

AGR
0662
Ej. 1

Hemeroteca

056203

**CARACTERIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO COMO
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE EXPLOTACION
GANADERA EN ZONA DEL PIEDEMONTE LLANERO**


**ZULMA MILENA VILLEGAS PARRA
COD 110001738**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
VILLAVICENCIO**

2012

**CARACTERIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO COMO
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE EXPLOTACION
GANADERA EN ZONAS DEL PIEDEMONTE LLANERO**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO



**DIRECTOR
JULIO CESAR MORENO TORRES
DOCENTE**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
VILLAVICENCIO
2012**

NOTA DE ACEPTACION

Maria C Leguizamo B.

MARIA CLAUDIA LEGUIZAMOBERMUDEZ

Ing Agronoma M.Sc., Ph. D. Ciencias Agropecuarias- Suelos y Aguas.

JURADO

JORGE ENRIQUE MUÑOZ AGUILERA

Agrólogo.Msc.

JURADO

VILLAVICENCIO, 04 DE JUNIO DE 2012.

“Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad De Los Llanos. Sin embargo, las ideas emitidas por el autor son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la universidad.”

DEDICATORIA

En memoria a mi padre.
ALCIDES VILLEGAS

A mi madre, por su amorosa compañía y complicidad en cada logro de mi vida.
LUZ DARY PARRA.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su especial agradecimiento a:

La universidad de los Llanos, en especial a cada uno de los maestros que cada semestre, contribuyeron a mi formación como profesional.

A las personas que acompañaron el desarrollo de esta propuesta; Equipo del laboratorio de suelos, laboratorio de microbiología y fitopatología vegetal y laboratorio de control biológico.

A la empresa Asecon S.C.A por su colaboración en el desarrollo de esta investigación en su unidad productiva.

Al equipo del PREU, por su constante apoyo y acompañamiento en el desarrollo de mis objetivos.

A mis amigos Adriana, Julisse, Jorge y Edgar; gracias por su incondicional amistad.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

| | |
|--|-----------|
| 1.OBJETIVOS | 17 |
| 1.1 General | 17 |
| 1.2 Especifico..... | 17 |
| 2. ESTADO DEL ARTE | 18 |
| 3. REVISION DE LITERATURA | 20 |
| 3.1 Marco Conceptual | 20 |
| 3.2 Perdida de la capacidad productiva del suelo en sistemas ganaderos | 21 |
| Causa del problema | 22 |
| 3.3 Propiedades Físicas del suelo | 23 |
| 3.4 Propiedades Biológicas del suelo | 24 |
| 3.6 Ganadería en sistemas silvopastoriles..... | 27 |
| Efecto de la ganadería sobre el suelo | 29 |
| 4. MATERIALES | 31 |
| 4.1 Caracterización del área de estudio..... | 31 |
| 4.2 Descripción de los tratamientos para el estudio | 32 |
| 4.3 Diseño estadístico..... | 35 |
| 5. MÉTODOS | 36 |
| 5.1 Evaluación de la macro fauna | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 Evaluación del componente microbiano..... | 37 |
| 5.3 Evaluación química y física | 38 |
| 6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN | 39 |
| 7. RESULTADOS..... | 41 |
| 7.1 Características químicas | 41 |
| 7.1.1 Materia Orgánica..... | 41 |
| 7.1.2 pH..... | 42 |
| 7.2 Condiciones Físicas | 46 |
| 7.2.1 Densidad Aparente..... | 46 |
| 7.2.2 Estabilidad Estructural..... | 47 |
| 7.3 Propiedades Biológicas | 49 |
| 7.3.1 Diversidad de la comunidad de macroorganismos en el suelo | 49 |
| 8. ANALISIS DE RELACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LOS SUELOS..... | 54 |
| 9. DISCUSION DE RESULTADOS | 59 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 61 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 64 |
| ANEXOS | 67 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Diseño descriptivo de los arreglos..... | 33 |
| Tabla 2. Características químicas del suelo en los cuatro sistemas de explotación silvopastoril..... | 45 |
| Tabla 3. Características físicas del suelo en los cuatro sistemas de explotación silvopastoril..... | 48 |
| Tabla 3. Índices de diversidad de las especies encontradas en los tratamientos evaluados, a 20 cm del suelo..... | 49 |
| Tabla 4. Número de especies encontradas en los tratamientos evaluados, a 20 cm del suelo..... | 50 |
| Tabla 5. Población de macroorganismos presentes en cada tratamiento de explotación silvopastoril..... | 52 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1. Impactos de la deforestación y la degradación de pasturas sobre el deterioro de la base de los recursos naturales. | 21 |
| Figuras 2 y 3. Paisaje de piedemonte llanero. Villegas 2011. | 22 |
| Figura 4. Relación de macro invertebrados con el perfil del suelo. Imagen tomada en perfil de suelo en sistemas SSP, hacienda Andorra. Villegas 2012. | 26 |
| Figura 5. Hacienda Andorra, Cubarral Meta. Implementación de sistemas silvopastoriles en piedemonte llanero. (Villegas 2011). | 28 |
| Figura 6. Arreglos multiestratificados silvopastoril. <i>Adaptado de Cajas-Girón. 2002.</i> .. | 34 |
| Figura 7. Ubicación geográfica de la Hacienda Andorra. Tomada de http://earth.google | 34 |
| Figuras 8, 9 y 10. Método, y equipo para la revisión manual de la macro fauna del suelo y su respectiva identificación. | 36 |
| Figura 11. Esquema del procedimiento para la obtención de dilución para extraer hongos y bacterias de un tipo suelo, con tres repeticiones. | 37 |
| Figura 12. Siembra de microorganismos en los diferentes medios. | 37 |
| Figura 13. Tratamientos de explotación silvopastoril, con incremento en la complejidad del sistema con el tratamiento comparativo solo pasto. Villegas 2011. ... | 40 |
| Figura 14. Relación de pH en los diferentes sistemas de explotación ganadera. | 42 |
| Figura 15. Relación de materia orgánica presente en cada uno de los tratamientos. | 43 |
| Figura 16. Relación de densidad aparente en los diferentes tratamientos | 46 |
| Figura 17. Relación de estabilidad de agregados en cada tratamiento. | 47 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 18. Población de macroorganismos presentes en cada tratamiento de explotación silvopastoril..... | 49 |
| Figura 19. Relación porcentual de diversidad de especies y géneros presentes en los sistemas de explotación pasto, pasto-arbusto, pasto-arbusto-arboles y pasto-arboles. | 50 |
| Figura 20. Unidades formadoras de colonias (<i>UFC</i>) de microorganismos en el suelo | 52 |
| Figura 21. Relación de porcentaje de humedad presente en cada tratamiento. | 54 |
| Figura 22. Porcentaje de macro y macro poros encontrados en cada tratamiento silvopastoril y pastoril. | 55 |
| Figura 23. Relación de materia orgánica y pH, encontrados en cada tratamiento silvopastoril y pastoril. | 56 |
| Figuras 24 y 25. Micro y macro organismos encontrados en los diferentes tratamientos..... | 57 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| ANEXO A. Metodología llevada en el laboratorio de física y química de suelos para cada uno de los procesos:..... | 66 |
| ANEXO B. Imágenes de procesos y procedimientos realizados durante la investigación..... | 73 |

CARACTERIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO COMO INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE EXPLOTACION GANADERA EN ZONAS DEL PIEDEMONTE LLANERO

RESUMEN

Un buen suelo es condición necesaria para una buena productividad agrícola y pecuaria. Se requiere que posea propiedades físicas, químicas y biológicas. El conjunto equilibrado de las tres genera las características más importantes del suelo como son su fertilidad, permeabilidad (Relacionada con los poros por donde circula el aire y el agua) y su estructura. Para el desarrollo vigoroso de las plantas forrajeras que alimentan el ganado se requiere de una buena disponibilidad de nutrientes para las plantas; Los suelos deben poseer buena capacidad de retención de agua y al mismo tiempo rápido drenaje, buena aireación y una estructura que permita el buen desarrollo de la raíz.

Un suelo con malas propiedades físicas es muy difícil y costoso mejorarlo, las malas propiedades químicas son menos complicadas de solucionar, agregando los nutrientes deficitarios como fertilizantes y abonos. Muchas veces suelos de excelentes condiciones físicas originales son deteriorados por el mal manejo del sistema ganadero, generando compactación y deterioro de las estructuras.

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que están constituidas por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia, que permiten un balance de entre poblaciones benéficas, disminuyendo el ataque de plagas a las plantas.

Palabras clave: Suelo, productividad agrícola, producción ganadera.

**CHARACTERIZATION OF SOME SOIL PROPERTIES AS
INDICATORS OF SUSTAINABILITY IN LIVESTOCK FARMING SYSTEMS IN PLAIN
PIEDMONT LLANERO**

ABSTRACT

Good soil is a prerequisite for a good crop and livestock productivity. This statement requires physical, chemical and biological properties. The balanced set of three generations the most important characteristics such as soil fertility, permeability (linked to the pore through which circulates the air and water) and its structure. For the vigorous development of forage crops that feed livestock requires a good availability of plant nutrients, soils must have good water holding capacity while rapid drainage, good aeration and a structure for good root development. A soil with poor physical properties is very difficult and expensive to improve, poor chemical properties are less complicated to solve, adding nutrients such as fertilizer and manure deficit. Often soils are excellent physical condition originally damaged by the mishandling of the farming system, causing compaction and deterioration of structures. The biological properties of soil are very important as they are constituted by the soil microfauna such as fungi, bacteria, nematodes, insects and earthworms, which improve soil conditions, accelerate the decomposition and mineralization of organic matter, that among them occur antagonism or synergy processes that allow a balance between beneficial populations, reducing pest attacks on plants.

Key words: Soil, agricultural productivity, livestock production.

INTRODUCCION

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, un conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos donde se desarrolla la vida en la superficie de la tierra, porque en él, se anclan, sostienen y alimentan las plantas que son la base de la agricultura y la ganadería. Por la complejidad de los procesos y transformaciones que allí se presentan, así como por la cantidad de seres vivos y las interrelaciones que estos tienen entre sí y con los elementos minerales, el agua y el aire se considera que el suelo es verdadero sistema ecológico. Todas las actividades agropecuarias de la humanidad están ligadas al suelo, los nutrientes disponibles en los suelos serían inaccesibles para nosotros si las plantas no los extrajeran para que sean transformados en productos alimenticios y materias primas (Murgueitio, E y Arango, H; 2011).

Las actividades ganaderas requieren el uso directo de recursos naturales como el sol, el agua, el suelo y la flora. De la forma como los use y los aproveche el ganadero, dependerá la intensidad, calidad y duración de esta actividad fundamental para la economía, la alimentación, el desarrollo regional y la cultura.

Con el propósito de establecer la sensibilidad de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y buscando indicadores de sostenibilidad para el sistema de producción ganadero, se emprendió este trabajo en un experimento silvopastoril realizado en la zona del piedemonte llanero.

Se planteó como hipótesis general que el contenido de materia orgánica (M.O), pH, la estabilidad estructural de los agregados del suelo, la densidad aparente (D.A), La diversidad y riqueza de organismos a evaluar en el suelo varían según la diversidad de especies vegetales establecidas y pueden ser utilizadas como indicadores de sostenibilidad en sistemas de silvopastoreo, relacionándolas en indicadores de uso y la función de cada una de ellas. Además se incluye una comparación entre modelos de sistemas silvopastoriles, que permita discernir cual de ellos es más eficiente en mejorar las condiciones de productividad en sistemas ganaderos actuales.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar propiedades químicas (M.O y pH), físicas (estabilidad estructural y densidades) y biológicas (macroorganismos y microorganismos) del suelo como indicadores de sostenibilidad en sistemas de explotación ganadera en zonas del Piedemonte Llanero.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar características físicas, químicas y biológicas en los diferentes sistemas de explotación silvopastoril.
- Comparar características físicas, químicas y biológicas de sistemas de explotación silvopastoril con sistemas de explotación pastoril.

2. ESTADO DEL ARTE

En las zonas tropicales y particularmente en América Latina se ha asociado la producción de ganado con la deforestación y degradación del suelo (Pagiola y Platais, 2004; Kaimowitz et al., 2004; Murgueito y Ibrahim, 2004) debido a la mayor cobertura de pastos en las zonas intervenidas. La región del piedemonte llanero corresponde al 2,5% en la distribución geográfica de la Orinoquia colombiana, aproximadamente 653.775 has. La aptitud de uso de las tierras del piedemonte es destinada en 0,7% a algunas actividades como agricultura comercial y ganadería intensiva y 1,7% en ganadería extensiva, reforestaciones o conservaciones de la vegetación natural. (Sogeocol; 2012).

La ganadería en la región del piedemonte llanero, ha tenido prácticas poco productivas que han provocado el deterioro del medio ambiente. Como una importante alternativa se promueve los sistemas silvopastoriles (SSP), que son una modalidad agroforestal en la que se combinan en el mismo espacio árboles, arbustos, plantas forrajeras como pastos, leguminosa y otras arvenses con animales domésticos entre los que se puede citar el ganado bovino, bufalino, ovino o caprino (FEDEGAN, 2011).

En este sistema silvopastoril el suelo es un componente fundamental para asegurar la productividad y la sostenibilidad a largo plazo. En ellos, los animales obtienen una proporción importante de los nutrientes que requieren de las pasturas que defolian, a la vez en el acto afectan directamente el suelo por el pisoteo que realizan (Pearson; and Ison 1987). Además puede haber efectos indirectos a través del suelo, como son la compactación, el retorno de nutrientes y la dispersión de semillas de arvenses por medio de las excretas animales.

