sibundoy, mediante el estudio de los macroinvertebrados en diferentes usos de suelo: bosque secundario, sistema silvopastoril, monocultivo y sistema ganadero, caracterizando la abundancia, riqueza, diversidad y biomasa de la macrofauna presente.

## **1. TITULO**

LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, GANADERO Y SILVOPASTORIL, EVALUADOS EN LA RESERVA NATURAL MILAGROS, VEREDA BELLAVISTA, MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el efecto de los diferentes tipos de manejo del suelo sobre los macroinvertebrados que actúan como indicadores de la calidad edáfica, en La Reserva Milagros, Municipio de Sibundoy?

### **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El suelo es vital, ya que el ser humano depende de él para la producción de alimentos, la crianza de animales, la plantación de árboles, la obtención de agua y de algunos recursos minerales, entre otras cosas. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por lo tanto, todo el desarrollo del ecosistema.

A medida que una mayor población depende de la agricultura, el suelo se degrada y pierde la capacidad para cumplir con sus funciones, como son las de ofrecer el medio para el crecimiento de las plantas, regular el régimen hídrico y actuar como filtro ambiental. No obstante, en el modelo de agricultura convencional el suelo se considera simplemente como soporte inerte y fuente de nutrientes, con tecnologías que aplican agroquímicos, sin ningún tipo de consideración ambiental (García, 2011).

Los productores agropecuarios no perciben la calidad y vitalidad del suelo como una necesidad prioritaria dentro del esquema productivo y la problemática de la macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante, esta se ve afectada por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos (Feijoo y Knapp, 1998; Wood, 1978). Por lo general se encuentra el menor número de grupos taxonómicos en aquellos sitios con las menores condiciones de fertilidad del suelo.

En la zona alta del municipio Sibundoy, los suelos han alcanzado en algunos lugares, procesos de degradación altos, causados principalmente por las actividades que el hombre realiza incluyendo el uso inadecuado de labranza agrícola, fertilizantes, pesticidas, uso intensivo de ganado, mal manejo de aguas

que ocasionan baja productividad agrícola y mayores exigencias de adiciones de insumos exógenos, elevando los costos de producción, además existen problemas de fallas geológicas que atraviesan la zona, el problema se acentúa por estar ubicados en pendientes por encima del 25 %, que representa alta susceptibilidad a la erosión.

La falta de información del estado de las propiedades dinámicas del suelo, como la biota (macroinvertebrados) objeto de estudio en la vereda Bellavista, que desempeña un papel vital en los procesos de ciclaje de nutrientes; además, su diversidad, número y funciones son sensibles al cambio ambiental debido a las condiciones del suelo, asociadas con actividades propias en los agroecosistemas que permiten inferir sobre la calidad del suelo, diferentes manejos de suelos.

El problema radica principalmente en el desconocimiento por parte de productores de la necesidad de conservar los suelos para la producción, sumado a que la información disponible es muy baja en lo relacionado a la investigación y estudios que permitan caracterizar la dinámica del suelo y sus organismos y sobre los tipos, causas, grado y severidad de la degradación del suelo, en nuestra región. Lo anterior dificulta enormemente la identificación y la puesta en práctica de estrategias efectivas de conservación y rehabilitación de suelos.

En consecuencia, esta investigación evalúo la relación existente entre diferentes manejos de suelo, con las poblaciones de macroinvertebrados presentes en cada uno de ellos, en la Reserva Milagros, ubicada en la vereda Bellavista del municipio de Sibundoy.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los organismos del suelo (biota), incluyendo los macroorganismos, usan los residuos de plantas, animales y derivados de la materia orgánica como alimentos; a medida que descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes).

Los macroinvertebrados pueden ser vistos como entes primariamente responsables del mantenimiento de la calidad del suelo y por lo tanto el funcionamiento de los mismos puede servir como un marcador biológico sensible para la comprensión de un sistema dado. Los cambios en las poblaciones de organismos proveen evidencias anticipadas de los cambios en la calidad del suelo (Cerón *et al*, 2008).

Los macroinvertebrados del suelo son parte de un recurso natural que puede manejarse para ayudar a la sostenibilidad de los ecosistemas. Lavelle 1994; afirma que ellos desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas. Donde la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados son muy sensibles a las diferentes prácticas de manejo del suelo.

En la parte alta del municipio de Sibundoy, más exactamente en la vereda Bellavista, se desarrolla con gran intensidad actividades agrícolas y ganaderas, sumado a las practicas convencionales y condiciones naturales, hacen que la macrofauna presente en el suelo se vea alterada sin ningún tipo de manejo viéndose también afectada la calidad del suelo.

Por tal motivo, se hizo necesario realizar esta investigación, que permitió evaluar la situación actual de macroinvertebrados en diferentes manejos del suelo en la Reserva Milagros, vereda Bellavista, municipio de Sibundoy y se conviertan a corto, mediano y largo plazo en un modelo de apoyo para instituciones, profesionales y productores en general en el desarrollo de diferentes trabajos y acciones que se requieran tomar, contribuyendo así en la solución de distintos problemas ambientales que se presentan en la región.

## **IMPACTO AMBIENTAL**

Con el desarrollo de esta investigación, los impactos que se esperan tener a nivel ambiental, es que la macrofauna existente en diferentes usos de suelo de la Reserva Milagros presente mejores condiciones a través del desarrollo de buenas prácticas de manejo y conservación por parte del productor, generando de esta manera múltiples beneficios ya que como lo explican Spain, *et al.*,1992, los macroinvertebrados del suelo son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; en el movimiento y retención del agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo, pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de los nutrientes, buscando una mejor sostenibilidad del recurso y garantizando el equilibrio entre lo ambiental y lo ecológico, así mismo asegurando la parte productiva de la zona.

Es importante tener en cuenta que el suelo es un recurso vital para los procesos de seguridad alimentaria, y que es importante conocer su dinámica, la relación entre sus componentes entre los cuales se destaca los macroinvertebrados como indicadores de calidad.

## **IMPACTO ÉTICO**

El impacto social o ético que se espera con esta investigación es que el propietario de la finca y comunidad en general, mediante socializaciones dimensionen la importancia que representa la macrofauna en la calidad del suelo, los efectos negativos que puede tener su inadecuado manejo en cuanto a sostenibilidad y productividad a corto, mediano y largo plazo, buscando de esta manera, implementar buenas prácticas que busquen preservar y conservar los macroinvertebrados presentes en el suelo, reiterando que estos juegan un papel muy importante para la fertilidad del mismo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la calidad del suelo mediante el estudio de macroinvertebrados presentes en suelos de manejo agrícola, ganadero y silvopastoril, así como en el bosque secundario de La Reserva Milagros ubicada en vereda Bella Vista del municipio de Sibundoy.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Identificar los macroinvertebrados presentes en los diferentes sistemas a nivel de orden y familia.
- ❖ Determinar indicadores de abundancia, riqueza, diversidad y biomasa de los macroinvertebrados del suelo existente en los diferentes tratamientos a evaluar.
- ❖ Establecer que sistema presenta mejor calidad de suelo y cual presenta menores condiciones de fertilidad del recurso.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ESTADO DEL ARTE

Jiménez y Thomas (2003) y Velásquez *et al.*, (2004), estudiaron las comunidades de los invertebrados de suelos en los llanos de Colombia y determinaron que la macrofauna del suelo constituye un indicador sensible a los cambios en la calidad del suelo.

En el CIAT de Colombia, se la ha dado el enfoque local y los estudios se encaminaron, principalmente a indicadores relacionados con la calidad del suelo, ya que argumentan que la sostenibilidad del suelo y de los sistemas ganaderos depende del mantenimiento de las mejoras de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Las investigaciones realizadas señalan que entre los factores del suelo que pueden influir en la sostenibilidad de los agroecosistemas se incluyen el contenido de materia orgánica y de nutrientes (déficit o toxicidad), procesos de acidificación, salinización y compactación, entre otros. Estos definen la calidad y fertilidad del suelo debido a que todos se interrelacionan en los procesos dinámicos que en el ocurren. Por ello, estas propiedades se pueden utilizar como indicadores de cambio en los sistemas (Singer y Swing 2002 y Amézquita *et al.* 2004).

Peñaranda, M.R.; Naranjo, G.M. 1998, estudiaron la composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petroférrico acroperox) del complejo migmatítico de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. En cuyo estudio sustentan que los bosques nativos alternados con cultivos de pan coger, encontraron cuatro Phylla, siete clases, veinte seis órdenes y ochenta y cuatro familias, la mayoría de ellas pertenecientes a la clase Insecta, para un total de 101 taxa. Por el método de Nelson se recolectó un 21,7% y por el de Barber el 78,83% de la fauna total caracterizada para la zona. Al comparar los resultados obtenidos bajo el bosque nativo con las zonas intervenidas, se evidencia una mayor densidad de los organismos en el bosque el horizonte orgánico presentó una significativa riqueza taxonómica, su ausencia en los sitios intervenido como afecto de la alteración antrópica genera disminución o ausencia de algunas familias de los órdenes Collembola, Coleóptera, Orthoptera y Geophilomorpha entre otros.

Tapia, L.; Tiscareño, M.; Salinas, J.; Velásquez, M.; Vegap., A.; Guilléna, H. 2002. Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas. *Terra Latinoamericana*. 20 (4): 449 - 457. Las comunidades presentes son la consecuencia de las prácticas de manejo de suelo que se realizan, por lo que tienen gran potencial de uso como indicadores; se evaluó el efecto de diferentes sistemas de rotación cultivos-pasturas sobre las comunidades de la macrofauna del suelo, Finalmente, la macrofauna del suelo



estuvo relacionada con diferentes propiedades físicas y químicas del suelo, por lo que puede ser utilizada como indicadora, debido a la sensibilidad a las prácticas de manejo, la evaluación de las propiedades del suelo conjuntamente con la macrofauna que lo habita, puede ser una herramienta útil para evaluar la sustentabilidad ambiental de las prácticas de manejo de suelos y cultivos (Tapia *et al.*, 2002).

En el Municipio de Sibundoy se ha desarrollado una investigación con respecto a los efectos del uso de agroquímicos sobre los macroinvertebrados del suelo asociados al manejo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L*), (Quintero y Jajoy, 2013), en su estudio de macrofauna en diferentes sistemas en la Consociación San Jorge del municipio de Sibundoy, donde evaluaron bosque secundario, chagra tradicional, cultivo de frijol manejado con químicos, y cultivo de frijol manejado con químicos y orgánicos. Los resultados indicaron que la chagra tradicional y bosque secundario presentaron los valores más altos respecto a la abundancia con 761 ind/m<sup>2</sup> y 707 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, de igual manera para la variable riqueza con 25 familias para los dos tratamientos y en relación a la biomasa también estos dos sistemas presentan los valores más altos: Bosque Secundario (195,848 g.p.f. /m<sup>2</sup>) y chagra tradicional (175,99g.p.f./m<sup>2</sup>) por ser sistemas donde no se manejan agroquímicos donde el suelo presenta menores perturbaciones antrópicas.

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

**4.2.1 Generalidades del suelo.** El suelo es un recurso crítico, a escala humana no renovable, cuya condición es vital no sólo para la producción de alimentos sino también para el balance global y funcionamiento de los ecosistemas (Lora, 1978). Es un sistema en el cual la mayoría de sus propiedades físicas y químicas y los procesos que ocurren son mediados por la biota que lo habita.

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza. Es un ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional. La compleja naturaleza físico-química, su estructura porosa y el contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionan una heterogeneidad trófica y de hábitat que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos (Alzugaray *et al.*, 2008).

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica y de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aireación y de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (Martínez y Walthall, 2000).

Los procesos que ocurren en el suelo son mediados por los organismos que lo habitan. Entre ellos se destaca la macrofauna, porque directa o indirectamente

afecta la estructura y fertilidad del suelo. Las comunidades presentes están determinadas por el manejo que se realiza (perturbaciones físicas, distribución de residuos y vegetación).

**4.2.2 Macrofauna del suelo.** Zerbino, 2010, afirma que los macroinvertebrados que habitan el suelo son actores importantes en los procesos edáficos. La fauna edáfica comprende a organismos con tamaños y estrategias adaptativas diferentes. Los de mayor tamaño, constituyen la macrofauna (ancho del cuerpo mayor a 2 mm), que se destaca porque directa o indirectamente afectan las propiedades del suelo.

La macrofauna opera en muchas escalas de tiempo y espacio e incluyen invertebrados bastante grandes con diversas estrategias adaptativas que le permiten romper, transportar y mezclar el suelo y crear estructuras específicas para sus movimientos y actividades (construcción de galerías, nidos, sitios de alimentación, compartimientos). Estas características le han permitido ser definidos como los ingenieros del ecosistema. En todos los suelos no se presenta la misma cantidad y tipo de fauna. Esta depende de las condiciones ambientales en las cuales se encuentra el suelo, así como de algunas propiedades de éste y de su manejo.

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).

Los organismos pueden ser vistos como entes primariamente responsables del mantenimiento de la calidad del suelo y por lo tanto el funcionamiento de los mismos puede servir como un marcador biológico sensible para la comprensión de un sistema dado. Los cambios en las poblaciones de organismos proveen evidencias anticipadas de los cambios en la calidad del suelo (Cheveli *et al.*, 2006).

Los diversos organismos están ensamblados en intrincadas y variadas comunidades que colectivamente contribuyen con un amplio rango de servicios esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas: intervienen en los ciclos de nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica, secuestran carbono y regulan la emisión de gases invernadero, modifican la estructura física del suelo y actúan sobre el régimen del agua y la erosión. En consecuencia,

mejoran la eficiencia en la adquisición de nutrientes por parte de las plantas y su estado sanitario (Anderson, 1994).

Las comunidades presentes son la consecuencia de las prácticas de manejo de suelo que se realizan, por lo que tienen gran potencial de uso como indicadores; se evaluó el efecto de diferentes sistemas de rotación cultivos-pasturas sobre las comunidades de la macrofauna del suelo. La evaluación de la macrofauna del suelo conjuntamente con las propiedades del mismo, es una herramienta útil para evaluar la sustentabilidad ambiental de los distintos usos del suelo.

La reducción excesiva de la biodiversidad del suelo, en especial la pérdida de especies clave y/o especies con funciones únicas, puede tener efectos ecológicos en cascada, al conducir a un deterioro a largo plazo de la fertilidad del suelo y la pérdida de la capacidad productiva agrícola. El número de especies, la composición y la diversidad de un suelo depende de muchos factores, incluyendo la aireación, la temperatura, la acidez, la humedad, el contenido de nutrientes y el sustrato orgánico. Sin embargo el número y tipo de organismos varía de un sistema a otro al estar fuertemente influenciados por las prácticas de gestión del suelo (FAO, 2004).

Es probable que la degradación física y química del suelo, este íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida de invertebrados que regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas, es por ello que estudiar la composición de la macrofauna es distintos sistemas productivos es un importante punto de partida para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal (Bravo *et al.*, 2008).

**4.2.3 Indicadores de la calidad de suelo.** Todo tipo de vida depende de la calidad del suelo para su supervivencia, por ende la protección de este recurso natural es prioritaria a nivel mundial, es necesario contar con indicadores que permitan evaluar su calidad. El desarrollo de tales indicadores debe hacerse con base a las funciones del suelo que se evalúan; considerando aquellas propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo (Bautista *et al.*, 2004).

La calidad de suelo, desde un punto de vista agronómico, es la capacidad que tiene el mismo para funcionar efectivamente, tanto en el presente como en el futuro. Puede ser medida a través de sus propiedades físicas, químicas y/ o biológicas, conocidas como indicadores de calidad de suelo (Campetelli *et al.*, 2010).

