



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE

URACCAN

Monografía

Estado físico - químico del suelo en sistema
silvopastoriles y convencionales
municipio de Siuna 2017

Para optar al título de ingeniería agroforestal

Autores:

Olibeyda del Rosario Mairena Velásquez

Cesar Migdonio Raudez Valle

Tutor: MSc. Manuel Marín

Siuna, Mayo 2017

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE
URACCAN**

Monografía

Estado físico-químico del suelo en sistema
silvopastoriles y convencionales
municipio de Siuna 2017

Para optar al título de ingeniería agroforestal

Autores:

Olibeyda del Rosario Mairena Velásquez

Cesar Migdonio Raudez Valle

Tutor: MSc. Manuel Marín

Siuna, Mayo 2017

RESUMEN

La investigación, se realizó en la comunidad de Santa Fe a 7 km de la ciudad de Siuna. Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN) de Nicaragua con el propósito de describir el estado físico-químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales, es cuantitativo y del nivel descriptivo. El levantamiento de la información se hizo a través de un muestreo sistemático en zigzag para esto se tomaron 8 parcelas distribuyendo 4 en cada sistema. Las muestras para los diferentes indicadores se hicieron a una distancia de 10 metros; como técnica de investigación se implementó la observación directa y como instrumento formato de registro. El sistema silvopastoril posee textura arcillosa, franco -arcillosa, y franco- limosa, con una densidad aparente de 0.91-1.05 gramo por centímetro cubico se encontró en porosidad de 60.33- 65.65 % con profundidad efectiva de 48.8 - 65 centímetro e infiltración entre 3.5 -15.54 centímetro por hora. El sistema convencional presento textura arcillosa, franco- arcilloso y arcilla limosa. En densidad aparente se encontró de 0.92-1.03 gramo por centímetro cubico una profundidad efectiva de 45.1-61 centímetro. La porosidad total presento valores de 61.04-65.20 %. En cuanto a la infiltración de 5.73-14.23 centímetro por hora. En el sistema silvopastoril se encontró un pH de 5.55, 4.14 % de materia orgánica, 0.20% de nitrógeno, 2.33 parte por millón de fosforo, 0.45 miliequivalente en 100 gramo suelo de potasio. El sistema convencional presento un pH 5.36, 3.09 % de materia orgánica, 0.15 % de nitrógeno, 3.03 parte por millón de fosforo, 0.24 miliequivalente en 100 g suelo de potasio.

Palabras claves: sistemas silvopastoril, sistema convencional, estado físico, estado químico, suelo, parcela, muestra, indicadores, miliequivalente, parte por millón, centímetro,

SUMMARY

The research was conducted in the community of Santa Fe 7 km from the city of Siuna. Autonomous Region of the Caribbean North Coast (RACCN) of Nicaragua with the purpose of describing the physical-chemical state of the soil in silvopastoral and conventional systems, is quantitative and descriptive level. The information was collected through a systematic zigzag sampling. For this, 8 parcels were distributed, 4 in each system. The samples for the different indicators were made at a distance of 10 meters; As a research technique was implemented direct observation and as instrument registration format. The silvopastoral system has a loamy, loamy loamy and loamy loamy texture with an apparent density of 0.91-1.05 gram per cubic centimeter was found in porosity of 60.33-65.65% with effective depth of 48.8-65 centimeter and infiltration between 3.5 - 15.54 centimeter per hour. In apparent density was found of 0.92-1.03 gram per cubic centimeter an effective depth of 45.1-61 centimeter. The total porosity presented values of 61.04-65.20%. As for the infiltration of 5.73-14.23 centimeter per hour. In the silvopastoral system a pH of 5.55, 4.14% of organic matter, 0.20% of nitrogen, 2.33 parts per million of phosphorus, 0.45 milliequivalent in 100 gram of potassium soil was found. The conventional system had pH 5.36, 3.09% organic matter, 0.15% nitrogen, 3.03 parts per million phosphorus, 0.24 milliequivalent in 100 g potassium soil.

Key words: silvopastoral systems, conventional system, physical state, chemical status, soil, plot, sign, indicators, milliequivalent, part per million, centimeter.

A Dios

A este ser tan maravilloso por regalarme el don de la vida y hacer realidad mis sueños, por llenarme de sabiduría fortaleza, esperanza para superar con su ayuda los obstáculos presentados a lo largo de mi formación académica, por mostrarme su amor, misericordia en momentos angustia y soledad.

A Mis padres

Elitelio Mairena Sáenz y Rosalina Velásquez Mendoza quienes a pesar de sus limitaciones nunca me negaron su apoyo incondicional especialmente su amor comprensión y cariño. Los que siempre me han inspirado a seguir adelante por guiarme hacia el camino del bien por todos sus gratos y valiosos consejos. Son indispensable en mi vida, siempre guardaran un lugar muy especial en mi corazón.

A mis hermanos

Por darme su apoyo incondicional, por animarme a seguir adelante y confiar en mí, sus gratos consejos fueron muy importante para lograr esta meta.

A mis sobrinos

Por llenarme de alegría con cada uno de sus encantos.