Es así como la producción vegetal marca la base de la actividad económica ganadera, que se transforma en carne, grasa, lácteos, piel, estiércol y otros productos. Para que esta producción sea posible en el espacio y tiempo, se requiere la integración de otros recursos naturales en especial el sol, el agua, el suelo y la fauna.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 MARCO CONCEPTUAL

El suelo, a diferencia de otros recursos naturales es un sistema dinámico en el espacio y tiempo, que no posee estándares definidos para medir su calidad, debido principalmente a su variabilidad. Por tanto, es casi imposible establecer una simple medida física, química o biológica que pueda reflejar adecuadamente la calidad sin tomar en consideración otros factores que afectan la formación y funcionamiento del mismo (Bandick y Dick, 1999). Es decir, que la evaluación de la calidad del suelo, o su interpretación, deberían ser consideradas como un proceso a través del cual los recursos edáficos son evaluados sobre la base de sus funciones (aquello que el suelo realiza) y de los cambios en las funciones que surjan en respuesta a un estrés natural o introducido, o de una práctica de manejo (Sheppard *et al.*, 1992; Doran y Parkin 1994; Karlen *et al.*, 1997; Singer y Ewing, 2000).

Existen atributos edáficos que pueden ser utilizadas como indicadores del estado o la calidad de un suelo. Estos parámetros deben ser identificados y cuantificados en cada ambiente en particular para poder documentar los cambios que se suceden en el corto y largo plazo, como consecuencia de las prácticas de manejo que se aplican.

En ambientes tropicales o subtropicales, frágiles por naturaleza, la determinación y el seguimiento de estos indicadores es fundamental para comprender el funcionamiento del sistema suelo y así poder definir las estrategias más adecuadas para mantener la productividad del sitio en las sucesivas rotaciones.

3.2 PERDIDA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO EN SISTEMAS GANADEROS

Los sistemas de producción agropecuaria basados en la utilización intensiva de insumos, ha impactado el entorno ecológico, social, y cultural cuyas consecuencias son la degradación de los suelos, contaminación química del mismo, agua y alimentos y pérdida de la biodiversidad entre otros. Se estima que alrededor del 15% de la superficie del mundo sufre de degradación edáfica. Este problema se presenta en menor o mayor medida en un alto porcentaje de los sistemas de producción en las regiones tropicales. Se estima que mas de un tercio de los suelos de Latinoamérica están moderada a severamente degradados. La superficie ganadera con sobrepastoreo corresponde al 24% de la superficie nacional (Ine, 1999). El sobrepastoreo resulta en una degradación del suelo que a su vez da lugar a una reducción de la productividad del sistema en su conjunto.

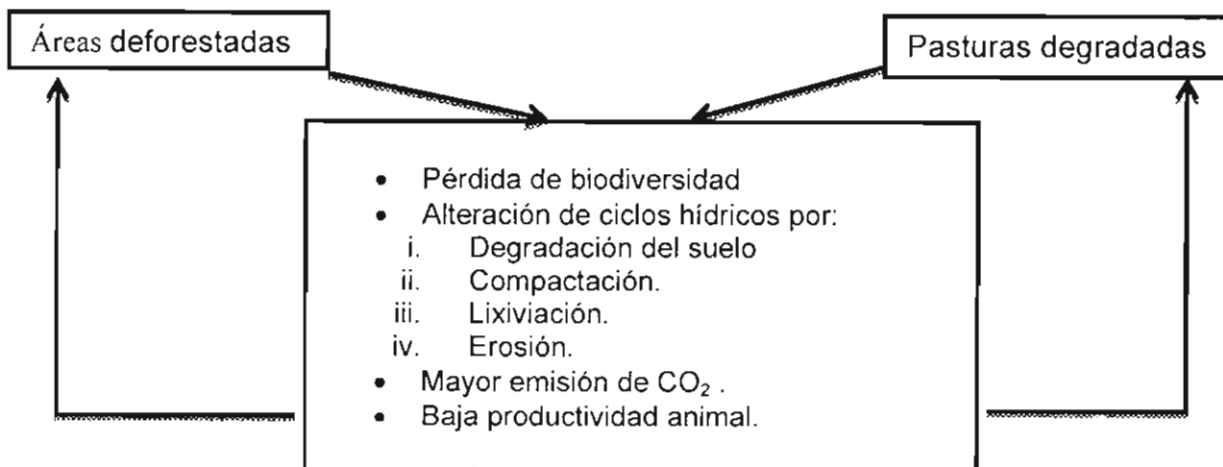


Figura 1. Impactos de la deforestación y la degradación de pasturas sobre el deterioro de la base de los recursos naturales.

CAUSAS DEL PROBLEMA

La degradación de los suelos ocurre por varios procesos físicos, químicos, y biológicos, inducidos directa o indirectamente por el hombre, e incluye: compactación, erosión, acidificación, salinización, lixiviación, escorrentía, reducción de la capacidad de intercambio catiónico, reducción de nutrientes y disminución de la biodiversidad. En Colombia y puntualmente la región del piedemonte llanero la causa de degradación de los suelos son hídrica y eólica además de los usos que a través del tiempo le han dado a esta zona en la explotación de sus recursos para el desarrollo de proyectos de carácter agropecuario que hacen que el resultado sea la reducción de la capacidad sostenible y sustentable del suelo.



Figuras 2 y 3. Paisaje de piedemonte llanero. Villegas 2011.

3.3 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

La distribución del espacio poroso define la capacidad de conducción y almacenamiento de agua y aire del suelo. La porosidad de un suelo se inicia con los procesos de contracción e hinchamiento que se acentúa posteriormente con las bioturbaciones de raíces y organismos del suelo, constituyendo un sistema transitorio del suelo. (Montenegro y Malagon, 1990). Al eliminar el bosque y establecer una pradera, el suelo se asienta porque se reduce el espacio poroso total, en especial la fracción de poros muy gruesos. La reducción del espacio poroso continúa en el tiempo pero con una tasa decreciente. En los sitios bajo pastoreo aumenta la fracción de poros de agua útil posiblemente por las raíces finas que generan agregación y bioporos. En la pradera pisoteada la porosidad gruesa se disminuye, mientras que la muy fina se incrementa, aquí también se desaparece la porosidad media (Ellies, 2004).

Amézquita y Pinzón (1991) han demostrado que la porosidad total, la capacidad de almacenamiento de agua y la macroporosidad disminuyen a medida que el suelo se cultiva, siendo las alteraciones mayores en la porosidad gruesa o secundaria. Esta fracción de poros se reduce con una tasa decreciente con el tiempo de uso. El CIPAV (1992) citado por Sadeghian et al. (2000) encontró mayor porosidad en suelos bajo guaduales 70.72% y cafetales tradicionales 66.58%, superando a los de ganaderías de ceba intensiva, lechería intensiva y extensiva (56.33, 57.59 y 59.33% respectivamente). A medida que fue mayor la porosidad se mejoró notoriamente la retención de humedad, la infiltración del agua en el suelo, la actividad de los microorganismos y se redujo la compactación.

La susceptibilidad a la disminución de la porosidad secundaria se puede inferir a partir de la capacidad de soporte de un suelo. Esto es, de su capacidad respecto la presión máxima que puede soportar sin que se deforme o consolide. Al ejercer presiones con máquinas o animales superiores a la capacidad de soporte, el suelo siempre se

compacta. El aumento en la resistencia a la penetración aumenta más con el tipo de manejo que con el tiempo de uso del suelo. (Ellies, 2004).

3.4 PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

La macrofauna del suelo comprende lombrices, termitas, ciempiés, milpiés y otros animales. La población de lombrices y su actividad es buen indicador de la salubridad del suelo y tiene efecto sobre la estructura, la fertilidad, el reciclaje de nutrientes y la penetración de raíces. Estos animales juegan un papel importante en la formación y evolución de la estructura del suelo y en el tamaño y distribución de poros. Los biocanales o macroporos creados por la actividad de la fauna del suelo influyen en la penetración de las raíces, la difusión gaseosa, el transporte de agua y las reacciones químicas, tanto en la superficie como dentro de los horizontes del suelo y el flujo de las aguas subterráneas.

La actividad de la fauna del suelo también tiene gran influencia en el reciclaje de nutrientes, descomposición de la materia orgánica y la biomasa y la transformación húmica. Interactuando con el clima, el uso y manejo del suelo; estas propiedades influyen en la magnitud y dirección en el lavado y flujo del agua a través de los macroporos. La desviación del flujo que ejercen los macroporos es un proceso importante que influye en la calidad del agua y en los demás procesos hidrológicos (Amézquita et al., 2004).

La acción modificadora del sustrato terrestre se atribuye, en términos generales pero principalmente en lo relacionado con la formación y desarrollo del suelo, tanto a la mesofauna como a la macrofauna del mismo. Recíprocamente esta acción de la fauna depende de las condiciones del ambiente edáfico. (Malagón et al., 1995)

La estructura de la comunidad y las poblaciones de organismos del suelo pueden cambiar en virtud de las modificaciones de las condiciones del ambiente a que son sometidos por alteraciones de las propiedades suelo, debido a cambios en los usos y a las diferentes prácticas agrícolas y de estos atributos del suelo influyen

recíprocamente en las propiedades físicas, químicas y nutricionales del suelo (Lai, 1994; Primavesi, 1984).

Los cambios que presentan la diversidad de macrofauna son potencialmente utilizables para diferenciar agroecosistemas o frecuencias y cambios de uso o tipos de vegetación en los agroecosistemas resultando más económico y rápido al evaluar y comparar con las propiedades físicas y químicas. Feijoo et al. (2000) al estudiar en diferentes uso agrícolas y diferentes coberturas vegetales la macrofauna edáfica. Encontró una mayor diversidad en los sistemas con mayor diversidad vegetal y complejidad estructural. Similares resultados los obtenidos por Decaëns et al. (2001) en suelos de los llanos orientales de Colombia comparando el bosque de galería, donde encontró mayor diversidad y riqueza de Miriápodos, Blatodea, Isopoda, con la sabana, también al comparar las sabanas naturales con pasturas mejoradas *Brachiaria decumbens* + *Pueraria phaseoloides* encontró mayores densidades de macroinvertebrados en estos últimos, probablemente debido al aumento de nitrógeno, mayor densidad de raíces y aumento del estiércol del ganado. En un banco de nacedero *Trichanthera gigantea* sola y asociada, comparada con un potrero con 12 años, compuesto por mezclas de pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*, Kikuyo *Pennisetum clandestinum*, braquiaria *Brachiaria decumbens*, yaraguá *Melinis minutiflora* se encontraron 8 morfo especies de mesofauna y 5 morfo especies en el potrero, así mismo la densidad, atribuible probablemente a la complejidad de la cobertura vegetal (Gómez, 1997 citado por Sadeghian, 2000).

De igual manera estas propiedades biológicas se ven afectadas por los efectos directos de fuerzas ejercidas sobre él por maquinaria y ganadería. En una zona de pendiente en los andes centrales en Colombia se evaluó el pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos, el cual ocasionó la compactación de los suelos y con ello se modificó notoriamente la relación suelo -aire- agua. La diversidad biológica en estos sistemas sufrió reducciones notorias. (Murgueitio 2004).

La diversidad de macrofauna fue menor en sistemas de ganadería intensiva de ceba, ganadería extensiva y ganadería intensiva de leche comparados con guaduales y cafetales. Estos resultados muestran como la heterogeneidad de cobertura vegetal y el sistema ganadero favorecen o perjudican las condiciones en que se desarrolla la biota del suelo en los agroecosistemas.

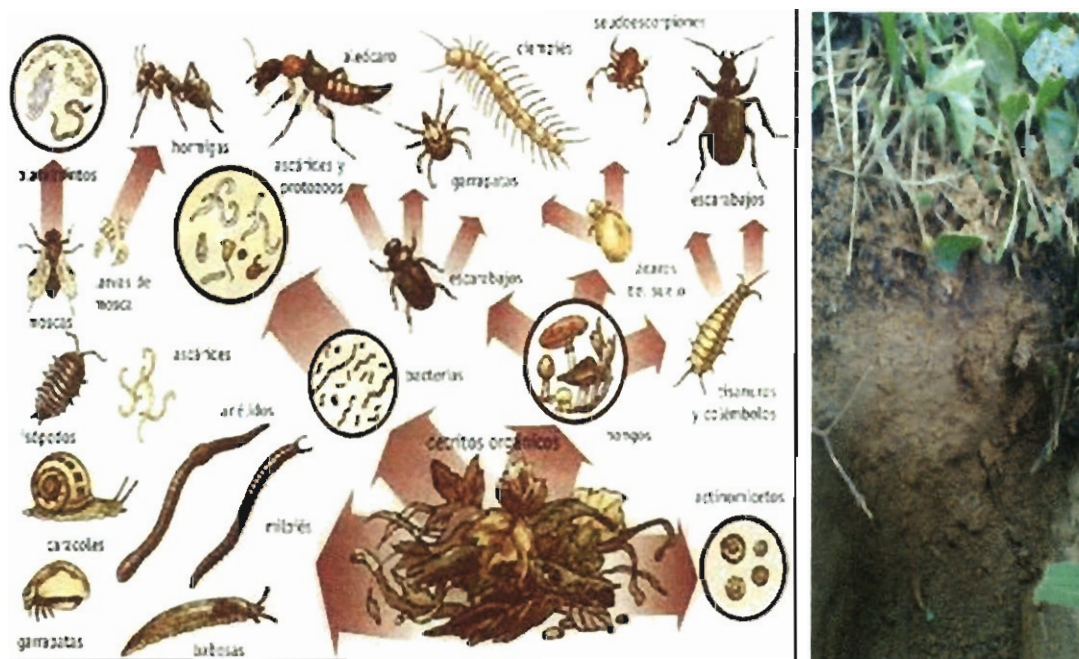


Figura 4 Relación de macroinvertebrados con el perfil del suelo. Imagen tomada en perfil de suelo en sistemas SSP, hacienda Andorra. Villegas 2012.