La calidad del suelo se puede definir como el estado de un suelo con relación a un estándar o patrón o en términos de grado de excelencia. Esto se expresa como una función de atributos de la calidad del suelo. Por eso la calidad del suelo es multidimensional, un vector o superficie antes que un simple punto o valor, porque es la contribución colectiva de todos los valores de los atributos la

que determina la magnitud de la calidad del suelo (Doran y Parkin, 1994 citados por Burbano, *et. al.*, 2005).

Si un sistema de manejo es sostenible solo cuando la calidad del suelo se mantiene o mejora, entonces una evaluación cuantitativa de los cambios en la calidad del mismo da una medida de manejo sostenible.

Un indicador es una variable que resume o simplifica información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. En la actualidad existe interés en identificar indicadores de calidad de suelo que logren: a) integrar procesos y propiedades físicas, químicas y/o biológicas, b) ser aplicados bajo diferentes condiciones de campo, c) complementar bases de datos ya existentes o datos fácilmente medibles y d) responder a cambios en el uso del suelo, a prácticas de manejo y a factores climáticos o humanos (Campetelli *et al.*, 2010).

Amezquita (2005), considera que un indicador es una propiedad o proceso físico-químico y/o biológico susceptible de cambiar por efecto del uso. Estos cambios pueden ser monitoreados a través del tiempo.

La definición de los indicadores se torna compleja por la variación de las interacciones en tiempo, espacio e intensidad. No obstante se sugiere iniciar identificando una lista básica de propiedades medibles que define los principales procesos en el funcionamiento del suelo. Como los indicadores de calidad del suelo (ICS) varían en su sensibilidad, se busca construir índices confiables que sirvan de señal para monitorear y predecir los de manejo efectos de prácticas de manejo en la productividad del suelo, calidad ambiental, seguridad alimentaria, calidad y salud animal y humana. Luego hay que desarrollar relaciones o modelos matemáticos que cuantifiquen los atributos de la calidad del suelo y, sobre esta base, derivar índices de simulación o predicción. (Doran y Parkin, 1994, citados por Burbano, *et. al.*, 2005).

Rodríguez *et al.* (2006) manifiestan que los principales indicadores relacionados con del suelo son: Físicos (granulometría, microestructura, densidad aparente, resistencia a la penetración, peso específico y porosidad total); químicos (contenido de N, fósforo asimilable, Ca y Mg, MO) y biológicos (respiración basal, respiración inducida, capacidad celulolítica, mesofauna y macrofauna).

**4.2.3.1 Indicadores biológicos de la calidad del suelo.** Se opina que en el pasado, solo se confió en las propiedades físicas y químicas como indicadoras de la calidad del suelo, dejando de lado los predictores biológicos y ecológicos más confiables y dinámicos. Los microorganismos y los invertebrados se consideran como indicadores de la calidad del suelo porque juegan un papel clave en la descomposición de la materia orgánica y en la circulación de los nutrientes;

además su diversidad, número y funciones son sensibles al estrés y cambio ambiental en las propiedades del suelo asociados con labranza, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, tala y otras actividades perturbadoras ejecutadas en el sistema de manejo del cultivo (Feijoo, *et al.*, 1998).

Estudios con macroinvertebrados, aseguran que los macroinvertebrados del suelo son parte de un recurso natural que puede manejarse para ayudar a la sostenibilidad de los ecosistemas. Entre ellos tenemos a Lavelle 1994, el cual afirma que los macroinvertebrados del suelo desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas. Donde la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados son muy sensibles a las diferentes prácticas de manejo del suelo. Por lo que consideran el estudio como valiosos indicadores de los procesos de degradación que tiene lugar los suelos, debido a que las prácticas de manejo son la principal fuente de estrés y perturbación que provoca cambios en la estructura y función de las comunidades. Siendo los macroinvertebrados los que se pueden constituir en indicadores de la calidad de un suelo, dado que juegan un papel vital en los procesos de ciclaje de nutrientes; además, su diversidad, número y funciones son sensibles al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociadas con actividades propias en los agroecosistemas. Señalan que la integración, descomposición y liberación de nutrientes, desde los residuos vegetales y animales, es quizás uno de los más documentados proceso que están influidos fuertemente por la fauna del suelo. Tanto los organismos, como los procesos y los productos han sido usados para indicar la calidad del suelo.

**4.2.4 Relación macroinvertebrados calidad y salud del suelo.** La macrofauna puede modificar las propiedades físicas del suelo a través de la creación de tres tipos de estructuras: nidos y cámaras, heces (turrículos), y poros y galerías. Las heces de lombrices y de termitas son agregados compactos y estables, consecuencia de la incorporación al suelo de materia orgánica y de mucus intestinales, así que la acción de la macrofauna del suelo participa fuertemente a la calidad y salud del suelo. En condiciones naturales existe una regulación con pequeñas especies de invertebrados que rompen los agregados grandes, y no permiten su acumulación y el consecuente riesgo de compactación que puede ocurrir en sitios disturbados donde la diversidad de la fauna ha sido demasiado diezmada (Decaens *et al.*, 1998)

**4.2.5 Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo.** El uso de las alteraciones en las comunidades bióticas como indicadores de cambios ambientales se inició al comienzo del siglo XX con el sistema desarrollado por Kolkwitz y Marsson entre 1908 y 1909 (Linden *et al.*, 1994). De acuerdo a la presencia de ciertos organismos, fueron clasificadas zonas que presentaban una severa degradación de las condiciones ambientales como consecuencia de la descarga de residuos orgánicos.

El creciente interés por el desarrollo de sistemas sostenibles y el posible uso de los diferentes componentes de la biota y su actividad como indicadores biológicos, determinó la realización de estudios con el objetivo de evaluar la potencialidad de la fauna del suelo como indicadora (Blair *et al.*, 1996).

La elección de un indicador debe ser realizada para situaciones locales específicas y los indicadores básicos deben ser útiles en un rango de situaciones ecológicas y socioeconómicas (Astier, M., M. Maass y J. Etchevers. 2002). Según estos autores, los indicadores deben:

- Estar relacionados con los procesos ecosistémico.
- Integrar propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, las cuales son difíciles de medir directamente.
- Ser relativamente fáciles de usar en condiciones de campo para poder ser evaluados por los productores.
- Ser sensibles a las variaciones de manejo y climáticas.

#### **4.3 MARCO CONCEPTUAL**

**4.3.1 Suelo.** Es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera. El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él (Paul 1996).

**4.3.2 Edafón.** El edafón comprende la totalidad de los microorganismos del suelo tanto la flora Y la fauna en su forma macro y micro. Contribuye a solubilizar y mineralizar las fuentes nutritivas. Así como a mejorar la estructura del suelo (Kolmas, E, Darwin. 1996).

**4.3.3 Macroinvertebrados.** Actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico. Esta fauna puede ser afectada por diferentes usos y manejos de la tierra. Debido a su susceptibilidad y rápida respuesta ante los cambios en la cobertura, la transformación de la vegetación, el comportamiento ante distintas variables ambientales y la actividad ecológica que desempeñan, muchos autores proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental (Lavelle *et al.*, 2003).

**4.3.4 Degradación.** Se entiende como la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas

secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de población (Rubio, J., 1999).

**4.3.5 Fertilidad.** Está referida a la capacidad de aporte de agua y nutrientes esenciales que se encuentran interactuando entre la fase coloidal y la solución del suelo (Burbano 2010).

**4.3.6 Materia Orgánica.** Sustancia que está compuesta por los residuos animales vegetales que en condiciones favorables. Están transformados por los microorganismos del suelo, está en función de las propiedades físicas y químicas existentes. (Terranova Ltd. 1995).

**4.3.7 Diversidad.** La diversidad biológica se define como “la cantidad y la estructura de la información biológica contenida en los ecosistemas vivos organizados jerárquicamente” (Jiménez *et al.*, 2003). También se define como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (Moreno, 2001)<sup>30</sup>. El término comprende, por tanto, diferentes escalas biológicas: desde la variabilidad en el contenido genético de los individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Moreno, 2001).

**4.3.7.1 Abundancia.** Número de individuos por familia y por cada área de estudio.

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

**4.3.7.3 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). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  (Moreno, 2001).

**4.3.7.4 Índice de Shannon-Wiener.** Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas Por el mismo número de individuos (Moreno 2001).

#### 4.4 MARCO LEGAL

El propósito de la Ley es establecer un marco jurídico que permita preservar y conservar el suelo, protegiéndolo de las principales causas de degradación provenientes de las prácticas agrícolas y ganaderas que realiza el hombre, la siguiente propuesta recoge una serie de ideas y conceptos constitucionales y legales, los que se resumen en la siguiente manera:

La Constitución Política de Colombia de 1991 que contempla en: De los derechos colectivos y del ambiente en el Artículo 79 donde se expresa que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”

Artículo 80: Donde se dice que el estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución.

Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993 tenemos el Artículo 3. Que Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

Por otra parte la Carta mundial de los suelos en la resolución VI de la conferencia Mundial de la alimentación en 1974 (Roma) establece la carta mundial de los Suelos, como base para una cooperación internacional con miras a la utilización más racional de los recursos de tierras.

Cada vez el suelo es muy limitado y solamente un pequeño porcentaje de este contribuye actualmente a la alimentación de la población mundial que probablemente alcanzará los 6000 millones. Razones por las cuales se pide una utilización eficaz del suelo, teniendo en cuenta el equilibrio ecológico y la protección del medio físico, combatiendo la degradación y la desertificación de la tierra. Teniendo en cuenta las necesidades alimentarias de la humanidad, entre ellas, la erradicación de la malnutrición, puede satisfacerse mediante:

- La intensificación de la producción de los cultivos alimentarios.
- La utilización de nuevos suelos que reúnan las condiciones de una producción sostenible.
- Establecimiento de mejor utilización de pastizales y bosques.



La carta mundial de los suelos establecida por la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación hace mención a los siguientes principios:

Como principales recursos de que dispone el hombre están: el suelo agua, flora fauna y aire. Su uso no deberá provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su calidad. Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, es absolutamente necesario el mejoramiento de la productividad de los suelos y a la conservación de los recursos edafológicos.

Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, cuantitativa o cualitativamente, o en ambas formas, como consecuencia de procesos erosivos, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes; de las plantas el deterioro de la estructura de los suelos, la desertificación y la contaminación. Es de urgente necesidad el incremento de la producción alimentaria de fibras y maderas.

La degradación de los suelos repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, Es responsabilidad de los gobiernos, motivar e incentivar a la población para la producción de alimentos, dando el uso racional y sostenible a los recursos disponibles.

La concesión de incentivos apropiados para la agricultura es condición básica para lograr un buen aprovechamiento de los suelos. La ayuda que se preste a los agricultores y otros usuarios deberá estar orientada hacia los servicios prácticos para lograr una buena explotación de las tierras.

La adopción de medidas válidas de ordenación y conservación de suelos en explotaciones agrícolas. Permitirá explotar las tierras bajo el concepto de sostenibilidad.

Es responsabilidad de todos los que explotan la tierra y público en general sobre la necesidad de sensibiliza, organizar y capacitar en todos los niveles de la población para un uso racional de los suelos.

Con el fin de lograr una utilización óptima de las tierras, es importante evaluar el aprovechamiento en agricultura, pastoreo y silvicultura. El aprovechamientos de los suelos debe ser flexible, que nos permita disfrutar sus bondades a más largo plazo evitando la degradación permanente se ese importante recurso. Las medidas de conservación de los suelos deben incluirse en las fases de planificación correspondiente al desarrollo de los mismos.

Por otro lado, desde el Del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Ley 23 de 1.973, en el Título I. del suelo agrícola determina: en su Artículo 178 habla que los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.

Según dichos factores también se clasificarán los suelos. En el Artículo 179. El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora. En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación. De igual forma el Artículo 180. Es deber de todos los habitantes de la república colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

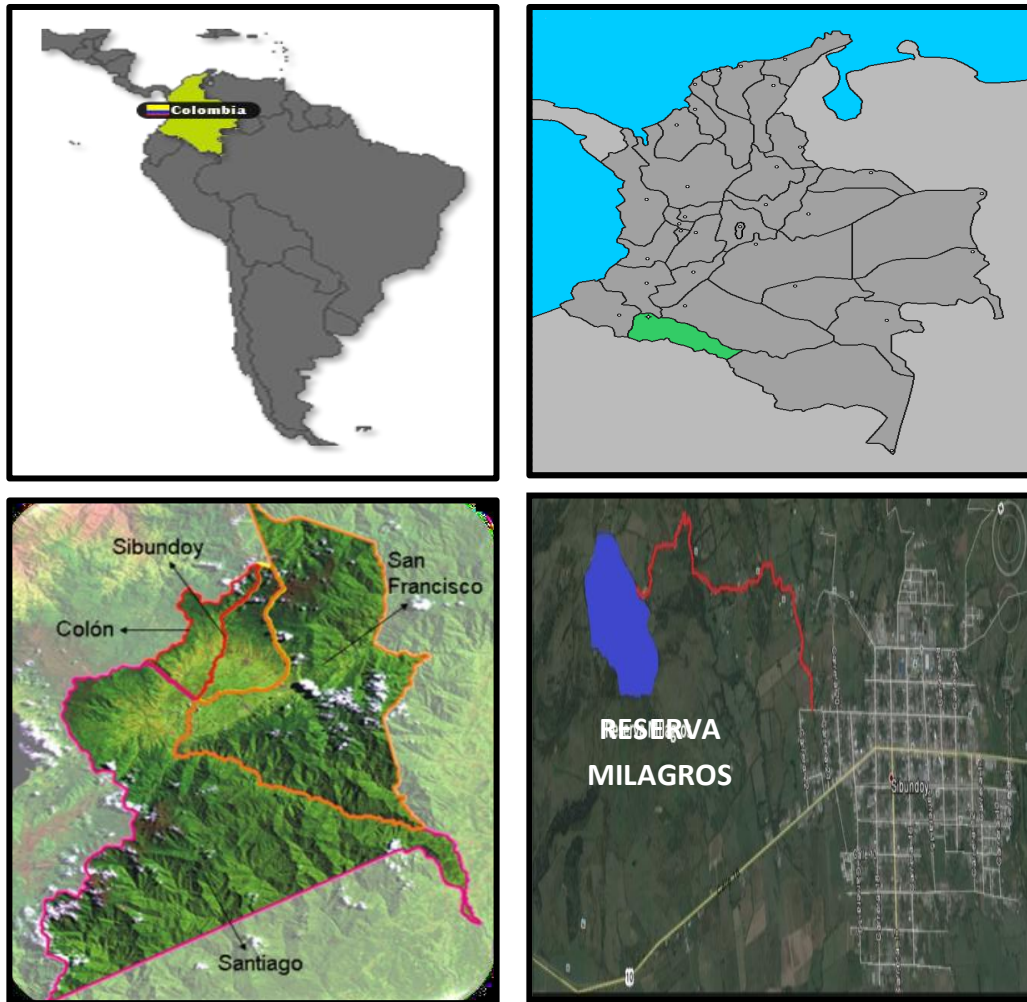
Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar acabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

Y finalmente hay que resaltar la Ley 23 de 1973, capítulo II. De uso y conservación de los suelos en sus artículos: 182 donde habla que Estarán sujetos a adecuación y restauración los suelos que se encuentren en alguna de las siguientes circunstancias en el Numeral c sujeción a las limitaciones físico-químicas y biológicas que afecten la productividad del suelo. Y Artículo 184. Los terrenos con pendientes superior a la que se determine de acuerdo con las características de la región deberán mantenerse bajo coberturas vegetal.