3.5 GANADERÍA Y SISTEMAS SILVOPASTORILES

La ganadería en Colombia ha sido el sector que ha aumentado sus fronteras de manera significativa en los últimos 15 años, desplazando áreas agrícolas y forestales en todas las regiones naturales del país. Según el IDEAM (1998) en 1995 las áreas utilizadas en agroecosistemas ocupaban el 24% del territorio y de ellas, la ganadería utilizaba 28 millones de hectáreas. En particular en la zona del piedemonte llanero y en la región oriental en general predomina un sistema ganadero extractivo, basado en la capacidad productiva del medio natural para generar biomasa, con mínima intervención humana sobre estos procesos. Este tipo de ganadería se caracteriza por la pobreza del suelo, praderas naturales que soportan cargas muy bajas y variables, con alta dependencia del régimen climático y de los recursos disponibles (Mahecha, 2002).

La ganadería en el trópico americano debe desarrollarse en condiciones de baja fertilidad de suelos con sistemas de pastoreo basados en variedades mejoradas que exigen para su establecimiento y producción, altos costos para su mantenimiento, por la abaja adaptación que presentan a las condiciones naturales.

Esto representa altos costos en insumos y manejo para evitar la degradación o la disminución en la producción (Cajas-Giron, 2002) El uso de recursos forrajeros arbustivos y arbóreos ha acompañado las prácticas ganaderas de las zonas tropicales por mucho tiempo. Las ventajas que ello representa, fundamentadas en la biodiversidad florística, pone de manifiesto ventajas nutricionales frente al recurso forrajero de las gramíneas

Sin embargo, se han hecho esfuerzos investigativos para eliminarlas y poco para conocer de su manejo y potencial, La permanencia en el tiempo, adaptabilidad a las condiciones climáticas, capacidad de actuar dentro de los ciclos de materiales y agua además de sus relaciones con el suelo. Sin embargo, se ha desarrollado un creciente interés científico, académico y económico en los sistemas que involucran especies arbóreas y arbustivas nativas en pastoreo o como bancos de proteína. Existen tecnologías para un manejo sostenible del suelo en áreas ganaderas (renovación, fertilización, rotación de potreros, sistemas silvopastoriles, entre otras). No se ha determinado en la región su impacto sobre el mejoramiento de éste, en términos de tiempo y evolución de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, su beneficio en la producción animal y en la sostenibilidad de los sistemas de producción. Esto ha retrasado su adopción por parte de los productores.



Figura 5. Hacienda Andorra, Cubarral Meta. Implementación de sistemas silvopastoriles en piedemonte llanero. (Villegas 2011).

EFFECTO DE LA GANADERIA SOBRE EL SUELO

La ganadería por utilizar sistemas permanentes de producción hace un uso agresivo del suelo, acumulando el efecto que genera el pisoteo de periódicos eventos de pastoreo. Ha sido insuficiente la investigación que a este respecto se ha generado en Colombia, sin embargo se tienen algunas evidencias del efecto que la ganadería causa en el suelo. Pinzón y Amézquita (1991) al medir los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo, la intensidad de estos cambios dependió de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla, *Homolepsis aturensis*, que pasturas de *B. decumbens* y más en áreas de lomerío (altura pequeña en el terreno) y de terrazas que en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, y ocasionó una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire, que afectaron el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad. Con relación a la estructura, se encontró pérdida de esta característica por pisoteo. Sánchez et al. (1989) en la zona andina de Colombia, evaluando diferentes presiones de pastoreo (0; 3.3; 6.6 y 8.3 animales/ha/año) utilizaron rotaciones de 3 potreros, para un tiempo total de 42 días (14 días/potrero), con animales de 2 años de edad, pardo suizo X cebú, cuyo peso inicial era de 180 kg. Reportan que sobre las características del suelo la densidad aparente, como indicador de la compactación, mostró valores más bajos a medida en que se disminuía el número de animales. El pisoteo redujo la porosidad total, teniendo mayores efectos sobre la macroporosidad. De igual manera en zona de ladera en áreas liberadas de café en los andes colombianos se concluyó que el pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos ocasionó la compactación de los suelos y con ello se modificó notoriamente la relación suelo -aire- agua. La diversidad biológica en estos sistemas sufrió reducciones notorias según Sadeghian et al. (2000). En el mismo

estudio se destaca que los sistemas intensivos de producción ganadera produjeron en 2 o 3 años los mismos efectos en los suelos, que las ganaderías extensivas, establecidas hace más de 15 o 20 años. El incremento en el número de animales ocasionó una mayor compactación del suelo y los demás efectos mencionados que se derivan de él. Ya se han desarrollado estudios comparativos de macrofauna edáfica asociada a diferentes sistemas agrícolas, en la comunidad de Santa Clara, Costa Rica en 1994; tratando de demostrar que la abundancia de macrofauna descomponedora puede ser indicador de la calidad del suelo encontrándose en el sistema de bosque una biodiversidad de estas comunidades y menos en sistemas de plantaciones de monocultivo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ejecución de la evaluación se llevara a cabo en áreas de la hacienda Andorra, Ubicada en la vereda San Miguel a una distancia aproximada de 5km de la cabecera municipal de San Luis de Cubarral, dista de la capital del Meta en 55km a través de una carretera en buenas condiciones tanto para tráfico vehicular liviano como para tráfico pesado.

Con una altitud: 550 msnm; Coordenadas geográficas: 3°48'50,56" de latitud norte, 73°48'32,346" de latitud oeste. La hacienda y en general la zona del piedemonte llanero presenta un régimen de lluvias definido, con precipitaciones muy homogéneas que oscilan entre los 2400 y 2800mm, la temperatura ambiental media anual oscila entre los 25 y 26 grados C°, con variaciones de 4 grados entre el más cálido y el más frío.

De acuerdo a estudio de suelos realizado por CORMACARENA, presentado en el Estudio General de Suelos por su capacidad de uso, la descripción de los suelos en donde se encuentra ubicada la hacienda Andorra se clasifica como suelos Clase IV Sh-2: tierras planas con pendientes menores del 3%, limitados por baja fertilidad, con drenaje restringido y susceptible moderada a las inundaciones: aptitud agroforestal. Suelos con poca capacidad de infiltración, susceptibles a inundaciones en épocas de alta precipitación. Disponibilidad de agua superficial: sobre la hacienda cruza de extremo a extremo el Caño Muleria y el rio Humadeita.

Presenta características típicas del bosque superhmedo premontano, con un déficit nulo y un superávit hídrico elevado en épocas invernales, con amplitudes grandes de la temperatura y con comportamientos mensualmente homogéneos.

4.2 DESCRIPCION DE LOS ARREGLOS PARA EL ESTUDIO.

El muestreo se llevara a cabo en tres diseños diferentes de explotación silvopastoril, comparados con un sistema de explotación pastoril como testigo. (fig1).

SISTEMA DE EXPLOTACION PASTORIL(P)

Estrato herbáceo, con pasto especie dominante *Brachiaria decumbens*.

I SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(Pa)

Estrato herbáceo, con pasto especie dominante *Brachiaria decumbens* + árboles forrajeros en crecimiento bajo, en distancia de siembra de 2m X 2m para Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)+ Matarraton (*Gliricidia sepium*).

II SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(PaA)

Estrato herbáceo, con pasto especie dominante *Brachiaria decumbens* + árboles forrajeros de crecimiento bajo, en distancia de siembra de 2 m X 2 m para Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) + árboles maderables de crecimiento alto en distancia de siembra de 4mX 6m para Yopo (*Anadenanthera peregrina*) +Acacia (*Acacia mangium*).

III SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(PA)

Estrato herbáceo, con pasto especie dominante *Brachiaria decumbens* +árboles maderables de crecimiento alto en distancia de siembra de 3mX 3m para yopo *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (. + Acacia (*Acacia mangium*))

El resumen del diseño descriptivo de los arreglos se describe a continuación:

| TIPO DE EXPLOTACION | DISTANCIA DE SIEMBRA Y ARREGLO ESPACIAL | FOTOGRAFIA |
|--|---|--|
| <p>SISTEMA DE EXPLOTACION PASTORIL(P)</p> | <p>Estrato herbáceo, especie dominante <i>Brachiaria decumbens</i>.</p> |  |
| <p>I SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(P) a)</p> | <p>Estrato herbáceo, con pasto especie dominante <i>Brachiaria decumbens</i> + árboles forrajeros en crecimiento bajo, en distancia de siembra de 2m X 2m para Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)+ Matarraton (<i>Gliricidia sepium</i>).</p> |  |
| <p>II SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(P) aA)</p> | <p>Estrato herbáceo, con pasto especie dominante <i>Brachiaria decumbens</i> + árboles forrajeros de crecimiento bajo, en distancia de siembra de 2 m X 2 m para Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) + árboles maderables de crecimiento alto en distancia de siembra de 4mX 6m para Yopo (<i>Anadenanthera peregrina</i>) +Acacia (<i>Acacia mangium</i>).</p> |  |
| <p>III SISTEMA DE EXPLOTACION SILVOPASTORIL(P) A)</p> | <p>Estrato herbáceo, con pasto especie dominante <i>Brachiaria decumbens</i> +árboles maderables de crecimiento alto e stancia de siembra de 3mX 3m para yopo <i>Anadenanthera</i>+ Acacia (<i>Acacia mágnum</i>).</p> |  |

Tabla No 1. Diseño descriptivo de los arreglos.



Figura 6. Arreglos multiestratificados silvopastoriles. *Adaptado de Cajas-Girón, 2002.*



Figura 7. Ubicación geográfica de la Hacienda Andorra. Tomada de <http://earth.google>.

4.3 DISEÑO ESTADISTICO

Debido a que el objeto del estudio se trata de caracterizar física, química y biológicamente diferentes usos del suelo, los análisis estadísticos se ajustaron en hacer descripciones y comparaciones de cada tratamiento de explotación silvopastoril para determinar indicadores de sostenibilidad de los sistemas.

Para verificar las hipótesis planteadas, se hizo un muestreo, completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento. Como tratamiento se considero el historial de manejo de cada una de las muestras de suelo: T1 (P=Sistema de explotación pasto), T2 (Pa= sistema de explotación silvopastoril pasto-arbustos), T3 (PaA= sistemas de explotación silvopastoril pasto-arbustos-árboles), T4 (PA=sistemas de explotación silvopastoril pasto-árboles).

Inicialmente se hace la separación y análisis gráfico de cada una de las variables del estudio para observar las tendencias en cada tratamiento. Luego se procede a establecer las relaciones de las variables, para determinar la dependencia de cada una de ellas con el sistema silvopastoril establecido y compararlo con el sistema pasto.

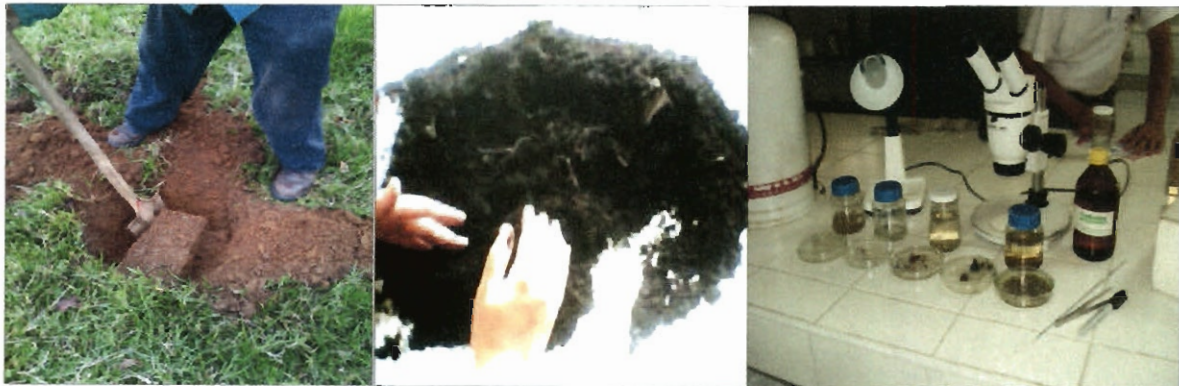
Hay que resaltar que en cada uno de los tratamientos se realizaron labores de pastoreo con periodos de rotación cada 42 días, en franjas de 1300 m², con una carga animal de 25 animales, aproximadamente 260 kg cada uno en un área de 2,7ha.

Unidad experimental: Muestras de suelo en cada historial de manejo. Se utilizó para el análisis de los datos Excel versión 2010.

5. MÉTODOS

5.1 EVALUACIÓN DE LA MACRO FAUNA

Para realizar el muestreo de la fauna del suelo, se determino extraer tres monolitos aleatoriamente en cada uno de los diseños, de las siguientes dimensiones: 20 x 20 x 15 cm. Para la separación de macroinvertebrados se examinaron pequeños volúmenes de suelo, hasta extraer todos los organismos observables. Estos se colectan para su conteo e identificación, agrupándolos taxonómicamente en grupo. Todas las colectas se guardaron en solución de Alcohol al 70%. Este conteo se lleva a una estimación de la población en número de individuos/m². Se realiza la respectiva recolección y se procede a su identificación.



Figuras 8, 9 y 10. Método, y equipo para la revisión manual de la macrofauna del suelo y su respectiva identificación.

5.2 EVALUACIÓN DEL COMPONENTE MICROBIANO:

Se utilizó los medios de czapeck adicionado con polymyxin β Selective supplement (inhibidor de hongos) para aislar bacterias, Patata Dextrosa Agar (PDA) para aislar hongos y Almidón amoniacal (Agar Almidón) para aislar actinomicetos. Se realizaron diluciones seriadas. La dilución dependió del tipo de microorganismos que se deseaba aislar. Para bacterias y actinomicetos se empleó las diluciones 10^{-4} y, para hongos 10^{-3} .

Con cada dilución se tuvo tres repeticiones para cada uno de los suelos (Figura 4).

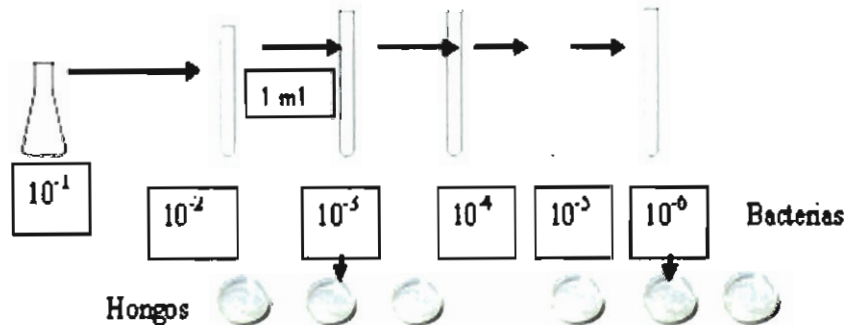


Figura 11. Esquema del procedimiento para la obtención de dilución para extraer hongos y bacterias de un tipo de suelo, con tres repeticiones.

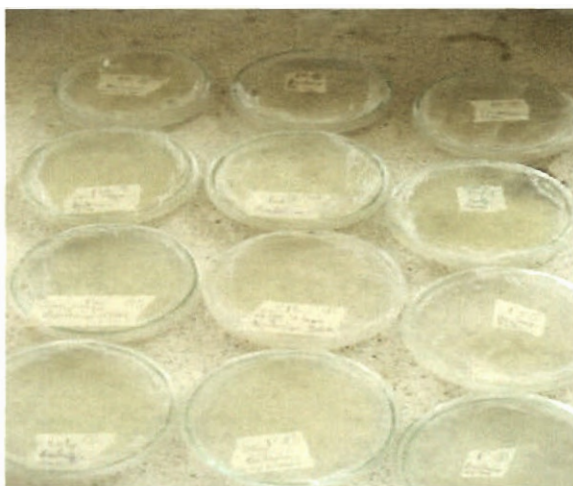


Figura 12. Siembra de microorganismos en los diferentes medios.

Luego se procedió al conteo, a través del número de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo seco. Se tuvo en cuenta que un conteo válido debe estar entre 30-300 UFC por caja (Osorio, 2005). Una vez identificada las UFC se realizó la caracterización de algunos hongos y bacterias elegidos.

5.3 EVALUACION QUÍMICA Y FISICA DEL SUELO

La densidad aparente se determinó con una muestra para cada tratamiento, por el método de la parafina, descrita en IGAC (1990).

Se determinó la estabilidad de agregados con la metodología de Yoder, 1936 modificada por González, 1969 descrita por Montenegro y Malagon (1990). En tamices de 19,5 de diámetro con mallas de 6.3, 4.0, 2.0, 1.0 y 0.75 mm, sobre los cuales se depositaron 110 g de suelo seco al aire correspondiente a los 20 cm superiores del perfil, previamente tratados con 2 ml de agua de acueducto y 2ml de Hexametáfosfato de sodio a 5% para calcular el DPM diámetro ponderado medio como indicador de la variable.

Se tomaron tres muestras de cada área, a una profundidad de 25 cm, para determinar M.O. mediante el método de Walkley Black descrita por IGAC (1990), de igual manera se determinó el pH por el método del Potenciómetro.- Relación: 1:1, Agua - suelo; (IGAC, 1990) estos análisis fueron desarrollados en el laboratorio de Suelos de la universidad de los Llanos, Villavicencio- Meta.

En el anexo 1 se relacionan los procedimientos que el laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos tiene establecido para determinar algunas de las propiedades físicas y químicas.

6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Los datos bioedáficos fueron sometidos a análisis cualitativos aplicados a las variables de respuesta: Diversidad y riqueza de la comunidad biótica. Para comparar la diversidad de especies se utilizó el índice de Margalef, con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada

$$D_{mg} = (S-1)/\ln N$$

(Margalef, 1957 citado por Brower et al, 1998)

n = Abundancia (numero de individuos por cada especie).

N= Numero total de individuos por comunidad

S = Número de especies.

Se realizó inicialmente el análisis gráfico de cada una de las variables en estudio para observar sus tendencias. Se hizo la medición de los índices para determinar una estimación aproximada de los individuos presentes en función de las diferentes actividades que realizan en el suelo.

7. RESULTADOS

En la figura 13 se observa una panorámica de los diferentes tratamientos y el incremento en la complejidad de la vegetación en cada sistema. P=pasto; Pa= pasto arbustos; PaA= Pasto arbustos árboles; PA= Pasto árboles.



Figura 13. Tratamientos de explotación silvopastoril, con incremento en la complejidad del sistema con el tratamiento comparativo solo pasto. Villegas 2011.

7.1 Características químicas de los suelos en el terreno de ensayo en los sistemas de explotación silvopastoril.

7.1.1.PH:

La reacción de los suelos en los diferentes tratamientos va de ácida a moderadamente ácida, va desde 4,4 hasta 4,8 sin que se tengan diferencias significativas entre tratamientos.

Se observa el mayor promedio en 4,8, en el tratamiento de explotación silvopastoril PaA, debido posiblemente a los procesos de reducción que se generan al tener el suelo con un microclima con temperatura baja en relación a la temperatura externa que generan los arboles y arbustos haciendo que los microorganismos realicen procesos de mineralización de la materia orgánica presente.

La poca diferencia entre los tratamientos se debe probablemente, a los procesos de descomposición de las aplicaciones de cal dolomita que se hicieron al momento de establecer la plantación.

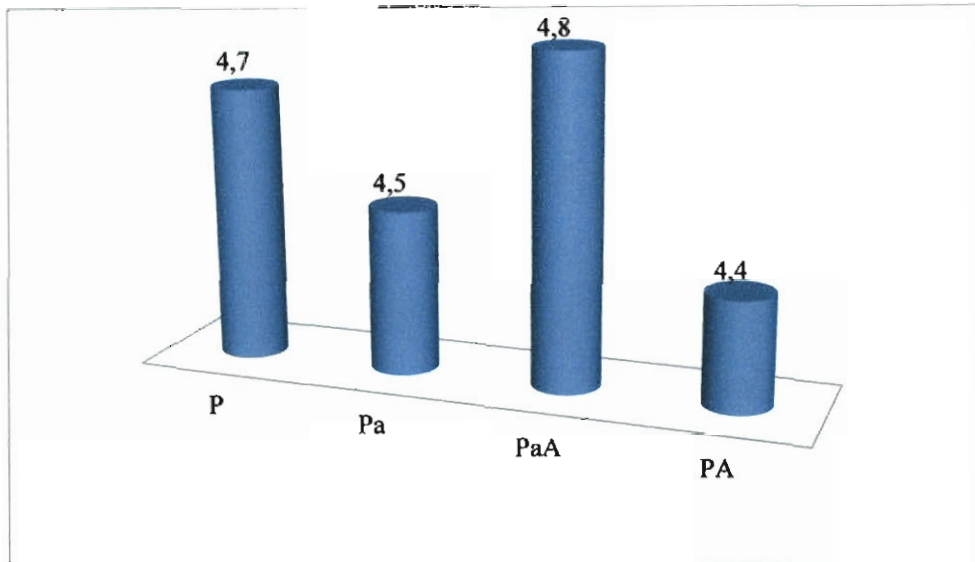


Figura 14: Relación de pH en los diferentes sistemas de explotación ganadera.

7.1.2. Materia Orgánica:

El contenido de materia orgánica para los tratamientos varío de 2 a 3,1%, La combinación PaA presenta el menor contenido (2%), difiriendo notablemente de P, Pa y PA quienes no presentan diferencias marcadas entre ellos.

La diferencia en la variación de contenido de materia orgánica en los tratamientos se explica ya que los cambios más intensos se presentan principalmente en la superficie del suelo, donde tiene lugar la mayor actividad biológica.

De manera general, los efectos de arboles y arbustos sobre el suelo se manifestaron en el mantenimiento de los niveles de materia orgánica, mediante el aporte de hojarasca y exudados de raíces mejorando la fertilidad de mismo.

El balance entre los procesos de aporte de materia orgánica al suelo y mineralización está determinado, en gran parte, por la interacción de la temperatura y humedad. Así, pequeñas diferencias pueden ser explicadas por variaciones en la actividad que realizan los micro y el macro organismos en la incorporación y desintegración de la materia orgánica.

Si bien es cierto, el contenido de materia orgánica es medio, no necesariamente refleja alta productividad debido a las características físicas limitantes en estos suelos.

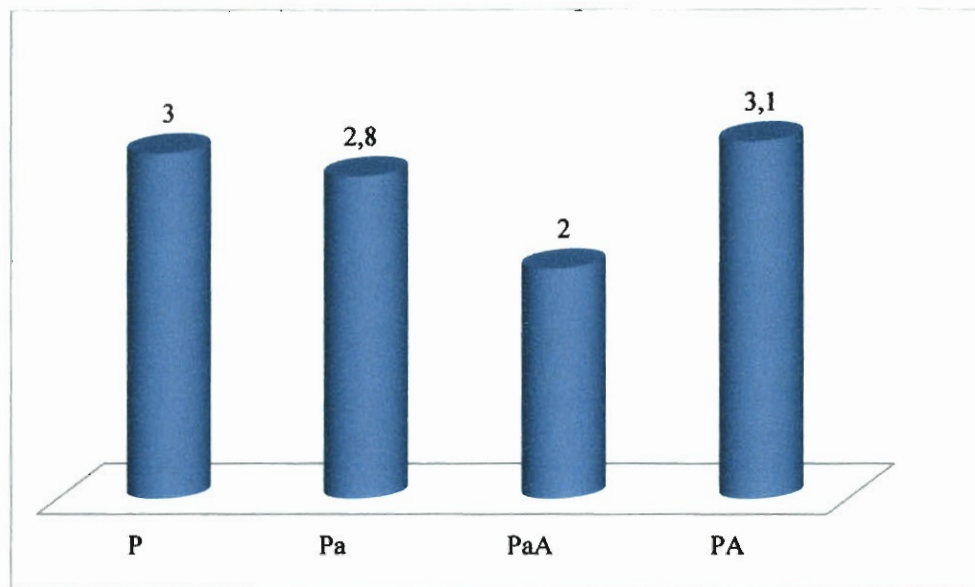


Figura 15. Relación de materia orgánica presente en cada uno de los tratamientos.

7.1.3. Condiciones químicas:

En la tabla XXX se observan las características químicas promedio de los tratamientos empleados en el experimento. Son suelos de altas lixiviaciones, con bajo contenidos de nutrimentos, con pH que varían de 4,4 a 4,8 sin diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos de PaA y PA tienen altos contenidos de P, con un margen de diferencia marcado, posiblemente por la asociación de hongos fijadores de nitrógeno con raíces de plantas arbustivas.

El calcio, magnesio y potasio es bajo para todos los tratamientos, debido a la acidez que presenta el suelo, lo que disminuye la CIC aumentando la posibilidad de que estos elementos sean lavados a través del perfil.

Con respecto a los elementos menores Fe, Zn, Mn hay diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, los contenidos de Fe y Mn son muy altos especialmente en los tratamientos PaA y PA, esto se puede explicar debido a la tendencia de estos suelos al encharcamiento y a la presencia de limos y arcillas en horizontes más profundos.

Los elementos requeridos por el sistema silvopastoril, pueden mantenerse mediante el reciclaje de nutrientes que hacen los árboles y arbustos al explorar capas profundas del perfil, además de tomar elementos liberados permanentemente por los organismos. Así mismo, influye en la recuperación de suelos de difícil manejo, atrapando y reciclando elementos que de otra manera podrían perderse por lavado (Young, 1997).

| SISTEMA DE EXPLOTACION | RESULTADOS ANALISIS QUIMICOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------------------------|------|--------|------|--------|----------------|--------|-------|------|------|-------|
| | Text. Tacto | Text. Boyucos | M.O. % | P. ppm | pH 1:1 | CATIONES meq/100g suelos | | | | | CATIONES (ppm) | | | | | |
| | | | | | | Al | Ca | Mg | K | Na | Cu | Fe | Mn | Zn | B | S |
| P | FA | FArA | 3 | 3.9 | 4,7 | 2,8 | 0,2 | Trazas | 0,11 | 0,02 | 0,45 | 163,75 | 18,12 | 0,6 | 0,33 | 12,6 |
| Pa | FAr | FA | 2,8 | 2.3 | 4,5 | 2,6 | 0,25 | Trazas | 0,09 | 0,01 | 0,35 | 160 | 5,62 | 0,45 | 0,02 | 10,06 |
| PaA | AF | FA | 2 | 9.8 | 4,8 | 1,05 | 1,05 | Trazas | 0,08 | 0,06 | 0,5 | 247,5 | 13,12 | 0,7 | 0,04 | 13,25 |
| PA | FA | FA | 3,1 | 4.7 | 4,4 | 2,65 | 1,1 | Trazas | 0,1 | Trazas | 0,35 | 225 | 20,62 | 0,65 | 0,11 | 4,22 |

| | | | | | |
|---|--|--|---------------|-----|-----|
| M.O. Walkley black S: Fosfato monobásico de calcio Cationes: AcNH ₄ , 1N pH 7.0 Elementos Menores: DTPA. Al: KCl1N | B: en frio HCL 0.05 M P: Bray II pH 1:1 (Suelo : Agua) | JULIO CESAR MORENO TORRES Director Laboratorio de Suelos | FECHA ENTREGA | | |
| | | | DIA | MES | AÑO |
| | | | | | |

Tabla 2. Características químicas del suelo en los cuatro sistemas de explotación silvopastoril.