## **4.5 MARCO CONTEXTUAL**

**4.5.1 Municipio de Sibundoy.** El Municipio de Sibundoy se encuentra localizado al noroccidente del departamento del Putumayo, con coordenadas geográficas 1°12'12" latitud norte y 76°51'15" longitud oeste del meridiano de Greenwich, altura de 2200 msnm, precipitación anual de 1659.5 mm, una temperatura anual media de 15.6 °C, humedad relativa mensual multianual de 81%, Brillo solar anual de 669,9 hrs año, nubosidad promedio mensual anual de 6 7 octas. Limita por el occidente con el municipio de Colón y río San Pedro de por medio; al norte con el departamento de Nariño, cerro Juanoy y por el oriente y sur con el municipio de San Francisco de por medio el río del mismo nombre y el cauce antiguo del río Putumayo. En la figura 1 se muestra el área geográfica de municipio y la Reserva Milagros.

Figura 1. Localización Municipio de Sibundoy y Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación

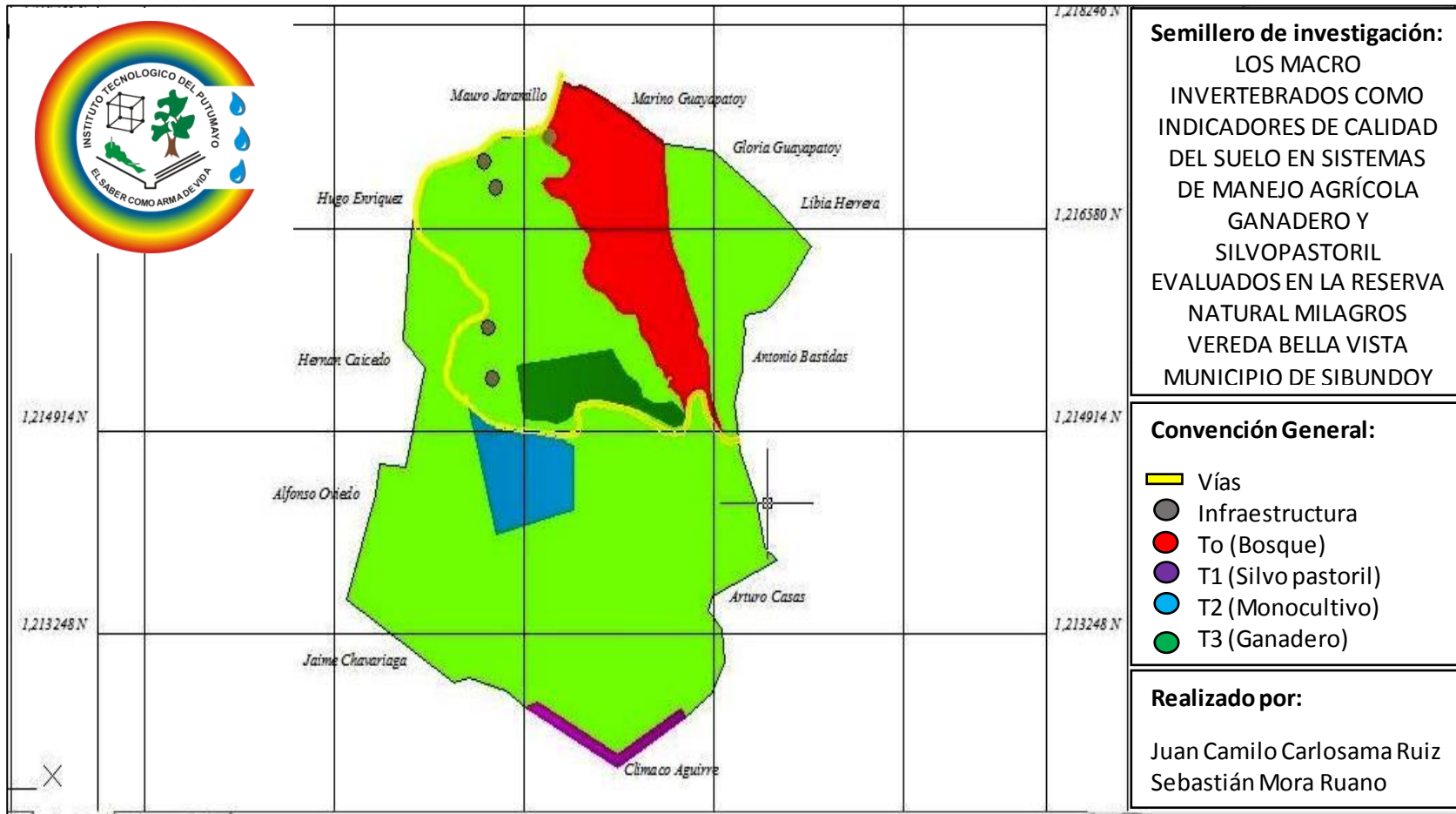
**4.5.2 Reserva Milagros.** La zona de estudio se encuentra localizada en la vereda Bellavista al norte del municipio de Sibundoy, Departamento del Putumayo, haciendo parte del nacimiento geomorfológico de la Cordillera Oriental de Colombia, entre las coordenadas  $1^{\circ}12'56.70''N$  y  $76^{\circ}55'54.00''O$ , El área de trabajo le corresponde una extensión 17 hectáreas, que colindan con los siguientes propietarios:

- Norte: Mauro Jaramillo-Marino Guayapatoy.
- Noreste: Gloria Guayapatoy-Libia Herrera.
- Noroeste: Hugo Enríquez.
- Este: Antonio Bastidas.
- Oeste: Hernán Caicedo.

- Sur: Clímaco Aguirre.
- Suroeste: Alfonso Oviedo-Jaime Chavarriaga.
- Sureste: Arturo Casas.

El área de estudio fue tomada teniendo en cuenta que es una zona que cuenta con las 4 áreas de trabajo (figura 2), (bosque secundario, monocultivo, silvopastoril y ganadero) que son fundamentales para determinar la fertilidad del suelo basándose en la cantidad de macroorganismos encontrados, puesto que estos son indicadores de fertilidad debido al manejo que se presenta en las zonas de estudio.

Figura 2. Mapa general de la Reserva Milagros con sus diferentes usos de suelo.



Fuente: Esta investigación.

## ANTECEDENTES DE LA FINCA MILAGROS (Área de estudio)

Anteriormente la finca se encontraba con pequeños relictos de bosque acuíferos incipientes, debido a la ganadería extensiva que se implementaba. En el año de 1988 Jesús Martínez compro la finca denominada “Milagros” para la realización de sistemas productivos como el cultivo de papa con la implementación de labores culturales como arado de tracción animal. Posteriormente se implementaron cultivos de pastos mejorados de tipo raigrás con el propósito de mejorar la calidad y cantidad de sus pastos para las actividades ganaderas, en el transcurso del anterior proceso se presentaron las siguientes situaciones:

- Alta incidencia de enfermedades de roya y antracnosis, hongos que negreaban las hojas de los pastos.
- En los procesos de fertilización orgánica con gallinaza proveniente del Valle del Cauca se encontraron coleópteros que en su etapa larvaria consumían el pasto, para controlar esta plaga se aplicó un insecticida que contenía el *Bacillus turigencis*.
- Debido a los altos costos que generaba el mantenimiento adecuado de los pastos mejorados de tipo raigrás, se empezó a trabajar con pastos de la zona como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), la Saboya (*Panicum maximum Jacq*) y gramas (*Pennisetum clandestinum*).

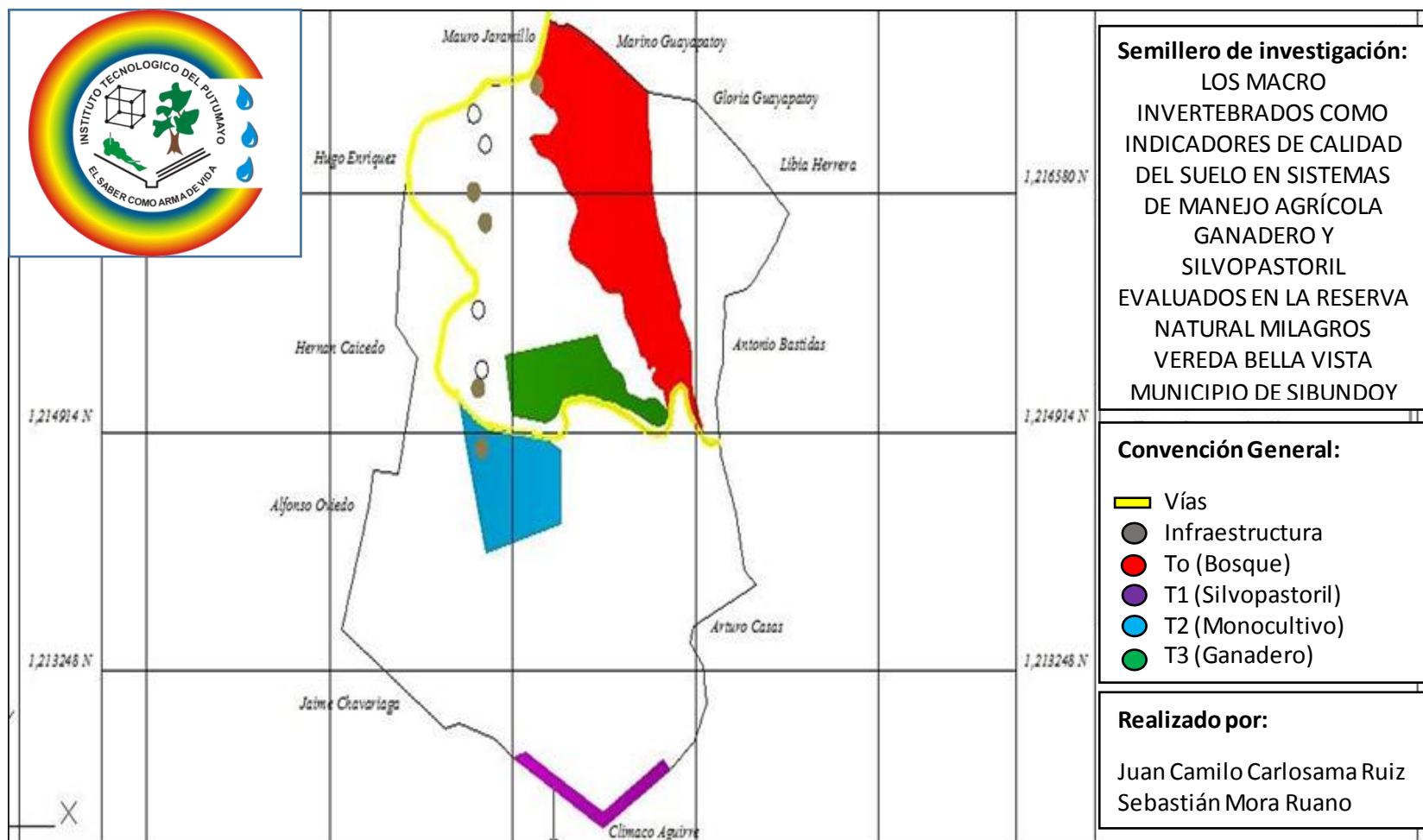
A inicios de 1990 debido a las inclemencias climáticas que se presentaban en los meses de julio y agosto se sembró barreras rompe viento con pino patula (*Pinus patula*) y se hicieron linderos para controlar la erosión en lugares con alto grado de pendiente, mejorando el micro clima de la reserva Milagros, para el año de 1992 se solucionaron los problemas de energía y se empezó a captar toda el agua lluvia en tanques de almacenamiento que servían para suministrar el agua en bebederos automáticos, en la parte alta del predio se separaron zonas para la regeneración natural. Cuatro años después el caudal de los arroyos aumento debido al aislamiento, se pusieron tanques de almacenamiento que suministraban agua a la casa y a los animales, gracias a los resultados obtenidos se aumentó el área de aislamiento.

Debido al fenómeno de remociones en masa que se presenta en esta área, por la alta pendiente y la susceptibilidad de sus suelos en el año 2000 la reserva fue beneficiaria del proyecto “Prácticas agropecuarias como mecanismo de restauración de suelos degradados” aprobado por PRONATTA en el cual se realizaron prácticas de manejo agroforestal para mejorar la situación en la que se encontraba la finca, en el año 2004 se continuo con la segunda fase del proyecto que estaba encaminada a fortalecer los avances anteriores.

En el 2008 fue favorecida por el proyecto de “Manejo integral de cuencas hidrográficas de la cuenca alta del río Putumayo” (MICH), ese mismo año se hizo un enriquecimiento con especies nativas y hubo un mejoramiento de los sistemas ganaderos debido al aumento de bancos de proteína y la ampliación de sistemas silvopastoriles que mejoro la calidad y cantidad de las actividades de ganadería que se están desarrollando.

En la actualidad la Reserva Milagros se encuentra distribuida con diferentes usos de suelo (figura 3).

Figura 3. Distribución de los diferentes usos de suelo en La Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.



**Bosque:** Son más de seis hectáreas dedicadas a la conservación natural que está conformado por:

**Bosque natural:** Secundario en regeneración esta cobertura ocupa un sector importante de la finca (figura 4), el cual se dedica a la protección de esta cobertura, se encuentra aislada la mayoría de la vegetación es arbustiva destacándose la especie mayo (*Plumeria rubra f. rubra*) y los helechos (*Pteridium aquilinum*), se encuentran algunas especies leñosas de yurumo (*Cecropia peltata L*), mate (*Ilex paraguariensis*), encino (*Quercus ilex*), palo rosa (*Aspidosperma polyneuron*), cauchillo (*Ficus Elástica*).

Figura 4. Bosque Natural Secundario, Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.

**Bosque misceláneo:** Se constituye como una cobertura miscelánea respecto al tipo de especies que allí podemos encontrar, es una combinación entre especies en regeneración natural, con especies maderables plantadas como el pino (*Pinus sylvestris*) y el ciprés (*Cupressus lusitánica*), entre las especies nativas están mayo (*Plumeria rubra f. rubra*), aliso (*Alnus glutinosa*), urapán (*Fraxinus chinensis*), laurel (*Laurus nobilis*), (figura 5).

Figura 5. Bosque misceláneo (combinación de especies naturales y maderables).



Fuente: Esta investigación.

**Cultivos y Zonas Ganaderas:** Son 10 hectáreas aproximadamente dedicadas a la producción para generar ingresos económicos basados en las actividades agrícolas y ganaderas de una manera ecológica y se divide en:

**Pastos naturales:** (potrero) ocupan algunos sectores intermedios del predio como muestra la figura 6.

Figura 6. Potrero o pasto natural de la Reserva Milagros destinado a actividades de producción ganadera.



Fuente: Esta investigación.

**Pastos plantados (bancos de forraje):** se encuentra varias áreas denominadas bajo esta cobertura (figura 7), se encuentran áreas con una sola especie o con asociación de 2 o más especies, entre las especies asociadas está el pasto imperial (*Axonopus scoparius*) y el botón de oro (*Ranunculus acris*) y las individuales está el pasto raigrás (*Lolium perenne*) y el mar alfalfa (*Pennisetum sp*).

Figura 7. Bancos de forraje o pastos plantados en la Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.

Se identificó un área de botón de oro (*Ranunculus acris*), (Figura 8), perteneciente al proyecto de la fundación.

Figura 8. Área de botón de oro en la Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.

**Cultivos:** se identificó esta cobertura con 2 características una extensa (figura 9) y la huerta casera (figura 10), la primera corresponde a extinciones más o menos importantes de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) y la segunda a un área cercana a la vivienda que se dedica a varios cultivos entre frutales y hortalizas.

Figura 9. Cultivos con cobertura extensa (maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*)).