7.2. Condiciones físicas de los suelos empleados en el ensayo de sistemas de explotación silvopastoril.

7.2.1 Densidad Aparente

La densidad aparente varió desde 1,07 gr/cc a 1,37 gr/cc sin presentar diferencias marcadas entre los tratamientos. El de pasto solo, tuvo el mayor dato, debido posiblemente, a la ausencia del efecto que ejerce las raíces gruesas de arbustos y árboles. Así mismo, el tratamiento de pasto con arbustos y árboles presentó la menor densidad aparente, ya que las raíces de arbustos y árboles pueden romper capas endurecidas, haciendo que incrementen la porosidad.

Los animales también tienen un efecto modificador en las propiedades físicas del suelo. En lotes con sobrepastoreo intensivo el efecto compactador en el suelo aumenta la densidad aparente. La carga animal influye en la compactación mostrando valores de densidad menores a medida que se disminuía el número de animales (Sánchez *et al.*, 1989).

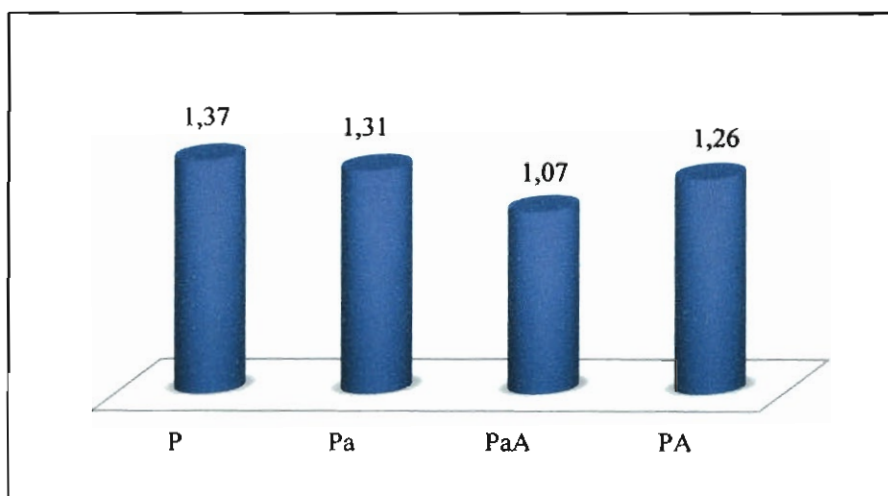


Figura 16. Relación de densidad aparente en los diferentes tratamientos.

7.2.2. Estabilidad Estructural

Las proporciones de agregados mayores a 3 mm superan el 75% de los tratamientos. El tratamiento pasto arbustos árboles presenta la mayor proporción de dichos agregados. La comparación del DPM entre los tratamientos muestra que el sistema pasto arbustos arboles tiene un índice mayor (4,14) y el tratamiento de solo pastos arboles marco un índice de DPM (2,42) siendo este ultimo un suelo moderadamente estable, indicando que hay fragilidad en la pérdida de su componente estructural debido en gran parte a la alta acumulación de material orgánico que presenta. Ya que la presencia de árboles y arbustos disminuye el impacto de las gotas de lluvia.

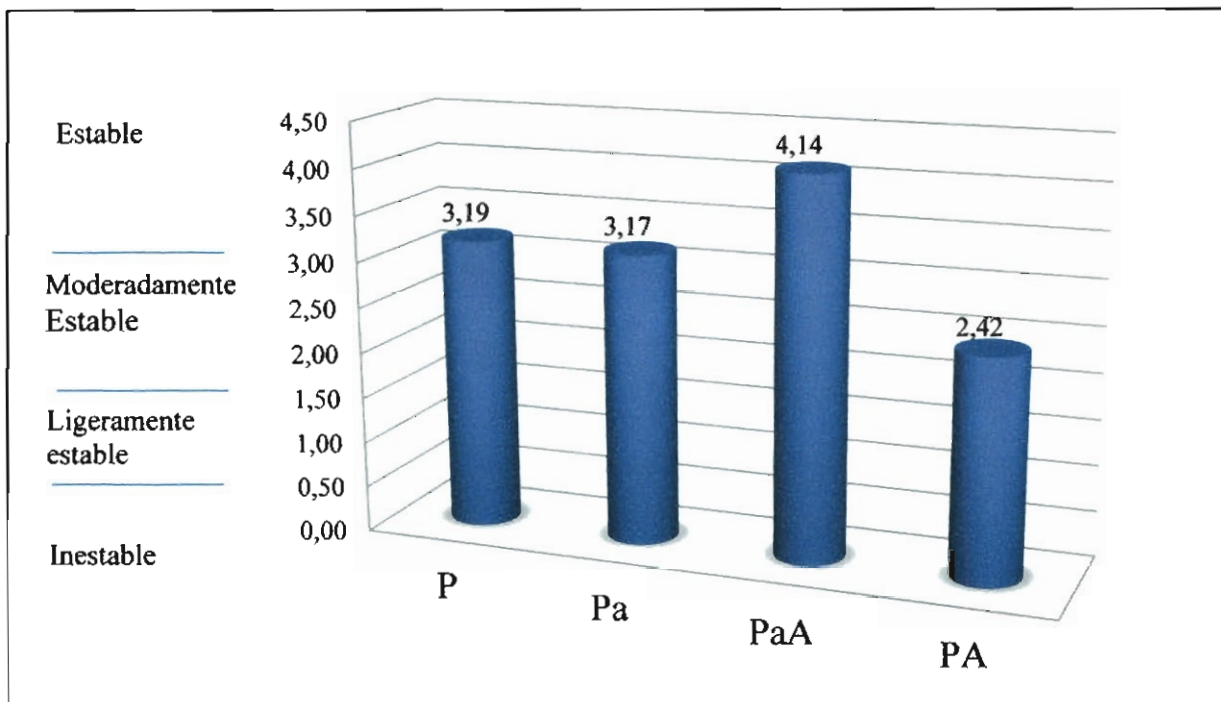


Figura 17. Relación de estabilidad de agregados en cada tratamiento según la escala IGAC.

| RESULTADOS ANALISIS FISICOS | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|----------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
| SISTEMA DE EXPLOTACION | Text. Boyucos | PORCENTAJE DE HUMEDAD % | | DENSIDAD REAL | DENSIDAD APARENTE | POROSIDAD TOTAL | ESTABILIDAD ESTRUCTURAL |
| | | 0-10 cm | 10-20 cm | g/cc | | % | DPM |
| P | FArA | 19,1 | 35,3 | 2,69 | 1,37 | 53,2 | 2,42 |
| Pa | FA | 30,4 | 5,9 | 2,44 | 1,31 | 46,3 | 4,14 |
| PaA | FA | 16,6 | 58,4 | 2,45 | 1,07 | 44,08 | 3,17 |
| PA | FA | 0,2 | 61,8 | 2,38 | 1,26 | 55,04 | 3,19 |

| | | | | | | |
|------------------------------------|---|--|--|---------------|-----|-----|
| Textura: Hexametáfosfato de sódio. | <p align="center">JULIO CESAR MORENO TORRES Director Laboratorio de Suelos</p> | | | FECHA ENTREGA | | |
| | | | | DIA | MES | AÑO |
| | | | | | | |

Tabla 3 Características físicas del suelo en los cuatro sistemas de explotación silvopastoril

7.3 Características biológicas de los suelos en el terreno de ensayo en los sistemas de explotación silvopastoril.

Los macro invertebrados juegan un papel importante en la regulación de los procesos físicos y químicos del suelo. Grupos clave como lombrices de tierra, termitas y hormigas, incrementan la descomposición de material orgánico, aumentando la presencia de algunos microorganismos que ayudan en la mineralización de los elementos presentes y determinando la dinámica de los elementos a través de su efecto sobre la inmovilización y la humificación, además construyen nidos, galerías o cámaras que ayudan a mejorar procesos físicos modificando su estructura y su funcionamiento (Ramírez, 1997).

7.3.1 Diversidad de la comunidad de macroorganismos en el suelo

Aunque esta variable no presenta diferencias marcadas, las tendencias expusieron que la diversidad de especies tiene inclinación aproximada a 1.0 en los tratamientos de PaA y PA, indicador que muestra una baja diversidad. Ya que para el índice de Margalef valores menores a 2 corresponden a zonas de baja biodiversidad. Sin embargo, este valor se justifica, ya que solo se tomaron las clasificaciones a nivel de orden y no a niveles más específicos donde se podría apreciar con mayor claridad alguna diversidad.

| | Pasto | Pasto-arbusto | Pasto-arbusto-Arboles | Pasto-Arboles |
|-------------------------------------|-------|---------------|-----------------------|---------------|
| Número de Ordenes (n) | 4 | 4 | 6 | 6 |
| Número de individuos (N) | 427 | 316 | 323 | 172 |
| Diversidad de especies (D_{mg}) | 0,49 | 0,52 | 0,86 | 0,97 |

Tabla 4. Índices de diversidad de las especies encontradas en los tratamientos evaluados, a 20 cm del suelo.

| | Isóptera | Himenóptera | Coleóptera | Dermáptera | Homóptera | Anellide | Total Especies por Tratamiento |
|------------|----------|-------------|------------|------------|-----------|----------|--------------------------------|
| P | 36 | 207 | 183 | 0 | 0 | 1 | 427 |
| Pa | 60 | 148 | 103 | 0 | 0 | 5 | 316 |
| PaA | 182 | 100 | 26 | 1 | 1 | 13 | 323 |
| PA | 54 | 64 | 14 | 1 | 1 | 38 | 172 |

Tabla 5 Número de especies encontradas en los tratamientos evaluados, a 20 cm del suelo.

En cuanto a la riqueza de especies, los órdenes: Isóptera, Himenóptera y Coleóptera se vieron más favorecidas para su desarrollo, en todas las condiciones edáficas y de diversidad vegetal existente en cada tratamiento.

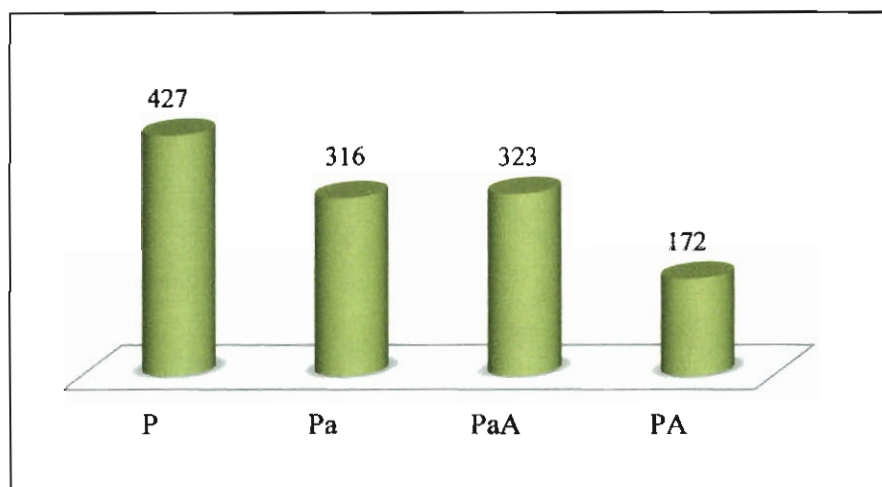


Figura 18. Población de macroorganismos presentes en cada tratamiento de explotación silvopastoril.

En la figura 18, se muestra el porcentaje de macroorganismos encontrados en cada tratamiento, allí se deduce que la diversidad de especies vegetales presentes influye en la colonización y presencia de macroorganismos, quienes ven en la diversidad florística un refugio con condiciones apropiadas para incrementar su población y comportarse como reguladores del sistema.

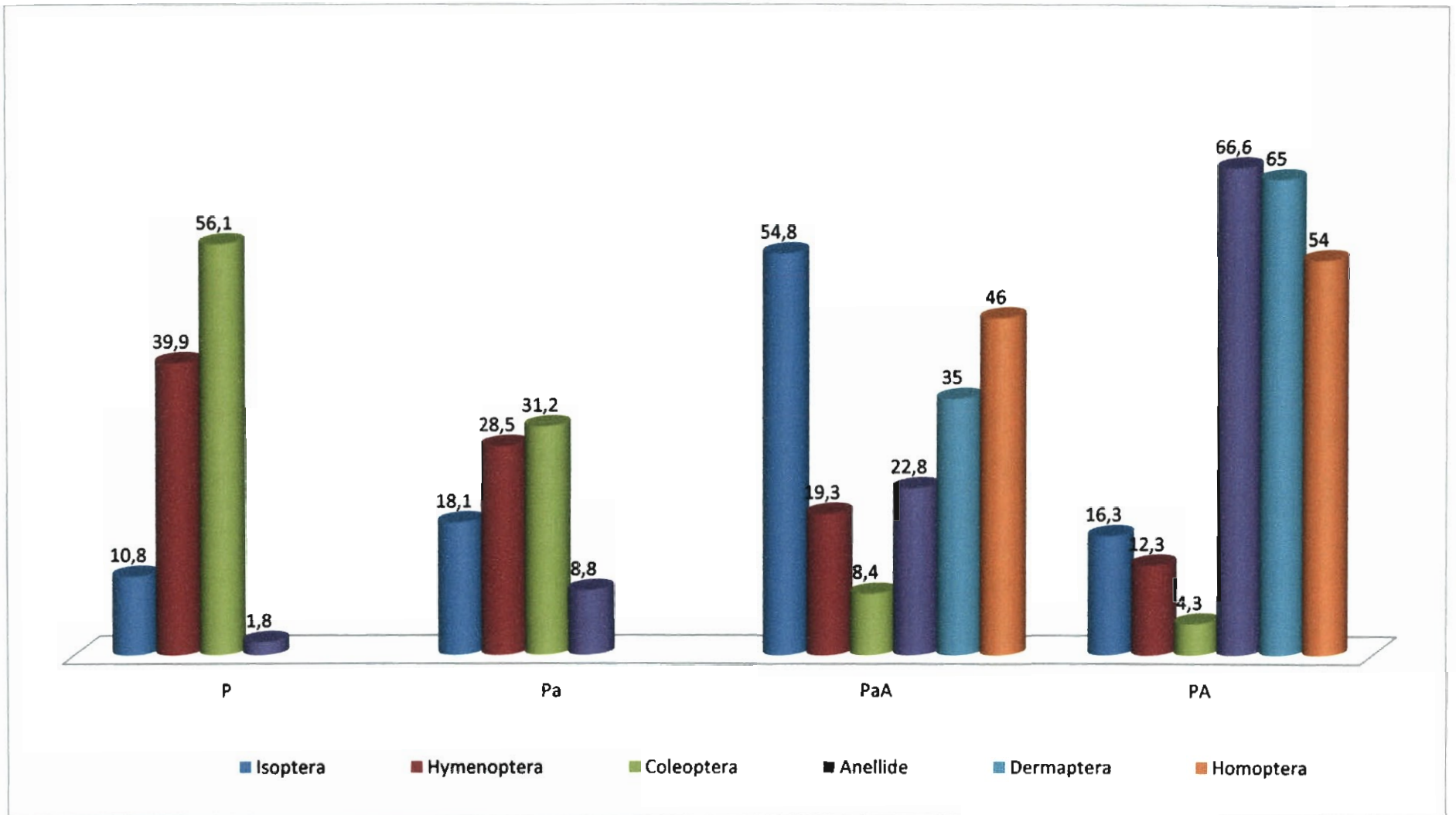


Figura 19. Relación porcentual de diversidad de especies y géneros presentes en los sistemas de explotación pasto, pasto-arbusto, pasto-arbusto-arboles y pasto-arboles.

Diversidad de la comunidad de microorganismos en el suelo

Para la diversidad de microorganismos, se tomo el conteo poblacional de los organismos en los sustratos anteriormente descritos, esto se lleva a *UFC/gr* de suelo. Se determino hacer identificación de algunos organismos según la importancia de algunos de ellos en funciones específicas en el suelo.

| SISTEMA DE EXPLOTACION | POBLACION MICRO | | |
|------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| | Bacterias (x10E3) | Hongos (x10E3) | Actinomicetes (x10E3) |
| P | 21,06 | 0,09 | 58,83 |
| Pa | 67,2 | 0,05 | 4,45 |
| PaA | 33,95 | 0,44 | 5,82 |
| PA | 62,3 | 0,32 | 3,25 |

Tabla 6. Población de macroorganismos presentes en cada tratamiento de explotación silvopastoril

En el suelo encontramos gran cantidad de población de microorganismos, caracterizándose en su mayoría la población de bacterias, ya que ellas son los organismos más prolíferos en el suelo por su fácil adaptación y reproducción en suelos ácidos, además son muy importantes para transformar químicamente diferentes compuestos a formas asimilables por las plantas.

Dentro de los microorganismos identificados encontramos bacterias en el tratamiento pasto que predominaron las del género *Clostridium* sp, quienes se caracterizan por liberar CO₂, ésteres alifáticos y ácidos orgánicos, en los tratamientos Silvopastoriles predominaron las del género Bacilos y pseudomonas,

quienes son las encargadas de transformar y fijar los compuestos de nitrógeno; ácidos aminados, NH_3 , nitrificación de nitritos y nitratos. También dentro de este grupo se encuentran los actinomicetos.

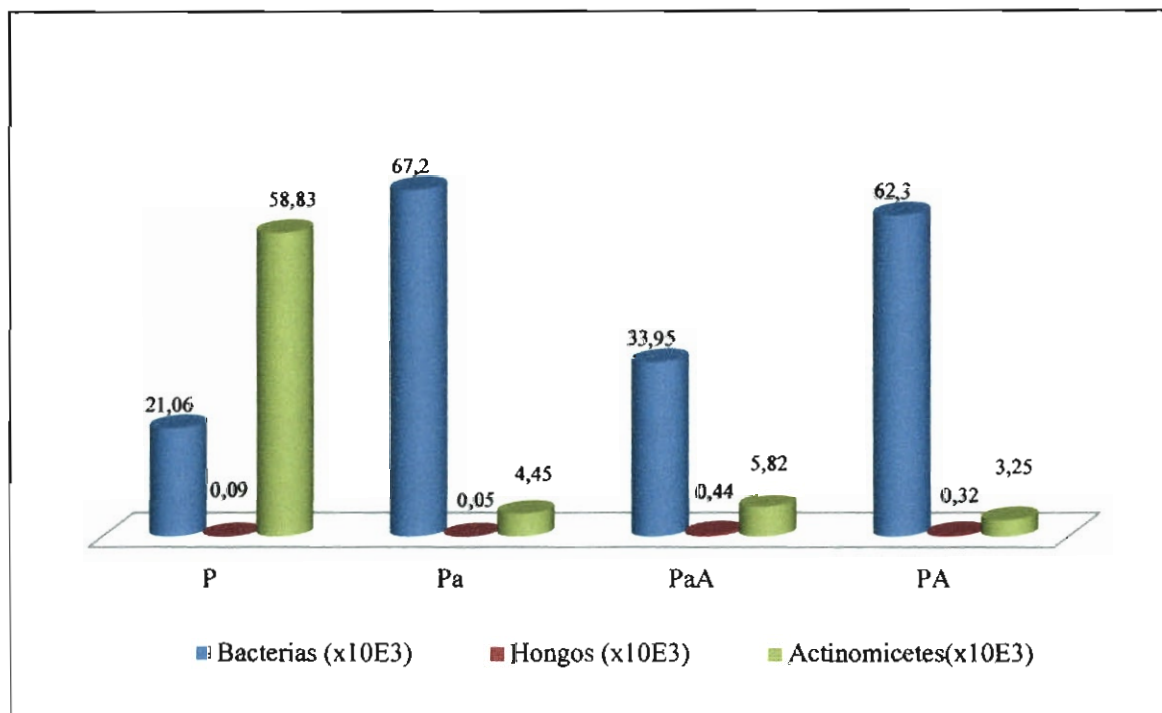


Figura 20. Unidades formadoras de colonias (UFC) de microorganismos en el suelo.

ANÁLISIS DE RELACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LOS SUELOS

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente; las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, porosidad, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad. (Ecosistemas, 2004.)

Del análisis de relación de las variables principales evaluadas, mostraron tendencias similares, sin diferir considerablemente una de la otra, debido quizás al poco tiempo en el que llevan establecidos los sistemas silvopastoriles. Se observa que los valores de estabilidad estructural y pH, tienen estrecha relación con el contenido de materia orgánica y con la diversidad de material vegetal presente en cada tratamiento.

En tratamientos de sistemas silvopastoriles PaA, hay aprovechamiento de la estratificación de las especies vegetales, lo cual posiblemente genera un microclima que favorece la adaptación de macro y microorganismos haciendo el tratamiento más dinámico en el reciclaje de elementos y de materiales orgánicos generados por el sistema ganadero.

Además de tomar medidas de estabilidad estructural y densidad aparente, se hicieron medidas de densidad real y porcentaje de humedad, valores que ayudan

a concluir la porosidad de cada sistema, ya que el piedemonte llanero presenta zonas de rápido encharcamiento y poca facilidad en el drenaje de las aguas.

En las figuras 24 y 25, se relacionan las propiedades físicas que se tomaron en cuenta en la investigación, además del porcentaje de humedad y de formación de macro y micro poros en el suelo.

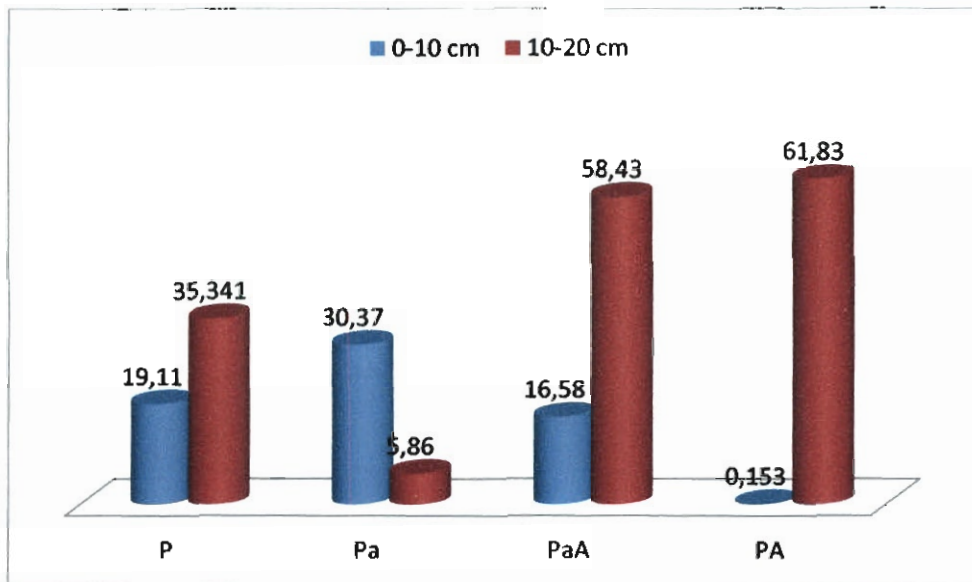


Figura 21. Relación de porcentaje de humedad presente en cada tratamiento.

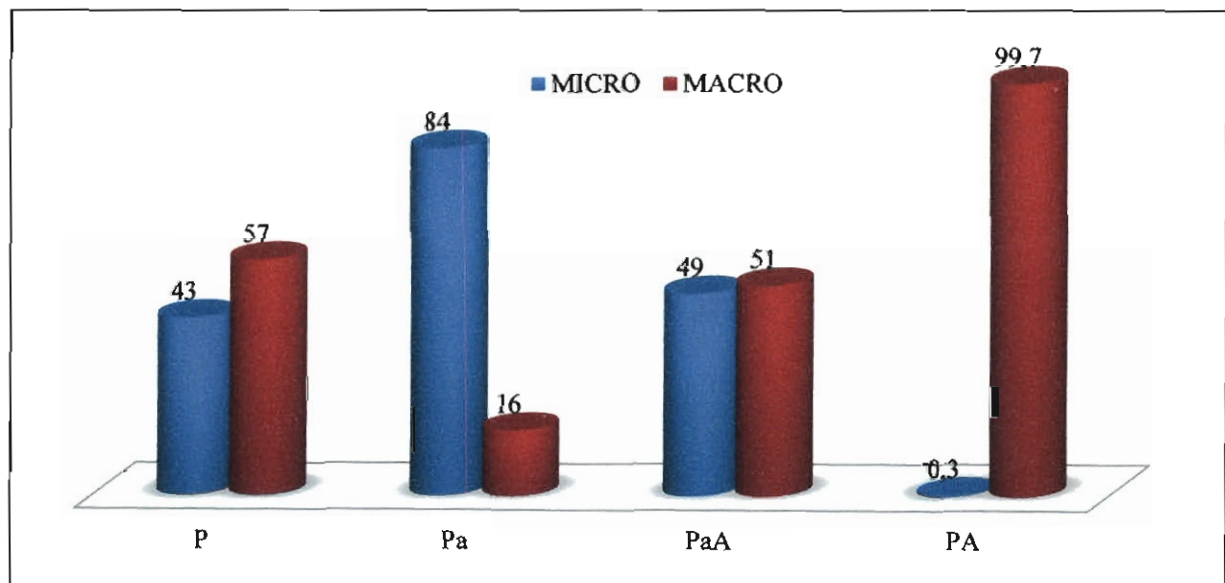


Figura 22. Porcentaje de macro y macro poros encontrados en cada tratamiento silvopastoril y pastoril.

El contenido de materia orgánica presente se debe a la incorporación de hojas y ramas que se desprenden de los árboles y de los arbustos en el proceso de regeneración de material, con el uso de podas y de la soca que queda después del ramoneo de los animales. El efecto positivo que tiene esta variable es en el mejoramiento de la estructura del suelo compactado, por la mejor circulación del aire y una rápida infiltración del agua de lluvia, acción realizada por los poros del suelo.