Fuente: Esta investigación.

Figura 10. Huerta casera de la Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.



Arboles dispersos ocupan un sector de la finca ubicado sobre una cobertura de pastos naturales (figura 11). Entre las especies se encuentran alisos y acacias, estos son pertenecientes al proyecto de la fundación.

Figura 11. Arboles dispersos sobre pastos naturales



Fuente: Esta investigación.

Arbustos, se extiende en el borde del bosque y algunas zonas del perímetro del predio (figura 12).

Figura 12. Arbustos dispersos en diferentes partes de la Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.

**Infraestructuras y equipamientos identificados:** Tenemos una vía de acceso que conduce a la vereda Bellavista (figura 13) y atraviesa la Reserva Milagros la cual está equipada con vivienda, cocina de leña, estructuras de ladrillo y teja (figura 14), galpón, dentro este se encuentra un área dedicada a la producción de abono orgánico, (lombricultura).

Figura 13. Vía de acceso a la Reserva Milagros.



Fuente: Esta investigación.

Figura 14. Vivienda con estructura de ladrillo y tejas



Fuente: Esta investigación.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Reserva Milagros, ubicada en la vereda Bellavista, Municipio de Sibundoy, Putumayo, ubicada con coordenadas 1°12'56.70"N y 76°55'54.00"O, que cuenta con un área de 17 Has, los usos de suelo identificados para la investigación que corresponden a los tratamientos se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados para los diferentes usos del suelo en la Reserva Milagros.

Tratamiento	Número de muestras	Características
<p style="text-align: center;"><b>T0 = suelo 1 Bosque Natural</b></p>	<p style="text-align: center;">5 monolitos</p>	<p>la Reserva Milagros, se encuentre en una zona de vida según la clasificación de Holdridge de Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), ubicado a 2300 msnm, Se encuentra en estado de regeneración, esta cobertura ocupa un sector importante de la finca, el cual se dedica a la protección de esta cobertura, la mayoría de la vegetación es arbustiva destacándose la especie mayo y los helechos, se encuentran algunas especies leñosas de yurumo (<i>Cecropia peltata</i> L), mate (<i>Ilex paraguariensis</i>), encino (<i>Quercus ilex</i>), palo rosa (<i>Aspidosperma polyneuron</i>), cauchillo (<i>Ficus Elástica</i>).</p>

Continuación (Cuadro 1.)

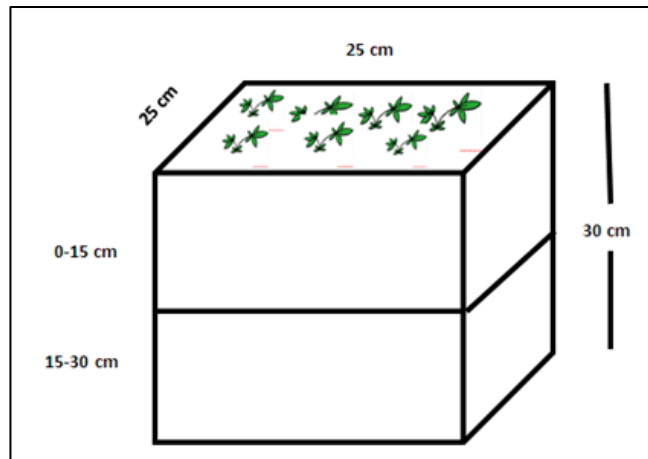
Tratamiento	Número de muestras	Características
<p><b>T1 = suelo 2</b> <b>Sistema Silvopastoril</b></p>	<p>5 monolitos</p>	<p>En el sistema silvopastoril no se realiza ningún manejo con agroquímicos, este sistema tiene un crecimiento natural pero cabe resaltar que anteriormente se suministraron biopreparados para mejorar la producción.</p>
<p><b>T2 = suelo 3</b> <b>Monocultivo</b></p>	<p>5 monolitos</p>	<p>Es un sistema de producción en el cual el manejo de agroquímicos se hace de una manera racional con el propósito de controlar plagas que se encuentran en el cultivo de frijol, el propietario siempre se actualiza en cuanto al manejo de agroquímicos y busca alternativas sostenibles para mejorar la producción y minimizar impactos.</p>
<p><b>T3 = Suelo 4</b> <b>Sistema Ganadero</b></p>	<p>5 monolitos</p>	<p>El sistema ganadero se encuentra dividido en sectores para no generar un gran impacto al suelo, a cada sector se agrega semilla de trébol para que germine debido a que este es bueno para el ganado por su aporte de proteína.</p>

Fuente: Esta investigación.

Para la realización del muestreo se utilizó la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) descrito por Anderson e Ingram, (1993). Se identificaron 5

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 (figura 15), correspondientes a un área de 0,0625 m<sup>2</sup> (figura 16), y posteriormente en cada calicata se tomaron tres submuestras, mantillo, 0-15 cm y 15-30 cm, de profundidad, las muestras de los macroinvertebrados colectadas fueron colocados en frascos con etanol 70-95% para su conservación, y rotulados previamente con el tipo de uso de suelo y número de estrato, para luego ser transportados a nuestro sitio de trabajo donde se procedió a extraer de forma manual los organismos colectados.

Figura 15. Esquema del monolito utilizado para la extracción de macroinvertebrados



Fuente: Esta investigación.

Figura 16. Toma de dimensiones de los monolitos realizados en los cuatros usos del suelo.



Fuente: Esta investigación.

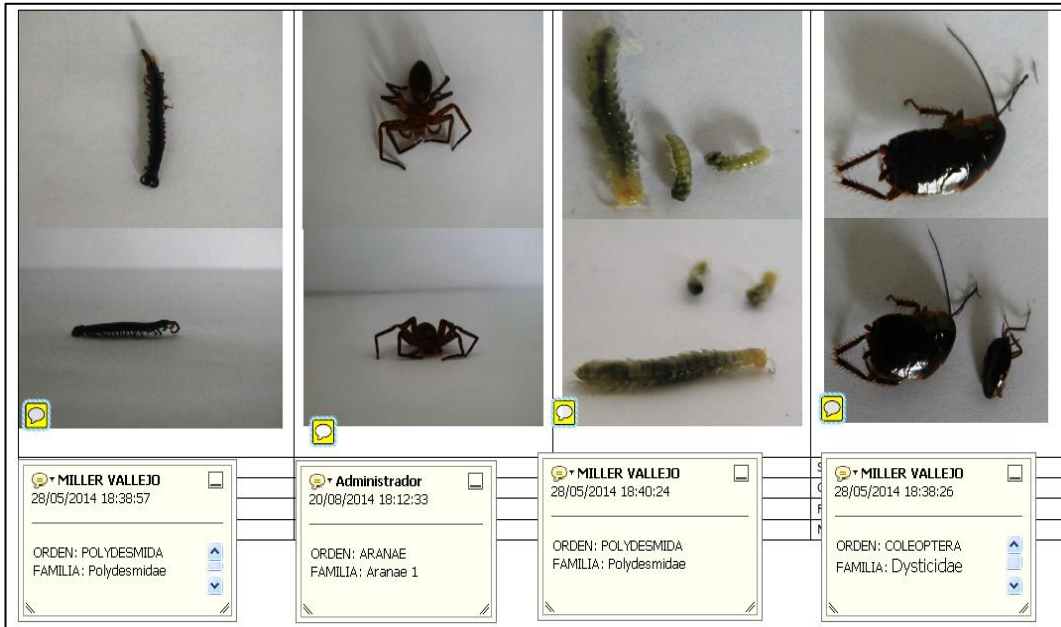
La identificación de los macroinvertebrados presentes en los diferentes tratamientos a nivel de orden y familia (figura 17). Una vez colectados todos los individuos de las diferentes muestras se almacenaron en frascos de vidrio con



soluciones conservantes de alcohol al 75 % (figura 18). Posteriormente fueron contabilizados y pesados en una balanza analítica para el posterior cálculo de biomasa (figura 19).

Los Oligochaetos (lombrices) y Aranae (Arañas) por la dificultad de la identificación se determinaron como morfoespecies.

Figura 17. Identificación a nivel de orden y familia de individuos



Fuente: Esta investigación.

Figura 18. Recolección de individuos en frascos de vidrio con alcohol.



Fuente: Esta investigación.

Figura 19. Pesaje de los diferentes individuos en la balanza analítica.



Fuente: Esta investigación.

## 5.2 VARIABLES EVALUADAS

En esta investigación se determinaron indicadores de abundancia, riqueza, diversidad, y biomasa de los macroinvertebrados del suelo existente en los diferentes tratamientos. En cada uno de los monolitos se determinó: la abundancia de la macrofauna asociada a cada tratamiento, calculando el número de individuos por m<sup>2</sup> y la biomasa determinada por el peso fresco en gramos m<sup>2</sup>

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

**a. 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 (Moreno, 2001). Asume que los individuos seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

**b. 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).

Dónde:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$  ( $p_i = n_i/N$ ), es decir, el número de individuos de la especie,  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$H'_{\max} = \ln(S)$   $S$  = Número total de especies

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

Una vez sistematizados todos los datos se realizaron un análisis de varianzas pruebas de comparación de medias de Tukey para cada variable, Utilizando el programa Stapgrafic.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Una vez identificados los macroinvertebrados por grupos taxonómicos hasta el nivel de orden y familia, basados en guías y claves taxonómicas se obtienen dentro de la evaluación en monolitos los siguientes resultados: Para el T0 (bosque secundario), los macroinvertebrados encontrados, representados por los órdenes: Polydesmida, Aranae, Coleóptera, Isópoda, Orthoptera, Isóptera, Dermáptera, Blattodea, Oligochaeta, Lepidóptera y Hemíptera como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Familia de macroinvertebrados bosque secundario.

NOMBRE COMÚN	ORDEN	FAMILIA
Trencillas	Polydesmida	Polydesmidae
Arañas	Aranae	Aranae 1
		Aranae 2
		Aranae 3
		Aranae 4
Cucarrones	Coleóptera	Dysticidae
		Staphylinidae
		Elmidae
		Scarabidae
		Lampyridae
		Carabidae
Crustáceos	Isópoda	Porcellionidae
Saltamontes	Orthoptera	Gryllacrididae
Termitas	Isóptera	Kalotermitidae
Tijerillas	Dermáptera	Labiduridae
Cucaracha	Blattodea	Blattidae
Lombriz de tierra	Oligochaeta	Oligochaeto 1
		Oligochaeto 2
		Oligochaeto 3
Mariposas	Lepidóptera	Noctuidae
Chinches	Hemíptera	Cydnidae

Fuente: Esta investigación.

Dentro del tratamiento T1 (Sistema Silvopastoril), encontramos los órdenes Heteróptera, Oligochaeta, Hemíptera, Coleóptera, Polydesmida, Himenóptera, Aranae, Spirobolida e Isópoda como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Familia de macroinvertebrados Sistema Silvopastoril.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>
Chinches	Heteróptera	Pentatomidae
Lombriz de tierra	Oligochaeta	Oligochaeto 1
		Oligochaeto 4
		Oligochaeto 5
Chinches	Hemíptera	Miridae
		Cydnidae
Cucarrones	Coleóptera	Scarabaeidae
		Dystisidae
		Scarabidae
		Thyreocoridae
		Lagriidae
Babosas	Pulmonata	Veronicellidae
Trencillas	Polydesmida	Polydesmidae
Abejas	Himenóptera	Ceraphronidae
Araña	Aranae	Aranae 5
Mil pies	Spirobolida	Spirostreptidae
Crustáceos	Isópoda	Porcellionidae

Fuente: Esta investigación.

Para el T2 (Monocultivo), se encuentran presentes los órdenes de: Aranae, Oligochaeta, Himenóptera, Spirobolida, Polydesmida, Coleóptera, Dermáptera, Hemíptera, Heteróptera, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Familia de macro invertebrados Sistema Monocultivo

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>
Arañas	Aranae	Aranae 2
		Aranae 3
Lombriz de Tierra	Oligochaeta	Oligochaeto 1
		Oligochaeto 3
Abejas	Himenóptera	Formicidae
Mil Pies	Spirobolida	Spirobolidae

Trencillas	Polidés mida	Polydesmidae
Babosas	Pulmonata	Veronicellidae
Cucarrones	Coleóptera	Carabidae
		Scarabidae
		Elmidae
		Sthapylinidae
		Dytiscidae
Tijerillas	Dermáptera	Anisolabidae
Chinches	Hemíptera	Gelastocoridae
		Cydnidae
		Ochteridae
Chinches	Hemíptera	Pentatomidae

Fuente: Esta investigación.

Dentro del T3 (Sistema Ganadero), los órdenes que representan los macroinvertebrados presentes en este uso de suelo son: Aranae, Orthoptera, Polydesmida, Hemíptera y Coleóptera, como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Familia de macro invertebrados Sistema Ganadero,

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>
Arañas	Aranae	Aranae 1
		Aranae 3
Saltamontes	Orthoptera	Cryllacrididae
Trencillas	Polydesmida	Polydesmidae
Chinches	Hemíptera	Cercopidae
Chinches		Cicadellidae
Cucarrones	Coleóptera	Lampyridae
		Dryophthoridae
		Lagriidae
Babosas	Pulmonata	Arionidae

Fuente: Esta investigación.

## 6.2 INDICADORES DE ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD, DE LOS MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EXISTENTE EN LOS DIFERENTES SISTEMAS EVALUADOS

De acuerdo a los monolitos realizados y a la respectiva evaluación de la macrofauna presente, se logró determinar que en dos de los tres estratos evaluados se pudo encontrar macroorganismos, es decir, en mantillo y de 0-15 cm, en el estrato más bajo (15-30 cm) no se encontró ningún individuo, esto se debe posiblemente a que durante la época en que se hizo los muestreos se presentaron altas precipitaciones y como efecto provoco la migración hacia estratos más superficiales por parte de macroorganismos, que son individuos aeróbicos que necesitan de oxígeno para sus procesos de desarrollo fisiológico.

Al respecto Lavelle *et al.* (1992) informa que en ambientes tropicales la mayoría de los grupos de la macrofauna se encuentran confinados en la parte superior, en los primeros centímetros del suelo, en donde existen las reservas de materia orgánica.

Evaluación con monolitos: A continuación se describen los resultados para cada uno de los indicadores a saber:

**6.2.1 Abundancia.** La abundancia total de macroinvertebrados encontrada en los diferentes usos del suelo de la Reserva Milagros, fue de 318 ind/m<sup>2</sup>, de los cuales el tratamiento más abundante fue el bosque secundario con 114 ind/m<sup>2</sup> (33.6%), el sistema de monocultivo tuvo una abundancia de 89 ind/m<sup>2</sup> (30 %), seguido por el sistema silvopastoril con 85 ind/m<sup>2</sup> (25.9 %) y por último la que presentó menor abundancia fue el sistema ganadero con 30 ind/m<sup>2</sup> (10.3 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia de familias macroinvertebrados en los tratamientos evaluados en la Reserva Milagros.

TRATAMIENTO	BOSQUE SECUNDARIO		SILVOPASTORIL		MONOCULTIVO		GANADERO	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Anisolabidae</i>	0	0,00	0	0,00	2	2,25	0	0,00
<i>Aranae 1</i>	2	1,75	0	0,00	0	0,00	4	13,33
<i>Aranae 2</i>	3	2,63	0	0,00	2	2,25	0	0,00
<i>Aranae 3</i>	2	1,75	0	0,00	2	2,25	2	6,67
<i>Aranae 4</i>	1	0,88	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Aranae 5</i>	0	0,00	1	1,18	0	0,00	0	0,00
<i>Arionidae</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	6,67
<i>Blattidae</i>	9	7,89	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Carabidae</i>	2	1,75	0	0,00	2	2,25	0	0,00
<i>Ceraphronidae</i>	0	0,00	2	2,35	0	0,00	0	0,00

Continuación (Tabla 6.)

TRATAMIENTO	BOSQUE SECUNDARIO		SILVOPASTORIL		MONOCULTIVO		GANADERO	
Cercopidae	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	20,00
Cicadellidae	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	6,67
Cydnidae	1	0,88	2	2,35	1	1,12	0	0,00
Dryophthoridae	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	3,33
Dysticidae	6	5,26	2	2,35	3	3,37	0	0,00
Elmidae	1	0,88	0	0,00	12	13,48	0	0,00
Formicidae	0	0,00	0	0,00	2	2,25	0	0,00
Gelastocoridae	0	0,00	0	0,00	1	1,12	0	0,00
Gryllacrididae	3	2,63	0	0,00	0	0,00	4	13,33
Kalotermitidae	2	1,75	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Labiduridae	2	1,75	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Lagriidae	0	0,00	2	2,35	0	0,00	2	6,67
Lampyridae	4	3,51	0	0,00	0	0,00	3	10,00
Miridae	0	0,00	11	12,94	0	0,00	0	0,00
Noctuidae	2	1,75	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ochteridae	0	0,00	0	0,00	1	1,12	0	0,00
Oligochaeto 1	2	1,75	1	1,18	2	2,25	0	0,00
Oligochaeto 2	3	2,63	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Oligochaeto 3	1	0,88	0	0,00	4	4,49	0	0,00
Oligochaeto 4	0	0,00	2	2,35	0	0,00	0	0,00
Oligochaeto 5	0	0,00	1	1,18	0	0,00	0	0,00
Pentatomidae	0	0,00	1	1,18	4	4,49	0	0,00
Polydesmidae	21	18,4	29	34,12	26	29,21	4	13,33
Porcellionidae	43	37,7	6	7,06	0	0,00	0	0,00
Scarabaeidae	0	0,00	2	2,35	0	0,00	0	0,00
Scarabidae	1	0,88	3	3,53	2	2,25	0	0,00
Spirobolidae	0	0,00	0	0,00	14	15,73	0	0,00
Spirostreptidae	0	0,00	8	9,41	0	0,00	0	0,00
Staphylinidae	3	2,63	0	0,00	1	1,12	0	0,00
Thyreocoridae	0	0,00	8	9,41	0	0,00	0	0,00
Veronicellidae	0	0,00	4	4,71	8	8,99	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Fuente: Esta investigación.

Para esta variable se encontró que los tratamientos correspondientes al bosque secundario y monocultivo obtuvieron la mayor abundancia de individuos con 114 y



89 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, seguido muy cerca del sistema silvopastoril con 85 ind/m<sup>2</sup> en cuanto al sistema ganadero presento los valores más bajos con 30 ind/m<sup>2</sup>, al respecto Rodríguez *et al.*, (2002) 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 abundancia 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 organismos vivos que desarrollan su vida o gran parte de ella en el suelo.

Demostrando así que las comunidades de macrofauna presentes en los diferentes sistemas de producción, están determinadas por la disposición de recursos para su supervivencia, y la modificación del suelo para desarrollar actividades agrícolas. (Lavelle, 2001 citado por Burbano et al., 2010).

El Bosque Secundario que presentó la mayor abundancia de los cuatro tratamientos, está representado principalmente por Porcellionidae con 43 ind/m<sup>2</sup> y Polydesmidae con 21 ind/m<sup>2</sup>, esto se debe a que una de las funciones de la sub clase diplopoda es que son saprófagos que tienen una función importante en la fragmentación y descomposición de los residuos (Blower, 1955; Kubiena, 1955; Striganova 1971; citado por Zerbino 2005).

\* **Abundancia en mantillo.** Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la tabla 1, para abundancia, se presentan diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).

Tabla 2. Análisis de varianza para el Índice de abundancia en mantillo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	928,55	3	309,517	9,03	0,0010
Intra grupos	548,4	16	34,275		
Total (Corr.)	1476,95	19			

P<=0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

La tabla 3, muestra que los sistemas de monocultivo, ganadero y silvopastoril, entre sí, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, pero si las presentaron frente al bosque natural.

Tabla 3. Prueba de comparación para la variable abundancia en mantillo.

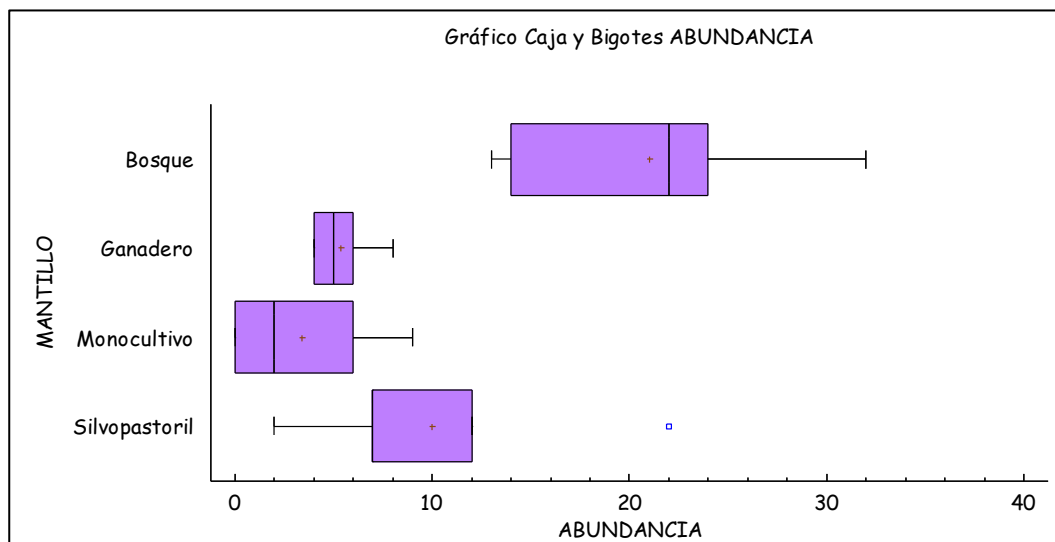
MANTILLO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Monocultivo	5	3,4	X
Ganadero	5	5,4	X
Silvopastoril	5	10,0	X
Bosque	5	21,0	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Indicando que la mayor abundancia se encontró en el sistema de bosque natural con un promedio de 21 ind/m<sup>2</sup> y para el sistema de monocultivo se presentó el valor más bajo con 3,4 ind/m<sup>2</sup>, como se muestra en la gráfica 1.

Gráfica 1. Índice de Abundancia de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.



Fuente: Esta investigación.

\* **Abundancia de 0-15 cm.** El análisis de varianza de la tabla 4, para la variable abundancia en el estrato de 0-15 cm, se presentan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ )

Tabla 4. Análisis de varianza para el Índice de abundancia de 0-15 cm.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Entre grupos</b>	591,75	3	197,25	6,67	0,0039
<b>Intra grupos</b>	473,2	16	29,575		
<b>Total (Corr.)</b>	1064,95	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa.

Fuente: Esta investigación.

La tabla 5, indica que el sistema ganadero, bosque natural y silvopastoril no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero si hay diferencias frente al monocultivo, siendo este sistema el que tiene el promedio más alto con 14,4 ind/m<sup>2</sup>, como muestra la gráfica 2.

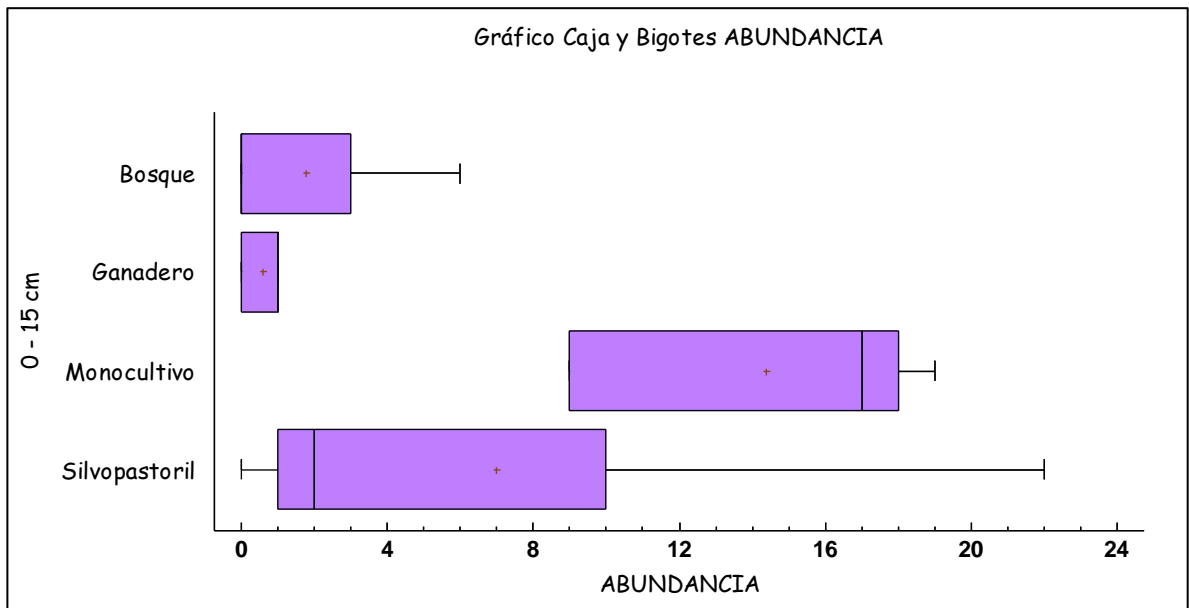
Tabla 5. Prueba de comparación para la variable abundancia de 0-15 cm.

<b>0 -15 cm</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>Ganadero</b>	5	0,6	X
<b>Bosque</b>	5	1,8	X
<b>Silvopastoril</b>	5	7,0	X
<b>Monocultivo</b>	5	14,4	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Fuente: Esta investigación.

Grafica 2. Índice de Abundancia de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.



Fuente: Esta investigación.

La composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados son muy sensibles a las diferentes prácticas de manejo del suelo (Lavelle et al., 1992), lo que se pudo constatar con la evaluación en los diferentes sistemas, ya que la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados fue distinta.

Los resultados obtenidos muestran que el mayor número de individuos que se lograron encontrar fue en los estratos superficiales. Para Castro, Burbano y Bonilla (2007), estos resultados indican que la macrofauna del suelo se desenvuelve en el mantillo y la profundidad de 0-15 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.

De acuerdo a lo anterior, el bosque secundario es el sistema evaluado con más abundancia, frente a esto, Rodríguez *et al* (2000), indica que este sistema como no ha sido intervenido, presenta una mayor densidad de macroorganismos, ya que los árboles y arbustos presentes en los bosques regulan algunos factores del suelo como temperatura y humedad, lo cual origina un microclima con características acordes a la exigencia de algunos organismos vivos que desarrollan su vida o gran parte de ella en el suelo.

Según Cardoso *et al.* 2003, la cobertura arbórea provee a los sistemas agroforestales, hojarasca y ramas las cuales son la base de nutrientes energía de

los organismos del suelo y la sombra los protege de los cambios bruscos de temperatura presentando una mayor abundancia, coincidiendo con los resultados obtenidos donde el bosque natural presenta el promedio de abundancia más alto. Los suelos de los sistemas naturales, como las selvas o bosques, cuentan con una entrada constante y frecuente de MO de origen vegetal y animal, por lo que los sistemas de producción deben de parecerse cada vez más a los sistemas naturales (Neher, 1999).

El sistema ganadero presentó los valores más bajos de abundancia (30 ind/m<sup>2</sup>), Chara *et al* 2006, afirma que en los sistemas de ganadería convencional se presenta una alta compactación del suelo por factores asociados al pisoteo constante del ganado, el sobrepastoreo, la poca cantidad de plantas asociadas al sistema y el deterioro de la capa orgánica. Además, el uso indiscriminado de productos químicos (fertilizantes e insecticidas) afecta drásticamente la macrofauna del suelo y reduce sus funciones ecológicas.

La abundancia en el estrato de mantillo presenta sus valores más bajos en el monocultivo. Baca *et al.*, 2002 afirma que los sistemas de producción en monocultivos han disminuido el número de individuos en la comunidad de macrofauna como resultado del control intensivo de malezas con herbicidas, aplicación de insecticidas y fungicidas que indirectamente cae al suelo y afecta la macrofauna del mismo y la eliminación de árboles de sombra para elevar su área de producción.

**6.2.2 Riqueza.** La riqueza taxonómica valorada a nivel de familias identificadas, cuadro 7, determino un mayor número de familias en el bosque secundario con 21 familias, seguido por el sistema de monocultivo y silvopastoril con 18 y 17 familias respectivamente y el sistema ganadero con 10 familias.

En el bosque secundario los órdenes característicos fueron Coleóptera con seis familias: Dysticidae, Staphylinidae, Elmidae, Scarabidae, Lampyridae, Carabidae, seguido por el orden Aranae con 4 familias, que se clasificaron como morfoespecies por la complejidad de su identificación.

El monocultivo también estuvo representado principalmente por el orden Coleóptera con cinco familias: Veronicellidae, Carabidae, Dytiscidae, Scarabidae, Elmidae, Sthapylinidae, seguido por el orden Hemíptera con tres familias: Gelastocoridae, Cydnidae, Ochteridae.

En tercer lugar se encuentra el sistema silvopastoril que tuvo una riqueza taxonómica de 17 familias y su orden más representativo al igual que los otros dos sistemas anteriores también fue Coleóptera con cinco familias: Scarabaeidae, Scarabidae, Thyreocoridae, Dytiscidae, Veronicellidae, Lagriidae, seguido por el orden Oligochaeta con 3 morfoespecies.

Por último está el sistema ganadero, que contó con 10 familias y estuvo representado por el orden Coleóptera (3), Hemíptera (2) y Aranae (2). Para los cuatro sistemas evaluados el orden que tuvo mayor representación fue el Coleóptera con un total de diez familias.

Cuadro 6. Riqueza de familias de los cuatro sistemas evaluados en La Reserva Milagros.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>	<b>SILVOPASTORIL</b>	<b>MONOCULTIVO</b>	<b>GANADERO</b>
<b>ORDEN</b>	FAMILIA	FAMILIA	FAMILIA	FAMILIA
<b>Aranae</b>	Aranae 1		Aranae 2	Aranae 1
	Aranae 2		Aranae 3	Aranae 3
	Aranae 3			
	Aranae 4			
		Aranae 5		
<b>Blattodea</b>	Blattidae			
<b>Coleoptera</b>	Dysticidae	Scarabaeidae		Dryophthoridae
	Staphylinidae	Scarabidae	Carabidae	Lagriidae
	Elmidae	thyreocoridae	Dytiscidae	Arionidae
	Scarabidae	Dytiscidae	Scarabidae	Lampyridae
	Lampyridae		Elmidae	
	Carabidae	Lagriidae	Sthapylinidae	
<b>Dermáptera</b>	Labiduridae		Anisolabidae	
<b>Hemiptera</b>		Miridae	Gelastocoridae	Cercopidae
	Cydnidae	Cydnidae	Cydnidae	Cicadellidae
			Ochteridae	
<b>Heteróptera</b>		Pentatomidae	Pentatomidae	
<b>Himenóptera</b>		Ceraphronidae	Formicidae	
<b>Isópoda</b>	Porcellionidae	Porcellionidae		
<b>Isóptera</b>	Kalotermitidae			
<b>Lepidóptera</b>	Noctuidae			
<b>Oligochaeta</b>	Morfoespecie 1	Morfoespecie 1	Morfoespecie 1	
	Morfoespecie 2	Morfoespecie 4	Morfoespecie 3	
	Morfoespecie 3	Morfoespecie 5		
<b>Orthoptera</b>	Gryllacrididae			Cryllacrididae
<b>Polydesmida</b>	Polydesmidae	Polydesmidae	Polydesmidae	Polydesmidae
<b>Spirobolida</b>		Spirostreptidae	Spirobolidae	
<b>Pulmonata</b>		Veronicellidae	Veronicellidae	Veronicellidae

Fuente: Esta investigación.