La materia orgánica ayuda al crecimiento de las raíces, al incremento de la fertilidad y a las actividades biológicas de los organismos; incide sobre la diversidad y riqueza de especies ya que de ella se deriva los diferentes procesos de descomposición y transformación de elementos. También influye en la regulación del pH, beneficios que al final, aseguran calidad y cantidad de biomasa disponible para la alimentación ganadera.

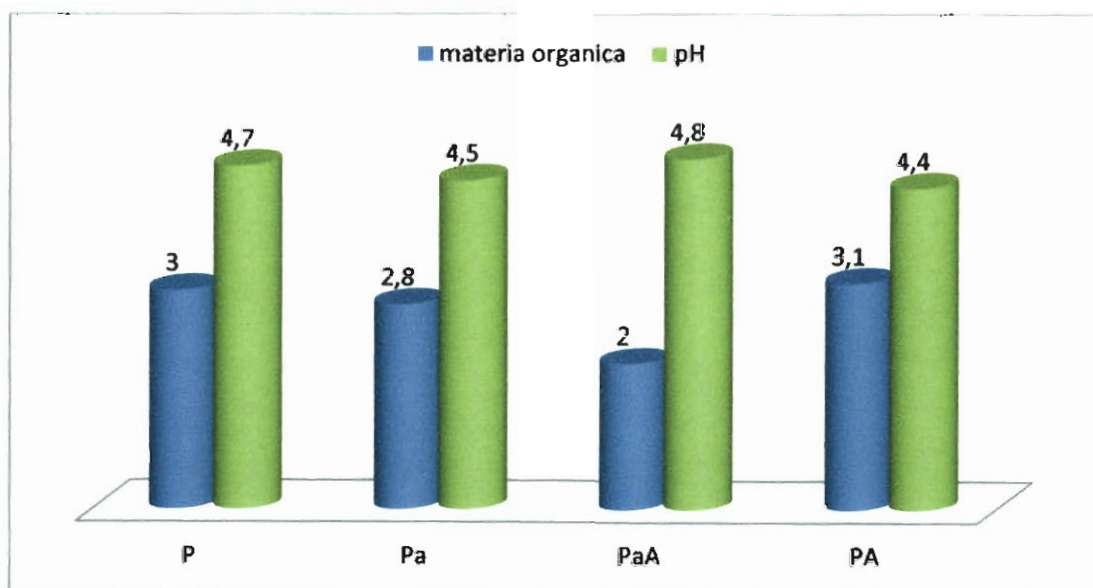


Figura 23. Relación de materia orgánica y pH, encontrados en cada tratamiento silvopastoril y pastoril.

Los resultados ponen en manifiesto, que el cambio de uso de la tierra genera variación en las poblaciones edáficas como respuesta a modificaciones en la capa vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas y químicas del suelo. En la población encontrada, se caracterizan órdenes como: Isóptera, Himenóptera Coleóptera y Anélida los cuales permite inferir que las características edáficas y de microclima son óptimas para la recolonización por la macrofauna (Figura 28 y 29).

La capa de material vegetal, además de ser la materia orgánica se comporta como la cobertura del suelo, la cual en diversos grados de descomposición ofrece alimento, protección del hábitat, evita la desecación y erosión, y suple una cantidad significativa de carbono para la biota del suelo. Procesos que se ven favorecidos con la diversidad de plantas, lo que convierte a los SSP en sistemas integrales de múltiples especies (Castro, 1995).

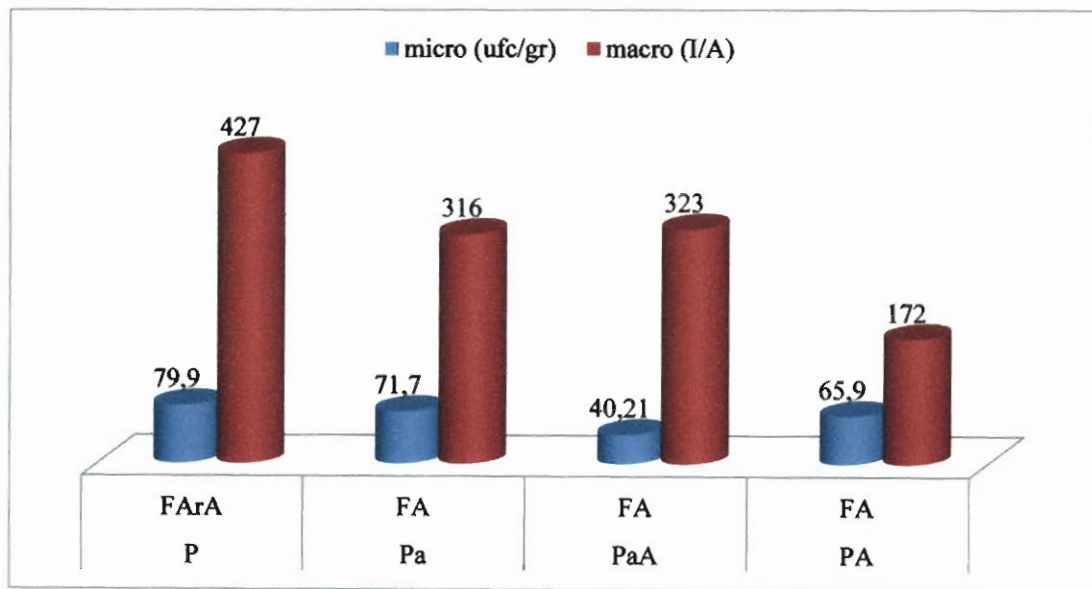


Figura 24. Relación de organismos encontrados Vs textura de suelo en cada tratamiento.

Esta relación implica la importancia de la textura del suelo en el desarrollo y adaptación de las especies, En suelos con contenido de arcillas y por su carácter ácido se adaptan muy bien las bacterias y Actinomicetes, además favorece el almacenamiento de alimento para los organismos (M.O). Algunas especies de macroorganismos se adaptan mejor en suelos con contenidos de arcilla ya que altas temperaturas en el exterior aumentan la temperatura interna del suelo lo cual hace que migren a horizontes más profundos y no se encuentren sobre la superficie del suelo.

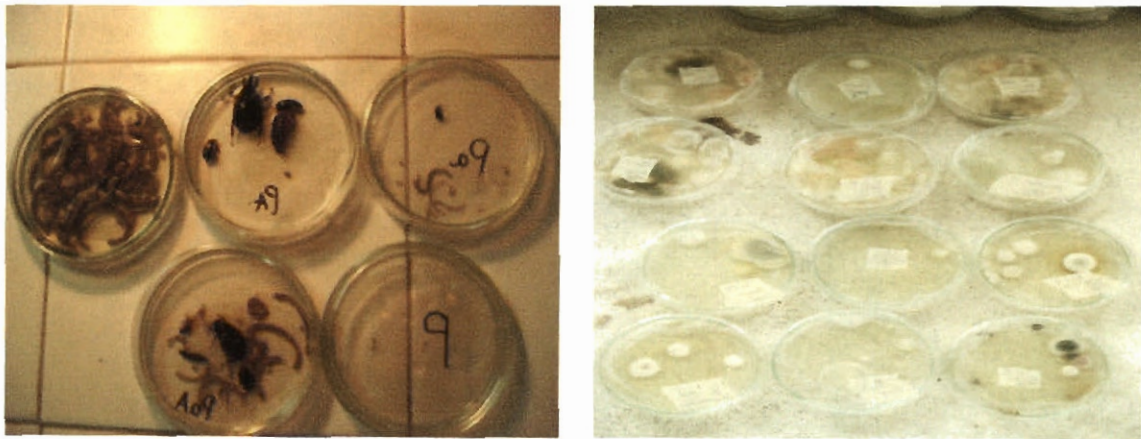


Figura 25. Micro y macro organismos encontrados en los diferentes tratamientos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los suelos de este ensayo se caracterizan por ser ácidos, arenosos, con altos contenidos de Fe y Al, CIC baja y con dificultades para ser mecanizados por tratarse de depósitos fluviales que presentan gran cantidad de piedras.

El establecimiento de sistemas silvopastoriles en estos suelos ha mantenido el pastoreo constante, dada la mayor oferta de forraje durante todo el año. Esto ha incrementado la carga, factor importante en la sostenibilidad y sustentabilidad del sistema ganadero, toda vez que estos suelos arenosos se ven limitados en la retención de humedad a lo largo del año lo que limita mantener contenidos de agua disponibles para las plantas.

La particular disposición del componente arbustivo y arbóreo dentro del potrero, lleva al establecimiento de corredores de pastoreo. Concentrando la actividad de pisoteo en sitios específicos, lo que probablemente diferencie áreas de suelo con influencia del animal y áreas de influencia del árbol.

El tipo de muestreo que se hizo en esta investigación concentro el estado de las variables en la zona más distante de los árboles y arbustos por considerarla la más susceptible. Los resultados plantean la necesidad de hacer este estudio en áreas de influencia del árbol y arbusto.

Respecto al componente biótico encontrado, el índice escogido da una muestra del estado en que se desarrolla la población en el suelo. Cuando las condiciones bioedáficas brindan la posibilidad de adaptación, ellos rápidamente migran y colonizan, respondiendo a los cambios de hábitat, sin embargo su distribución puede ser discontinua en el perfil del suelo, influenciada por el microclima y el estado del liter.

Diferentes autores sostienen que las condiciones limitantes del suelo para la producción, pueden provenir de su naturaleza o de una situación de degradación inducida ó natural, situaciones que inducen a la pérdida de diferentes propiedades del suelo y los efectos que esto genera.

Sin embargo, para mejorar esta condición las prácticas de manejo, como el establecimiento de sistemas silvopastoriles, dirigidas a imitar las condiciones originales del ecosistema, pueden ser capaces de revertir procesos degradativos, desencadenado dinámicas naturales; con árboles se han mostrado considerables beneficios al mejoramiento de las condiciones del suelo en sistemas productivos del trópico.

Los resultados de esta investigación muestran que cuatro años es una etapa corta para evidenciar cambios físicos en las propiedades, especialmente en los sitios donde se hizo el muestreo. El análisis realizado, mostró que las condiciones físicas y químicas inherentes al suelo (humedad, densidad aparente, estabilidad de agregados, materia orgánica) dominaron la explicación de los resultados.

Con respecto a las propiedades biológicas, aunque no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, se logro evidenciar la presencia de organismos con alta capacidad de adaptación a diferentes condiciones de uso del suelo.

CONCLUSIONES

- En los sistemas silvopastoriles establecidos en suelos de piedemonte llanero, evaluados durante el mes de agosto del 2011 a abril de 2012 no se encontraron diferencias marcadas frente a sistemas pastoriles, en sus contenidos de materia orgánica, pH, densidad aparente, estabilidad estructural, como tampoco en índice de diversidad de la fauna del suelo.
- Las características físicas encontradas, corresponden a las propiedades descritas al inicio, según Cormacarena: Suelos con textura franco arenosa dominante en todos los sistemas, posiblemente con un porcentaje de limo y arcillas que ayudan a mantener temporalmente los elementos pero que sin un manejo adecuado del suelo, pueden perderse.
- Se debe llevar una rotación previa al ajuste de carga en cada lote, necesario para la recuperación de arbustos y pastos presentes en cada sistema. Si esto no se tuviera en cuenta, desencadenaría una pérdida considerable de oferta de material vegetal y problemas como compactación de suelos y degradación de pasturas.
- La diversidad de macro y micro organismos no fue bastante considerable debido al nivel de determinación (orden), utilizado para cuantificar poblaciones; muestra un componente poblacional dinámico, de acuerdo a la complejidad de estratos del sistema; se deduce que hay marcado ciertos ordenes que predominan en los sistemas como los isóptera, hymenóptera y coleóptera, debido a su rápida adaptación y comportamiento dentro del perfil, ayudados además de microorganismos como bacterias y actinomicetos que hacen disponibles los nutrientes generados por la descomposición de materia orgánica.

- La estabilidad estructural se ve favorecida en sistemas con mayor diversidad vegetal, probablemente por el aporte de materia orgánica y presencia de microorganismos (hongos), que permiten que el suelo no pierda de forma tan fácil dicha estabilidad por la acción de factores externos.
- El contenido de humedad del perfil, en su primer horizonte favorece el desarrollo de las plantas para su crecimiento. En los sistemas silvopastoriles, hace que las plantas tengan brotes rápidamente después del ramoneo y que el pasto se mantenga disponible constantemente para la alimentación de los animales. En el sistema PA, la presencia de raíces profundas de los árboles hace que el agua se filtre y el pasto tenga limitaciones para su desarrollo.
- Los elementos químicos que resultan de la interacción de los macro y micro organismos con las especies vegetales, se ven reflejados en la cantidad de elementos disponibles para el óptimo desarrollo de las especies vegetales presentes. Altos contenidos de algunos de ellos, como el fósforo (P), indican la sostenibilidad del sistema evitando hacer enmiendas artificiales con este nutriente.
- La presencia de hongos benéficos como *Trichoderma* sp, en sistemas silvopastoriles, reflejan la influencia de estos hongos en el crecimiento y adaptación de las especies vegetales, además ayuda a limitar establecimiento y crecimiento de patógenos de plantas como *Fusarium* sp, y *Penicillium* sp.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMÉZQUITA, E. y PINZÓN, A. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*. Vol. 13, No. 2. 21. 26 p.
- AMÉZQUITA, E.; FRIEZEN, D. Y SANZ J. Sustainability indicators: Edaphoclimatic parameters and diagnosis of the cultural profile en: GUIMARÃES, E.; SANZ, J.; RAO, I.; AMÉZQUITA, M.; AMÉZQUITA, E. Y THOMAS, R. 2004. *Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America* CIAT 347 p. Cali Colombia.
- BANDINCK, A.K. y R.P. DICK. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry* 31(11): 1471-1479.
- BAUTISTA, A; ETCHEVERS, J; DEL CASTILLO, R; GUTIERREZ, C. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13(2):90-97. Mayo 2004.
- BUGARIN, J; BOJORQUEZ, J; LEMUS, C; MURRAY, R; HERNANDEZ, A; ONTIVEROS, H. Comportamiento de algunas propiedades fisicoquímicas del suelo con diferentes sistemas silvopastoril en la llanura del norte de Nayarit. *Cultivos tropicales*, Vol. 31, núm. 2, 2010. Pág. 48-55. Instituto nacional de ciencias agrícolas (INCA) La Habana, Cuba.
- CAJAS-GIRÓN Yazmin S. 2002 mpacts of tree diversity on the productivity of silvopastoral systems in seasonally dry areas of Colombia. PhD thesis, University of Wales, Bangor. UK. 214 pp.
- DAVILA, M; MORA, A; MARQUEZ, O; LUGO, L; PEÑA, C. Evaluación de dos sistemas silvopastoriles mediante indicadores de calidad de suelo. *El Vigía, estado Mérida; agricultura Andina*, Vol. 17, Julio 2009. Pág. 19-32. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.

- DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G; SCHNEIDMADL, J.; SANZ, J.; HOYOS, P. Y THOMAS, R. 2001. Impact of land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. En: Nature's Plow: Soilmacroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia. CIAT. Colombia.. 19 - 39 p.
- ELLIES, Sch. A. 2004. Evaluación de propiedades físicas de los suelos. en:Taller Nacional sobre Indicadores de Calidad del Suelo CIAT TBSF Ministerio de Agricultura Palmira. Colombia.
- FEIJOO, Alexander; BRONSON, Kneapp Y QUINTERO, Heimar. 2000. Los macroinvertebrados del suelo como indicadores de calidad y salud agrosistémica. Memorias del IX congreso Colombiano de la ciencia del suelo. Paipa. 216-221 p.
- LAL, Rattan. Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico. SMSS. 1994. 96 P.
- LINARES, J; Evaluación de algunas propiedades del suelo como indicadores de sostenibilidad para pastoreo rotacional en silvopastoreo en un endocuept del valle medio del río Sinú Colombia. 91 pág. Tesis Msc. Convenio universidad Nacional de Colombia- universidad de Córdoba. Montería, Junio 2006.
- MALAGON, D.; PULIDO, C.; LLINAS R.; CHAMORRO, C. Y FERNANDEZ J.1995 Suelos de Colombia. IGAC. Subdirección de agrología. 632 p. Santafé de Bogotá, D.C.
- MONTENEGRO, H. Y MALAGÓN, D., 1990. Propiedades Físicas de los Suelos. IGAC. Subdirección Agrícola.813 p.
- MURGUEITIO, E. Y IBRAHIM, M. 2004. Ganadería y Medio Ambiente en América Latina en: Seminario Latinoamericano de Agroforesteria. Armenia Quindío Colombia.

- PINZON, A. y AMÉZQUITA, E. 1991 Compactación por ganadería intensiva en algunos suelos del Caquetá (Colombia) Suelos Ecuatoriales. Vol. 21 No 1 104- 111 p.
- RAMIREZ, A; CASANOVA, F; CASTILLO, J; SOLORIO, J; Recuperación de suelos degradados mediante sistemas silvopastoriles en el trópico en II Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensos. Universidad Autónoma de Yucatán México.
- ROLDAN, F; VALLEJO, V; DICK, R; Sistemas silvopastoriles vs. Monocultivos tradicionales en una región tropical de Colombia: Efectos sobre la calidad del suelo y estructura de las comunidades microbianas edáficas.VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible; Panamá, 28 - 30 Septiembre de 2010.
- SADEGHIAN, S.; RIVERA, J. M. Y GOMEZ, M. E. 2000 Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. Conferencia electrónica de la FAO.
- SÁNCHEZ, P.; CASTILLA, C. Y ALEGRE J. 1989. Grazing pressure effects on the pasture Degradation Process. Documento No. 42511 CIAT. 182 - 187 P.
- SHEPPARD, S. C.; C. GAUDET; M. I. SHEPPARD; P. M. CURETON, y M. P. WONG. 1992. The development of assessment and remediation guidelines for contaminated soils, a review of the science. Can. J. Soil Sci. 72:359-394.
- MAHECHA, L; Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Internet:(www.udea.edu.co/
- <<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/89/88>>
- (http://www.sogeocol.edu.co/documentos/la_orinoquia_col.pdf

ANEXOS

ANEXO A:

Metodología llevada en el laboratorio de física y química de suelos para cada uno de los procesos:

| • DETERMINACIÓN DE pH DEL SUELO (acidez actual) | |
|--|---|
| Método: | Potenciómetro.- Relación: Agua - suelo, relación 1:1 |
| Principio: | Conocer la cantidad de acidez actual del suelo (la concentración de H^+) y/o basicidad (OH^-) presentes en suelos en una relación 1:1. |
| Materiales: | <ul style="list-style-type: none"> • Vasobeaker de 50 ml, • Varillas de vidrio de 10 cms. • Agua destilada, y • Patrones de referencia pH 4.0 y pH 7.0 (buffer analítico) |
| Proceso: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Volumen de suelo, 20 g de suelo seco 2. Agregarlo a un beaker de 50 ml. 3. Volumen de agua destilada, 20 ml. 4. Agitar vigorosamente con varilla de vidrio durante 1 minuto y dejar en reposo durante 30 minutos. 5. Preparar el equipo, calibrándolo a pH 4.0 y 7.0 con buffer analítico. 6. Registrar lecturas de pH. |
| Bibliografía | <ul style="list-style-type: none"> • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1990, Bogotá D.C. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, V Edición. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2006, Bogotá D.C. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, VI Edición • Jackson, M.V. 1960 |

| • DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y/O MATERIA ORGÁNICA | |
|--|--|
| Método: | Walkley Black |
| Principio: | Oxidar la materia orgánica, con ácido sulfúrico en presencia de dicromato de potasio y luego titular con sulfato ferroso 0,5 N. |
| Materiales: | Erlenmeyer de 250 ml., bureta graduada, dicromato de potasio, ácido sulfúrico, sulfato ferroso y ferroína (indicador) |
| Proceso: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar 0.5 g de suelo seco, 2. Agregar al Erlenmeyer, 5 ml de K₂Cr₂O₇ 1N 3. Agregar 10 ml de H₂SO₄ concentrado y agitar muy suavemente, 4. Dejar en reposo durante 30 minutos, mientras sucede la reacción y se enfría, 5. Titular con FeSO₄·2H₂O 0.5 N, en presencia de ferroína, 3 gotas. |
| Nota: | Al ir titulando la materia orgánica de la muestra (vs) va apareciendo un color verde esmeralda luego pasa a un color café marrón (punto de equilibrio), además se debe preparar un blanco que sirve como referencia para los cálculos (VB). |
| Bibliografía | <ul style="list-style-type: none"> • IGAC, 1990, Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, V Edición • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2006, Bogotá D.C. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, VI Edición • Bergen y Truog 1939 • Silverman, L. y Tregok, 1953 • Chapman y Pratt 1961 • Ried, P, and Copeland, 1965 • Walkey y Black 1934, Allison 1965. |
| Cálculos | $\% \text{ M.O} = \frac{(V B - V_s) \times N \times 0,003}{0.5 \text{ g}} \times \frac{1,72}{K}$ |

| <ul style="list-style-type: none"> DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC) | |
|---|---|
| Método: | Acetato de Amonio, pH 7.0, IN |
| Principio: | Conocer la cantidad de cargas negativas del suelo a través de reacciones de desplazamiento del NH ₄ con NaCl 10% |
| Materiales y equipos: | Bomba de vacío, equipo de absorción atómica, balanzas analíticas, balones aforados de 250 ml, erlenmeyer de 250 ml, embudos buchner, buretas, pipetas de 10 ml, vaso de precipitado, reactivos. |
| Proceso: | <p>Una vez separadas las bases con acetato de amonio, se utiliza el suelo que queda en el embudo buchner y se procede así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se agrega de 30 a 50 ml de alcohol al 90% de pureza , 2. Este filtrado de alcohol , más amonio que quedó en exceso adherido a los cargos del suelo, se desecha, 3. Al mismo suelo que quedó en el embudo, se le agrega 50 ml de NaOH al 10% y a este filtrado, 4. Se le agrega 10 ml de formaldehido, 5. Luego se titula con NaOH 0,5, en presencia de 3 gotas de fenoltaleína. |
| Bibliografía | <ul style="list-style-type: none"> • IGAC, 1990, Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, V Edición • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2006, Bogotá D.C. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos, VI Edición • Bower, Reitemeir, and Fireman, 1952 |
| Cálculos | $\text{Meq CIC}/100 \text{ g} = V \times \text{NaOH} \frac{\text{NaOH} \times 100 \text{ g}}{10 \text{ g}}$ |

• DETERMINACIÓN DE TEXTURA DEL SUELO

| | |
|--------------|--|
| Método: | Bouyoucos |
| Principio: | Obtener el porcentaje de arenas, limos y arcillas, utilizando la ley de STOKES, por medio de un hidrómetro para realizar lecturas en 2 tiempos. |
| Materiales: | Cilindros de 1.000 ml., hidrómetro reloj, agitador mecánico, frascos de vidrio, agitador manual, triángulo textural, pipeta y densímetro de suelos. |
| Procesos: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar 50 g de suelo seco y tamizado por malla No. 10, 2. Transvasar el suelo a un frasco tetero (250 ml.), 3. Agregar 10 ml de dispersante (Hexametáfosfato de sodio), 4. Agregar 150 ml de agua, tapar el frasco y 5. Agitar durante 2 horas en agitador recíproco, 6. Transvasar luego a cilindros de 1.000 ml., 7. Agitar (agitador manual) durante 1 minuto, y 8. Tomar lecturas con densímetro de suelos en tiempos: uno a los 40 segundos y luego a las 2 horas. |
| Bibliografía | Bouyoucos 1962 |
| Cálculos | $\% \text{ Arenas (A)} = \frac{100 - \text{Lect. } 40''}{PM} \times 100$ $\% \text{ Arcillas (Ar)} = \frac{\text{Lect. } 2h}{PM} \times 100$ $\% \text{ Limos (L)} = 100 - (A+Ar)$ <p>Temperatura °C _____ (F. corrección)</p> |

DETERMINACIÓN.- DENSIDAD APARENTE - PARAFINA

| | |
|--------------|---|
| Método: | Parafina |
| Proceso: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peso terrón seco, 2. Peso terrón más parafina, 3. Se introduce el terrón en un recipiente que se pueda obtener el volumen del terrón más parafina, 4. Se halla el volumen más parafina (densidad parafina 0.89 g/cc), este volumen es descontado al volumen hallado en el terrón más parafina. |
| Materiales: | Balanza eléctrica, estufa, parafina, probeta graduada de 500 ml. |
| Bibliografía | IGAC, 1990 Propiedades Físicas de los Suelos. |
| Cálculos | $DA = \frac{PTSS (1)}{VTSS (6)}$ <ol style="list-style-type: none"> 1. Peso terrón suelo seco (PTSS) 2. Peso terrón suelo seco + parafina (PTSS + Pa) 3. Volumen terrón + parafina (VTSS + Pa) 4. Peso parafina (ppa) = 2-1 5. Volumen $V_{pa} = \frac{ppa (4)}{0.89 \text{ gr/cc}}$ 6. Volumen terrón suelo seco VTSS |

DETERMINACIÓN DENSIDAD REAL

| | |
|--------------|--|
| Método: | Picnómetro |
| Principio: | Establecer diferentes pesadas del suelo con el Picnómetro con agua y sin agua, para obtener Densidad Real de las partículas del suelo. |
| Materiales: | Picnómetro, balanza analítica, agua destilada, estufa |
| Procesos: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesarse el picnómetro vacío, con su respectiva tapa 2. Pesarse el picnómetro más suelo seco (Aprox. 3.0 g), 3. Pesarse el mismo picnómetro con el suelo más agua destilada, 4. Pesarse el picnómetro con agua destilada |
| Bibliografía | IGAC, 1990 Propiedades Físicas de los Suelos. |
| Nota: | El suelo debe estar seco y haber pasado por tamiz No. 10. Los cálculos se obtienen a partir de los 4 numerales descritos anteriormente. |
| Cálculos | $D_r = \frac{PSS (7)}{VSS (8)}$ <ol style="list-style-type: none"> 1. Peso picnómetro 2. Peso picnómetro + suelo seco 3. Peso picnómetro + agua + suelo seco 4. Peso picnómetro + agua 5. Volumen del agua: $(V_1) = 4 - 1$ 6. Volumen del agua con suelo: $(V_2) = 3 - 2$ 7. Peso del suelo: $(PSS) = 2 - 1$ 8. Volumen del suelo seco: $(VSS) = 5 - 6$ |

PORCENTAJE DE HUMEDAD

| | |
|------------|---|
| Método: | Peso capsula vacía |
| Principio: | Conocer la cantidad de agua en porcentaje, que contiene el suelo. |
| Proceso: | <ol style="list-style-type: none">1. Peso el suelo húmedo en cápsula,2. Pesar el suelo seco a 105°C en capsula (en estufa durante 12 horas),3. Restar de las pesos anteriores (1 y 2), el peso de la cápsula. |
| Cálculos | $pw = \frac{psh - pss}{pss} \times 100$ |