\* **Riqueza Mantillo.** Mediante el análisis de varianza obtenido para la variable de riqueza en el estrato mantillo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas evaluados ( $P < 0,05$ ), (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable riqueza en Mantillo.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	34,15	3	11,3833	3,48	0,0409
<b>Intra grupos</b>	52,4	16	3,275		
<b>Total (Corr.)</b>	86,55	19			

$P < 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

La tabla 7 muestra que el sistema de bosque natural con valor de 5,6 morf/m<sup>2</sup> presenta diferencias estadísticamente significativas en relación a los otros tres sistemas evaluados y entre estos tres tratamientos de acuerdo al análisis realizado se presenta una homogeneidad.

Tabla 7. Prueba de comparación para la variable riqueza en mantillo.

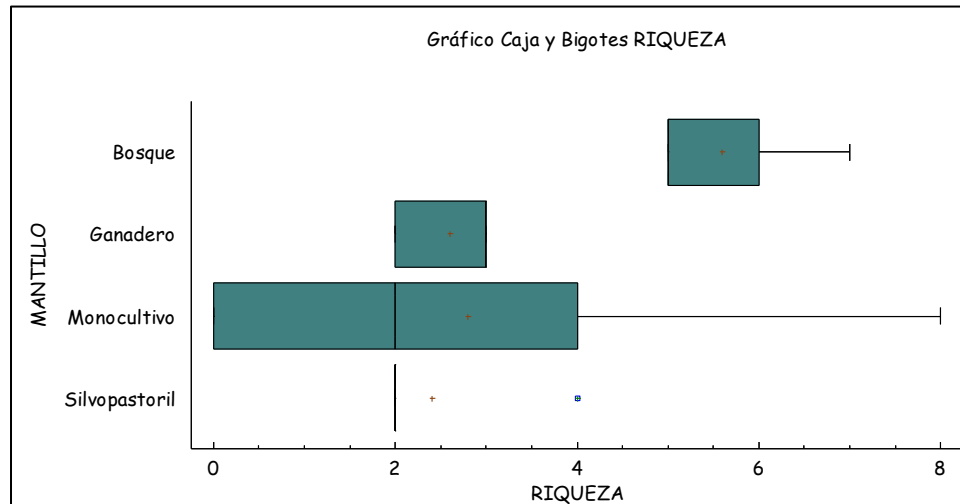
MANTILLO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<b>Silvopastoril</b>	5	2,4	X
<b>Ganadero</b>	5	2,6	X
<b>Monocultivo</b>	5	2,8	X
<b>Bosque</b>	5	5,6	X

Fuente: Esta investigación.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

La tabla 6 indica que el bosque natural, presenta la riqueza de familias más alta con un valor de 5,6 morf/m<sup>2</sup> y la riqueza más baja presentada por el sistema ganadero con un valor de 2,6 morf/m<sup>2</sup>, como se muestra en la gráfica 3.

Gráfica 3. Índice de Riqueza de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.



Fuente: Esta investigación.

\* **Riqueza de 0-15 cm.** Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la tabla 8 para la variable riqueza de 0-15 cm, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable riqueza de 0-15 cm

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	35,35	3	11,7833	8,42	0,0014
<b>Intra grupos</b>	22,4	16	1,4		
<b>Total (Corr.)</b>	57,75	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 9, los sistemas ganadero, bosque natural y silvopastoril no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero sí frente al monocultivo, que tiene la mayor riqueza en relación a los otros sistemas evaluados con un valor de 4 morf/m<sup>2</sup>, como muestra la gráfica 4.



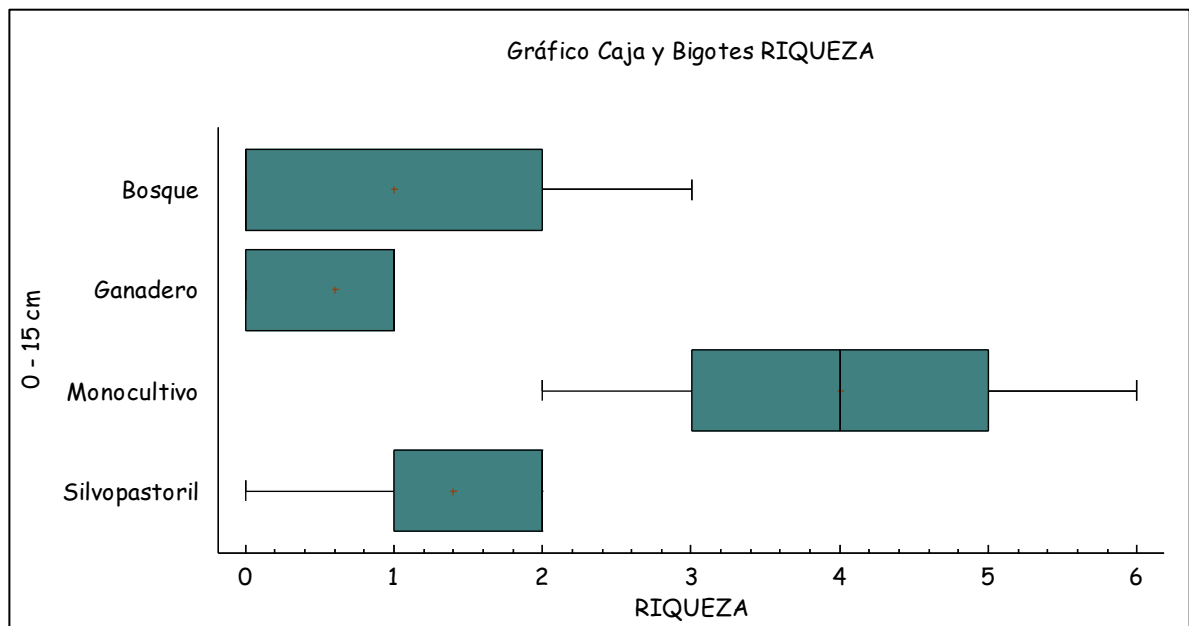
Tabla 9. Análisis de comparación para la variable riqueza de 0-15 cm.

0 -15 cm	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<b>Ganadero</b>	5	0,6	X
<b>Bosque</b>	5	1,0	X
<b>Silvopastoril</b>	5	1,4	X
<b>Monocultivo</b>	5	4,0	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Grafica 4. Índice de Riqueza de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.



Fuente: Esta investigación.

La presencia o ausencia de macroinvertebrados puede ser indicador de la calidad del suelo. De hecho diversos autores proponen que una alta riqueza de taxas, o algunos grupos dominantes, puede revelar información sobre la calidad del suelo (Klemens *et al.*, 2003) y sugieren también a los macroinvertebrados como proveedores de ciertos servicios ambientales, por ejemplo, contribuyen en el secuestro de carbono en el suelo (Lavelle *et al.*, 2006; Brussard *et al.*, 2007).

Los resultados muestran que para la variable riqueza, el mayor número de familias se encontró en el mantillo, Lavelle *et al.* (1992) afirma que en ambientes tropicales la mayoría de los grupos de la macrofauna se encuentran confinados en la parte superior, en los primeros centímetros del suelo, en donde existen las reservas de MO.

La mayor riqueza en el nivel de 0-15 cm se presentó en el monocultivo posiblemente debido a que en estos sistemas de producción existen un incremento de plagas que se genera por el uso indiscriminado de agroquímicos donde estas poblaciones tienen gran capacidad de adaptación a estos ecosistemas alterados por el manejo antrópico. Burgues y Raw (1971) sugiere que algunos grupos responden de diferentes maneras a la presencia de residuos químicos y a otros factores de estrés; los estudios realizados incluyen el efecto de las prácticas agrícolas (fertilización, residuos de pesticidas, labranza, abonos)

Por su parte Moreno (2001), citado por Castro, y Duque, G., afirman que las poblaciones están desapareciendo debido a la perturbación ejercida sobre el medio por las actividades humanas. Los resultados ponen de manifiesto que el cambio en el uso de terreno puede generar variaciones en las poblaciones edáficas como respuesta a las modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia, propiedades físicas y químicas del suelo.

Esta teoría coincide con los resultados obtenidos donde el bosque secundario que no ha sido alterado presenta la mayor riqueza de familias, en cambio el sistema ganadero por su alta intervención presentó una baja riqueza con solo 10 familias. El orden que predominó en los cuatro sistemas evaluados fue el orden Coleóptera, que es el orden más abundante de la clase insecta y uno de los más abundantes del suelo, tienen diferentes hábitos alimenticios, fitófagos, predadores y saprófagos (Borror *et al.*, 1989). La mayor importancia pedobiológica de los coleópteros se atribuyen a sus estados inmaduros, aunque los adultos también desempeñan un papel muy importante, especialmente los coprófagos que participan en la descomposición del estiércol y su posterior incorporación al suelo. Olechowicz 1977, citado por IGAC 1995).

La construcción de crotovinas por dichos organismos incorpora materia orgánica en los horizontes interiores además los materiales excretados por los escarabajos aumentan los niveles de fósforo y potasio aprovechables en la relación suelo-planta (Panzón 1976).

**6.2.3 Diversidad.** Esta variable fue medida a través de los índices de Shanon-Wiener, índice de Simpson y equidad de Pielou para cada uno de los estratos evaluados (mantillo, 0-15 cm).

En la tabla 10 se observa que los índices de Shannon ( $H=1,99342$ ) y Simpson ( $1,06788$ ), para el sistema evaluado correspondiente al monocultivo, muestran los valores más altos, indicando que la comunidad de macroinvertebrados que viven en este suelo es más abundante y diverso debido a que la distribución de especies es más equitativa. Para el sistema ganadero se encontró los valores más bajos correspondientes a los índices de Shannon ( $H=0,84802$ ), índice de Simpson ( $0,5356$ ) y equidad de Pielou ( $0,9174$ ).

Tabla 10. Índices de diversidad de los sistemas evaluados en La Reserva Milagros.

SISTEMA	SHANNON	SIMPSON	E. PIELOU	RIQUEZA
<b>GANADERO</b>	0,84802	0,5356	0,9174	10
<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>	1,6999	0,87612	1,1678	21
<b>SILVOPASTORIL</b>	1,0099	0,63748	1,2098	17
<b>MONOCULTIVO</b>	1,99342	1,06788	1,49782	18

Fuente: Esta investigación.

A pesar de la fundamental importancia de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para el funcionamiento de la tierra y de la sociedad humana, las actividades antrópicas están conduciendo a la pérdida de biodiversidad a un ritmo sin precedentes.

El mayor impulsor de la pérdida de la biodiversidad terrestre ha sido la conversión de hábitat, en gran parte debido al cambio de los paisajes naturales y semi-naturales a la agricultura. Muchas prácticas modernas y enfoques a la intensificación dirigidas a lograr altos rendimientos han dado lugar a una simplificación de los componentes de los sistemas agrícolas, la biodiversidad y los sistemas de producción ecológicamente inestable.

### 6.2.3.1 Índice de Shanon

\* **Shanon para mantillo.** La tabla 11 muestra que el análisis de varianza que se realizó para el índice de Shannon en el estrato mantillo en los sistemas evaluados no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ).

Tabla 11. Análisis de varianza para el índice de Shanon en mantillo.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Entre grupos</b>	1,2758	3	0,425266	2,06	0,1455
<b>Intra grupos</b>	3,29804	16	0,206128		
<b>Total (Corr.)</b>	4,57384	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa.

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 12 se observa que los sistemas de bosque natural y silvopastoril con valores 1,3704 y 0,74534 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, presentaron diferencias estadísticamente significativas frente a los sistemas de monocultivo y ganadero con 0,78642 y 0,84802 ind/m<sup>2</sup> respectivamente como se muestra en la gráfica 5.

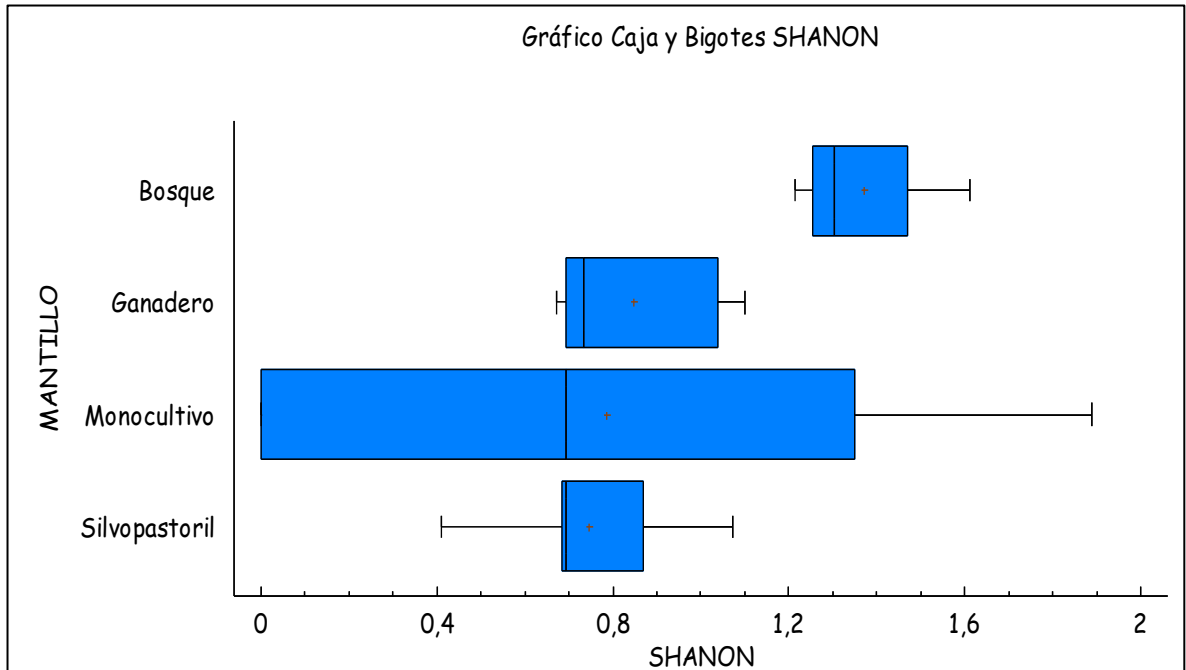
Tabla 12. Análisis de comparación del índice de Shanon en mantillo.

<b>MANTILLO</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>Silvopastoril</b>	5	0,74534	X
<b>Monocultivo</b>	5	0,78642	XX
<b>Ganadero</b>	5	0,84802	XX
<b>Bosque</b>	5	1,3704	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Gráfica 5. Índice de Shannon de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.



Fuente: Esta investigación.

\* **Shannon de 0-15 cm.** El análisis de varianza para el índice de Shannon de 0-15 cm, muestra que de acuerdo a la evaluación entre grupos se presentaron diferencias estadísticamente significativas  $P < 0,05$ , (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza para Shanon de 0-15 cm

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	4,12228	3	1,37409	12,40	0,0002
<b>Intra grupos</b>	1,77244	16	0,110778		
<b>Total (Corr.)</b>	5,89473	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

La tabla 14, muestra que los sistemas ganadero, silvopastoril y bosque natural no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero si las presentan frente al sistema de monocultivo, siendo este sistema el que presente el valor más

alto con 1,207 individuos y el sistema ganadero el que muestra el promedio más bajo con 0 individuos, como se indica en la gráfica 6.

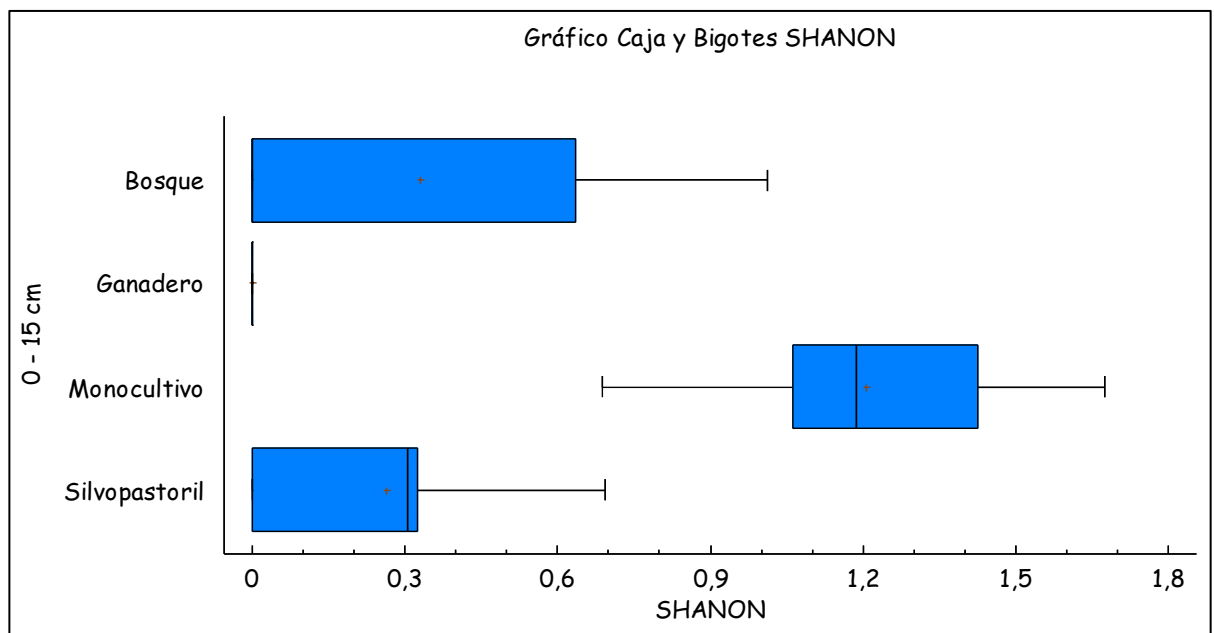
Tabla 14. Análisis de comparación del índice de Shanon de 0-15 cm.

0 -15 cm	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<b>Ganadero</b>	5	0	X
<b>Silvopastoril</b>	5	0,26456	X
<b>Bosque</b>	5	0,3295	X
<b>Monocultivo</b>	5	1,207	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Gráfica 6. Índice de Shanon de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.



Fuente: Esta investigación.

Se ha demostrado que la eliminación de la sombra en los sistemas de producción genera impactos negativos en el hábitat de la macrofauna disminuyendo su diversidad debido a la falta de cobertura la cual le brinda alimento y un mejor microclima para su estabilidad (Montenegro, 2001).

El suelo y la conversión de hábitat a gran escala de la producción agrícola, incluyendo el drenaje del suelo y de transformación de los humedales que también ha causado una pérdida significativa de la diversidad biológica. La homogeneización de la agricultura con el paisaje eliminación de los espacios naturales, han logrado un alto nivel de las unidades de producción a gran escala, con la producción mecanizada ha llevado también a la disminución de la biodiversidad y los servicios ecológicos.

### 6.2.3.2 Índice de Simpson

\* **Simpson para mantillo.** El análisis de varianza para el índice de Simpson en mantillo que muestra en la tabla 15, indica que entre los grupos evaluados no se presentan diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ), registrando valores similares entre un sistema y otro.

Tabla 15. Análisis de varianza para Simpson en mantillo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,177624	3	0,0592081	1,23	0,3304
Intra grupos	0,768406	16	0,0480254		
Total (Corr.)	0,94603	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

En la tabla 16 se muestra que los cuatro sistemas evaluados no presentan diferencias estadísticamente significativas, representando una homogeneidad para todos los tratamientos, como se muestra en la gráfica 7, donde el valor más alto se presentó en el bosque secundario (0.66502) y para el monocultivo se registró el valor más bajo (0.41234).

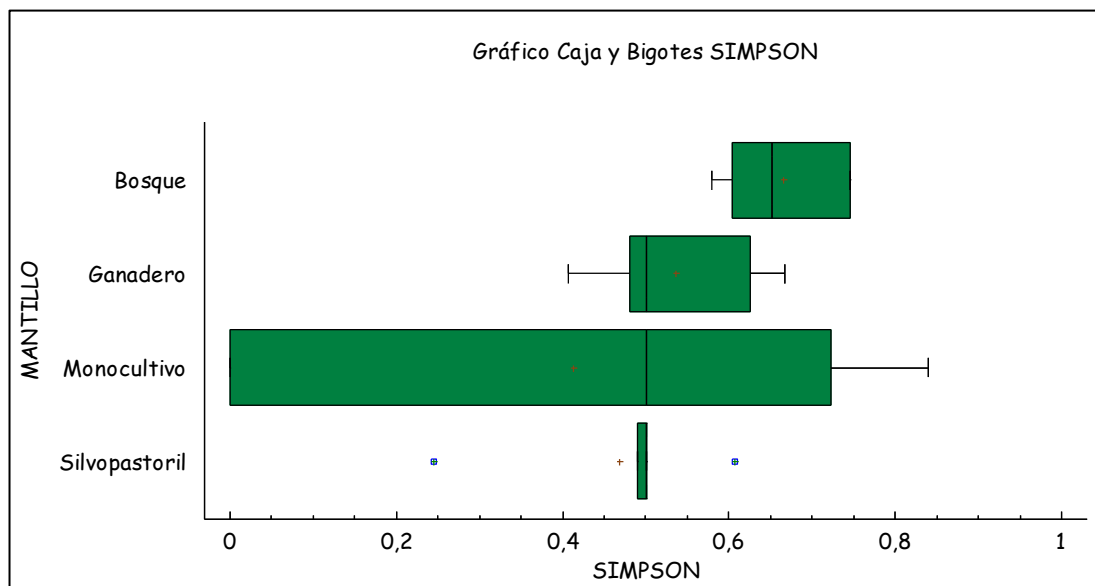
Tabla 16. Análisis de comparación del índice de Simpson en mantillo.

MANTILLO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Monocultivo	5	0,41234	X
Silvopastoril	5	0,46842	X
Ganadero	5	0,5356	X
Bosque	5	0,66502	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Gráfica 7. Índice de Simpson de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.



Fuente: Esta investigación.

**\* Simpson de 0-15 cm**

El análisis de varianza para el índice de Simpson en el estrato de 0-15 cm, muestra que entre los grupos evaluados se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) ver tabla 17.



Tabla 17. Análisis de varianza para Simpson de 0-15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Entre grupos</b>	1,17354	3	0,391181	<b>11,24</b>	<b>0,0003</b>
<b>Intra grupos</b>	0,556649	16	0,0347906		
<b>Total (Corr.)</b>	1,73019	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

Para el índice de Simpson, la tabla 18 muestra que al igual que en el índice de Shanon, las diferencias estadísticamente significativas no se presentan entre los sistemas ganaderos, silvopastoril y bosque natural, pero si se presentan diferencias frente al monocultivo, que es el sistema que presenta el valor más alto con 0,65554, como muestra la gráfica 8.

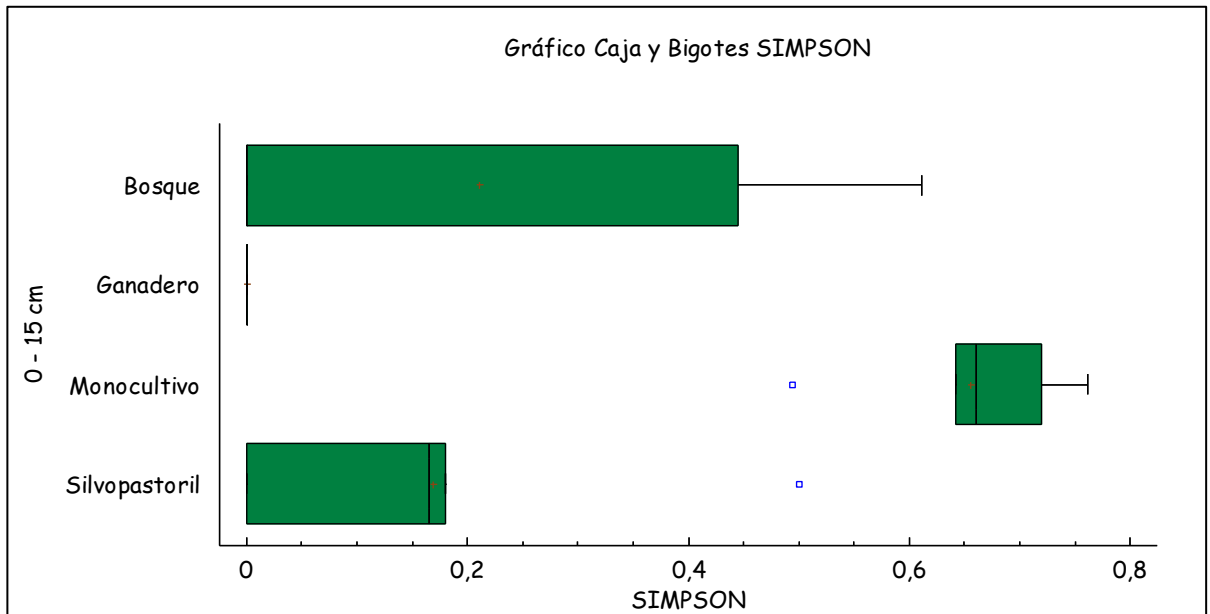
Tabla 18. Análisis de comparación del índice de Simpson de 0-15 cm.

0 -15 cm	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<b>Ganadero</b>	5	0	X
<b>Silvopastoril</b>	5	0,16906	X
<b>Bosque</b>	5	0,2111	X
<b>Monocultivo</b>	5	0,65554	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Grafica 8. Índice de Simpson de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.



Fuente: Esta investigación.

Al respecto Odum (1972), concluye que las comunidades en medios ecológicos estables tienen diversidad de especies más altas que las comunidades sujetas a perturbaciones.

Los organismos del suelo aportan servicios esenciales para el funcionamiento sostenible de todos los ecosistemas y por lo tanto son recursos importantes para la administración sostenible de los ecosistemas agrícolas. Por ejemplo, los gusanos, termitas y otros organismos que habitan en cavernas mezclan las capas superiores, redistribuyendo nutrientes y aumentando la infiltración de agua.

**6.2.4 Biomasa.** En relación a la biomasa gramos peso fresco (g.p.f. /m<sup>2</sup>) total se observa en la tabla 19, los valores más altos para el sistema silvopastoril (24.549) y bosque secundario (17.12), seguido por el monocultivo (13.356) y siendo el sistema ganadero el que presenta valores más bajos de biomasa (2.19)

Tabla 19. Biomasa Sistemas Reserva Milagros.

Sistema	g.p.f./m <sup>2</sup>
Ganadero	2,19
Bosque secundario	17,12
Silvopastoril	24,549
Monocultivo	13,356

Fuente: Esta investigación.

#### \* Biomasa para mantillo

El análisis de varianza para la variable biomasa en mantillo, de acuerdo a la tabla 20, indica que se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre los grupos o sistemas evaluados.

Tabla 20. Análisis de varianza para biomasa en mantillo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11,3196	3	3,77319	14,65	0,0001
Intra grupos	4,12007	16	0,257504		
Total (Corr.)	15,4396	19			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

Para la tabla 21, el índice de biomasa indica que entre los sistemas de monocultivo, ganadero y silvopastoril no se presentan diferencias estadísticamente significativas pero si se muestran diferencias frente al bosque natural, presentándose en este sistema el valor más alto con 2,215 gr/m<sup>2</sup> y siendo el monocultivo el sistema con menor promedio de biomasa con un valor de 0.3708 gr/m<sup>2</sup>, como muestra la gráfica 9.

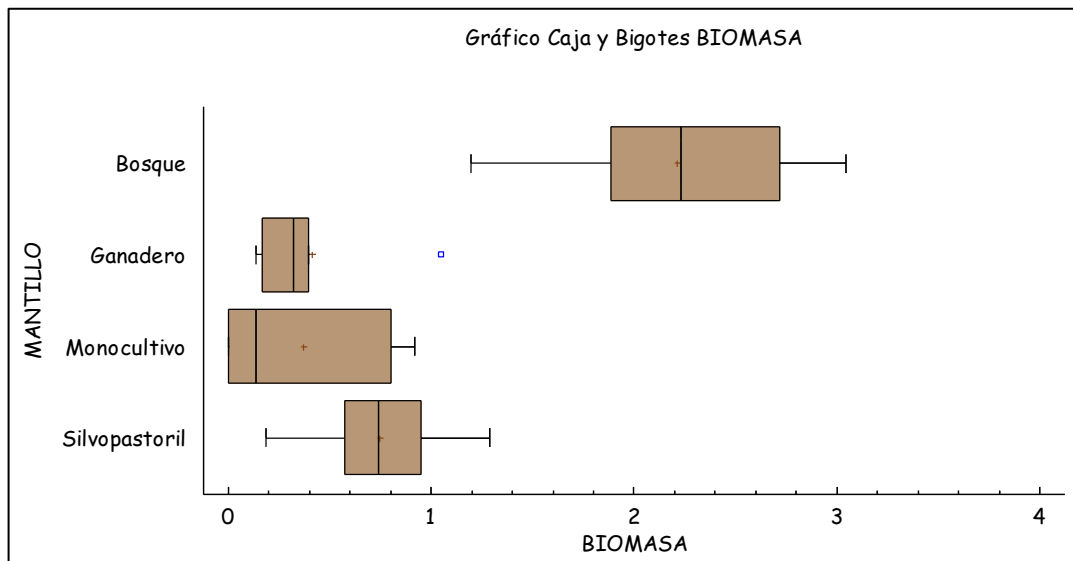
Tabla 21. Análisis de comparación de la variable biomasa en mantillo.

MANTILLO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Monocultivo	5	0,3708	X
Ganadero	5	0,4136	X
Silvopastoril	5	0,747	X
Bosque	5	2,215	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Gráfica 9. Índice de Biomasa de macroinvertebrados para el estrato de Mantillo.



Fuente: Esta investigación.

\* **Biomasa de 0-15 cm.** La tabla 22, muestra el análisis de varianza para biomasa en el estrato de 0-15 cm e indica que entre los grupos evaluados no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 22. Análisis de varianza para biomasa de 0-15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	38,0157	3	12,6719	0,73	0,5486
Intra grupos	277,428	16	17,3393		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>315,444</b>	<b>19</b>			

$P \leq 0,05$ , existe una diferencia estadísticamente significativa

Fuente: Esta investigación.

La tabla 23 muestra que ninguno de los cuatro sistemas evaluados presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, siendo el sistema ganadero el que tiene el valor más bajo con 0,024 y el sistema silvopastoril con el valor más alto 3,7628, como indica la gráfica 10.

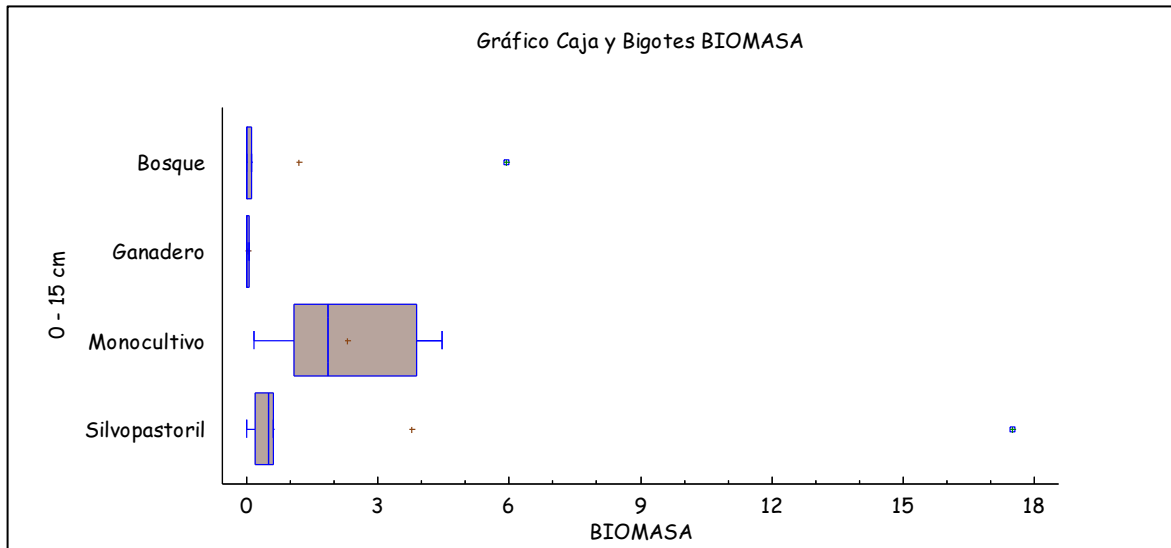
Tabla 23. Análisis de comparación de la variable biomasa de 0-15 cm.

0 -15 cm	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<b>Ganadero</b>	5	0,024	X
<b>Bosque</b>	5	1,2098	X
<b>Monocultivo</b>	5	2,3004	X
<b>Silvopastoril</b>	5	3,7628	X

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's

Fuente: Esta investigación.

Grafica 10. Índice de Biomasa de macroinvertebrados para el estrato de 0-15 cm.



Fuente: Esta investigación.

Según Pashanasi (2001) citado por Pineda, 2013 la calidad y cantidad de la hojarasca están fuertemente relacionados con el contenido de biomasa de la macrofauna, lo que permite relacionar la dominancia en el contenido de biomasa que presentaron el bosque secundario y el sistema silvopastoril ya que hay una mayor cantidad de material vegetal en estos suelos, que permiten una mejor alimentación para la macrofauna del suelo facilitando su reproducción por estar en ambientes más favorables para su crecimiento.

Igualmente los mantillos y los cultivos de cobertura influyen favorablemente en la abundancia y la biomasa de los macroinvertebrados (Bautista et al., 2005). Lo que ayuda a concluir que la diversidad de especies presentadas en el bosque natural y sistema silvopastoril se debe al mayor contenido de especies vegetales, la abundancia de alimentación en estos hábitats y las condiciones ambientales que favorecen su crecimiento. Además otro aspecto que influye es que en estos hábitats la labranza del suelo es muy reducida generando mayor conservación de las propiedades físicas químicas y biológicas de estos suelos.

## 7. CONCLUSIONES

La macrofauna evaluada en los monolitos con los tratamientos Bosque Secundario y monocultivo, obtuvieron los valores más altos, en la variable abundancia con 114 y 89 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, así mismo el Bosque Secundario presentó el valor más alto para Riqueza con 21 familias seguido por monocultivo con 18 familias.

El monocultivo presentó los valores más altos de diversidad, en cuanto al índice de Shannon (1,99342), índice de Simpson (1,06788) y Equidad de Pielou (1,49782) y siendo el sistema ganadero el tratamiento con menor diversidad.

Los valores más altos de biomasa se obtuvieron en el sistema silvopastoril con (24.549 g.p.f. /m<sup>2</sup>) y Bosque Secundario (17.12 g.p.f. /m<sup>2</sup>) por ser sistemas donde no se manejan agroquímicos donde el suelo presenta menores perturbaciones antrópicas.

El sistema ganadero, fue el tratamiento evaluado que presentó las menores condiciones de calidad y desarrollo de algunos macroinvertebrados, debido a la alta compactación que se genera a partir del constante pisoteo del ganado, el sobrepastoreo, el deterioro del estrato orgánico, sumado al uso intensivos de agroquímicos, generando de esta manera problemas de aireación y porosidad del suelo, entre otros factores que afectan las condiciones normales de desarrollo de los organismos edáficos.

En términos generales, el Bosque Secundario presenta las mejores condiciones de hábitat y supervivencia para los macroinvertebrados, donde las intervenciones antrópicas sobre este sistema son casi nulas, permitiendo que estos indicadores de calidad se desarrollen en un ambiente propicio para sus requerimientos fisiológicos, ya que los árboles y arbustos presentes en los bosques regulan algunos factores del suelo como la temperatura y la humedad.

## **8. RECOMENDACIONES**

Teniendo en cuenta que los organismos pueden ser vistos como entes primariamente responsables del mantenimiento de la calidad del suelo y por lo tanto el funcionamiento de los mismos puede servir como un marcador biológico sensible para la comprensión de un sistema dado, se recomienda seguir realizando investigaciones sobre este componente biológico en diferentes sistemas de producción de nuestra región.

Se recomienda de igual manera a productores agrícolas y ganaderos seguir capacitándose y conocer más del funcionamiento de la macrofauna, que beneficios presenten al ambiente y que repercusiones, se generan a partir del desarrollo de prácticas inadecuadas de manejo.

Así mismo, se invita a instituciones, entidades ambientales, profesionales y estudiantes apoyar estas líneas de investigación que muchos aportes le pueden generar al ambiente, al productor y a la comunidad en general a corto, mediano y largo plazo.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

ALZUGARAY, C; VILCHE, M; Y PETENELLO M. 2008. Labor profunda en siembra directa: Efecto sobre la condición biológica del suelo. Cien. Inv. Agr. 35(3): 265-276.

AMEZQUITA, E. 2005. Indicadores de estado: factores físicos que limitan la capacidad agrícola de los suelos en Colombia. En: I Taller sobre indicadores de calidad del suelo. CIAT, Palmira, Colombia. CDR.

AMEZQUITA, E. La fertilidad física del suelo. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo sobre "Suelo, ambiente y Seguridad Alimentaria". Cartagena, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2004.

ANDERSON J.; INGRAM, J. 1993. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods. Wallingford, CAB. p. 44 - 46.

ASTIER, M., M. MAASS Y J. ETCHEVERS. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia 36(5): 605-620.

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

BAUTISTA, A.; ETCHEVERTS, J.; DEL CASTILLO, R.; GUTIERRES C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas. 13 (002): 1 – 11.

BAUTISTA, F., JIMENEZ J., NAVARRO, J., LOZANO, R. 2005. Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico. Caracterización y manejo de suelos en la península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Campeche, México. 262p.

BLAIR, J., P. BOHLEN AND D. FRECKMAN. 1996. Soil invertebrates as indicators of soil quality. pp. 273-291. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.). Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America (SSSA), Special Publication 49, Madison WI.

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

- BORROR , D., C. TRIPLEHORN , N. JOHNSON . 1989. An introduction to the study of insects. United States. 6th ed Sanders College Publishing , 875 p .
- BRAVO, A.; FIGUEROA, B.; SANDOVAL, B.; MARTÍNEZ, M.; GONZÁLEZ, F.; OSUNA, E. 2008. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura Técnica*. 34 (002): p. 151 - 158.
- BRUSSARD, L., M. PULLEMAN, E. OUÉDRAOGO, A. MANDO, and J. SIX. 2007. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia* 50(6): 447-462.
- BURBANO, H.; SILVA, F.; 2010. *Ciencias del Suelos. Principios básicos*. Sociedad Colombiana de ciencia del Suelo. P. 217
- BURGES, A. y RAW, F. 1971 *Biología de los suelos*. Barcelona, Omega. 596 p. Diagnóstico de degradación ambiental por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napostá Grande *Ecología Austral* 13:109-120.
- CAMPITELLI, P.; AOIKO, A.; GUDELJ, O.; RUBENACKER, A.; SERENO, R. 2010 Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Cienc. Suelo*. 28 (2): 223-231.
- CARDOSO, I. BODDING, C., JANSSEN, B., OENEMA, O., KUYPERT, T., 2003. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. *Agroforestry Systems* p. 58:33-43.
- CASTRO, J. H., Burbano, H. y BONILLA, C. 2007. Abundancia y Biomasa de organismos edáficos entre usos de terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. *ACAG. Universidad Nacional*. 56 (3): p. 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. p. 23.
- CHARA, J., CALLE, Z., GIRALDO, E. y RODRIGUEZ, M. 2006. La producción de maracuyá (*passiflora edulis*) en Colombia: Perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización.

CERÓN, P., S. MONTENEGRO, Y E. NOGUERA. 2008. Macrofauna en suelos de bosque y pajonal de la reserva natural Pueblo Viejo, Nariño, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 32(125): 447-453.

CHEVELI, P; FONT, L; CALERO, B. 2006 Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camaguey, Cuba. *ITEA*. 102 (1): p. 3 - 12.

DECAENS, T.; JIMENES, J.; SCHNEIDMARD, J.; LAVELLE, P. 1998. La macrofauna del suelo en sistemas de producción agrícola: Respuesta a las perturbaciones y perspectivas de manejo. Un caso de estudio en los Llanos Orientales de Colombia. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* p. 28: 262 - 268.

FAO, 2004. Funciones de los organismos del suelo: la biota edáfica. En <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2013/11/25/62254.aspx>: consulta octubre de 2013.

FEJOO, A. y KNAPP, E. 1998. El papel de los macroinvertebrados como indicadores de fertilidad y perturbación de suelos de ladera. *Suelos Ecuatoriales*. 28:254-259.

FEJOO, A., KNAPP, E. y QUINTERO, H. 1998. Los macroinvertebrados del suelo como indicadores de calidad y salud agroecosistémica. En: *Manejo de suelos e impacto ambiental. Memorias IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*. Paipa, Colombia, SCCS. pp. 216-221.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, IGAC.1995. Estudio general de los suelos y zonificación de tierras de departamento de Putumayo. p. 733.

GARCIA, I. 2011. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. *Rev. Argentina de microbiología*. p. 43: 1-3.

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

GUINCHARD, M. ET J. ROBERT. 1991. Approche biocénétique du système sol par l'étude du peuplement de larves d'insectes (première contribution). *Revue D'écologie et de Biologie du Sol* 28(4): 479-490.

JIMENEZ, J DECAENS, T., THOMAS, J., LAVELLE, P.2003. El arado natural: la macrofauna del suelo. Cali, Colombia. Ed. CIAT. p. 1-11

KLEMENS, E., T. STIERHOF, J. DAUBER, K. KREIMES, and V. WOLTERS. 2003. On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as predictors of soil faunal richness at different spatial scales. *Agriculture Ecosystems Environment* 98(1-3): 273-283.

KOLMANS, Enrique y VASQUEZ, Darwin. *Manual de agricultura ecológica*. Primera edición. 1996. p. 26

LAVELLE, 1994 Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. 1996 [En línea] Disponible desde internet en: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/b\\_fdi\\_47-8/010012846.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_47-8/010012846.pdf).

LAVELLE, P.E. BLANCHART, A. MARTIN, A.V. SPAIN, and S. MARTIN. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soil in the humid tropics. Pp157-185. In :R. Lal and P.A. Sanchez (eds). *Myths and science of soil in the tropics* Special Publication 29. Soil science Society of America. Madison, WI, USA.

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

LAVELLE, P.; SENAPATI, B. & BARROS, E. Soil macrofauna. In: *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods*. (Eds. G. Schroth & F.L. Sinclair). CABF Publishing. UK. p. 303. 2003

LAVELLE, P., T. DECAËNS, M. AUBERT, S. BAROT, M. BLOUIN, F. BUREAU, P. MARGERIE, P. MORA, and J. P. ROSSI. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42(Supplement 1): S3-S15.

LORA, R. 1978. *El análisis de suelos y su interpretación*. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, Bogotá, Colombia. pp. 237-267.

MARTINEZ, G Y WALTHALL, P. *Propiedades físicas, químicas y mineralógicas en el encostramiento de suelos de México y Louisiana, EU*. *Terra Latinoamericana* Vol. 8, N° 003. 2000. Chapingo – México. pp 179 – 185.

MORENO, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. 1 edición, Ed. CYTED. 83p.

NEHER, D. A. 1999. Soil community composition and ecosystem processes. *Agrofor. Syst.* 45: 159-185.

- ODUM, E, P. 1972. Ecología, Ed. Interamericana. Evaluación de impacto ambiental, un instrumento preventivo para la gestión ambiental. México 639pp.
- PAUL EA, CLARK FE. Soil Microbiology and Biochemistry. San Diego, CA, Academic Press Inc., 1996.
- PASHANASI, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. Folia Amazónica. 12:75. 2001
- PEÑARANDA, M.R.; 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.
- PINEDA 2013. Evaluación de la macrofauna en diferentes usos de suelo C con laurel de cera en el la granja experimental Botana municipio de Pasto departamento de Nariño. Tesis ingeniero agroforestal, facultad de ciencias agrícolas, universidad de Nariño, pasto. p. 33.
- RODRIGUEZ, I., CRESPO, G.; SANCHEZ, 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.
- RODRÍGUEZ, I.; TORRES, V.; CRESPO, G.; FRAGA, S. 2002. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36 (4): 403-408.
- RODRÍGUEZ, I.; CRESPO, G.; LOK S.; TORRES, V.; FRAGA, S. 2006. Indicadores de sostenibilidad en el sistema suelo-planta-animal en Cuba. Nota técnica. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 40: (2): 239-242.
- RUBIO, J., 1999. RUE MARBEUF, Los Fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
- SPAIN, A., P. Lavelle and A. Mariotti, 1992. Stimulation of plant growth by tropical earthworms. Soil Biology and Biochemistry 24(12): p. 1629-1633.
- TAPIA, L.; TISCAREÑO, M.; SALINAS, J.; VELÁZQUEZ, M.; VEGAP., A.; GUILLÉNA, H. 2002. Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas. Terra Latinoamericana. 20 (4): 449 - 457.

TERRANOVA. Enciclopedia agropecuaria terranova Vol. 1. Editorial Terranova. Bogotá, Colombia. 1995. p. 59, 61, 64, 67.

WOLTERS, V. AND K. EKSCHMITT. 1997. Gastropods, Isopods, Diplopods, and Chilopods: Neglected groups of the decomposer food web. pp. 265-306. In: Benckiser, G. (ed.). Fauna in soil ecosystems: recycling processes nutrient fluxes and agricultural production. Marcel Dekker, Inc., New York.

WOOD, T.G. 1978. Food and feeding habits of termites. pp. 55-80 In: Brian M.V. (ed.). Production Ecology of ants and termites. Cambridge University Press, London. 401 p.

ZERBINO, M. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis Magister en Ciencias Ambientales. Facultad de ciencias. Universidad de la Republica. Montevideo Uruguay. p. 7

ZERBINO, M. 2010. Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. Acta Zoológica Mexicana. p 2:189.

# ANEXOS