A mi Abuelito

Pedro Mairena Leiva por sus consejos e instarme a seguir adelante.

Olibeyda del Rosario Mairena Velásquez

A Dios por haberme dado fortaleza, sabiduría y llenarme de bendiciones para salir adelante en cada una de mis metas propuestas, así como de superar cada uno de los obstáculos que se nos presentó en este largo camino durante la carrera.

A mis padres Luz Marina Valle Ríos y Javier Raudez Alvarado, por haberme apoyado en cada una de mis etapas de estudio no solo por su aporte económico también por mostrarme el camino correcto y por enseñarme a crecer como una persona con buenos valores.

Cesar Raudez Valle

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza y la sabiduría necesaria para cumplir con nuestras meta propuesta. A nuestras familias por su amor y apoyo incondicional, durante estos años de estudio.

A nuestro tutor Msc. Manuel Marín Castellón por guiarnos con sus conocimientos durante la realización de este estudio A los profesores Msc. Ileana Mairena, Msc, Iván Jarquín, Msc, Oscar Montalván por apoyarnos incondicionalmente en las diferentes etapas de nuestra investigación.

A todos los docentes que con mucha dedicación compartieron sus conocimientos para contribuir con nuestro aprendizaje.

A la universidad URACCAN por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de ser unos profesionales A la universidad Nacional Agraria por confiar en nosotros y permitirnos trabajar en conjunto este trabajo monográfico.

A nuestros compañeros de clases, amistades y demás personas que de una u otra forma estuvieron presente cuando necesitamos de su apoyo.

Olibeyda Mairena
Cesar Raudez

ÍNDICE GENERAL

Contenido	pág.
RESUMEN	ii
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivos Específicos	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Generalidades	5
3.2. Estado físico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales	8
3.3 Estado químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales	16
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	24
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	46
VIII. LISTA DE REFERENCIAS	48
IX. ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLA

Pág.	
Tabla 1. Clasificación de la densidad aparente en los suelos....	9
Tabla 2. Clasificación de la porosidad total en los suelos.....	10
Tabla 3. Clasificación de la profundidad efectiva de los suelos..	12
Tabla 4. Clasificación de la capacidad de infiltración.....	12
Tabla 5. Capacidad de infiltracion promedio en sistemas ganaderos Nicaragua y Costa Rica.....	14
Tabla 6. Propiedades físicas del suelo en un arreglo silvopastoril de Colombia.....	15
Tabla 7. Comportamiento de la densidad aparente con diferente sistema silvopastoril en Nayarit Colombia.....	16
Tabla 8. Clasificación de la disponibilidad de Macronutrientes en el suelo.....	18
Tabla 9. Tabla 9. Clasificación de la disponibilidad de Micronutrientes en el suelo.....	19
Tabla 10. Clasificación de la acidez del suelo.....	19
Tabla 11. Clasificación de la materia organica.....	20
Tabla 12. Análisis químico inicial, medio y final del suelo en un monocultivo de Colombia.....	21
Tabla 13. Análisis químico, medio y final del suelo en un arreglo silvopastoril de Colombia.....	21

Tabla 14. Composición química de dos sistemas pastoriles en Nueva Guinea RACCN Nicaragua.....	22
Tabla 15. Características químicas de los suelos en algunos potreros de la Colonia Agrícola de acacias Colombia.....	23
Tabla 16. Áreas de muestreo en sistema silvopastoril y convencional.....	29
Tabla 18. Métodos utilizados en el laboratorio para análisis químico.....	29
Tabla 19. Operacionalización de variable.....	30
Tabla 20. Estado químico del suelo en el Sistema silvopastoril finca La Primavera.....	37

INDICE DE GRÁFICO Y FIGURAS

	pág.
Figura 1. Clasificación de la textura.....	11
Gráfica 1. Densidad aparente del sistema silvopastoril y convencional.....	31
Gráfica 2. Porosidad total del sistema silvopastoril y convencional.....	33
Gráfica 3. Profundidad efectiva en el suelo del sistema silvopastoril y convencional.....	34
Gráfica 4. Capacidad de Infiltración sistema silvopastoril y convencional.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Formato para recolectar datos de infiltración
- Anexo 2. Indicadores físicos del sistema silvopastoril
- Anexo 3. Indicadores químico del sistema convencional
- Anexo 4. Parcelas de muestreo en el sistema silvopastoril
- Anexo 5. Parcelas de muestreo en el sistema convencional
- Anexo 6. Imágenes del sistema silvopastoril
- Anexo 7. Imágenes del sistema convencional

I. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria moderna se debe orientar a mejorar la sostenibilidad y la competitividad, reduciendo el riesgo de degradación ambiental y mejorando su rentabilidad. Por esto, el desarrollo de nuevas tecnologías, como los sistemas silvopastoriles que ayuden a mejorar el estado físico-químico del suelo.

En este sentido Gálvez en el año (2016) realizó un estudio sobre el estado físico-del suelo tanto en sistemas silvopastoriles como en convencionales donde se evidenciaron contenidos altos de materia orgánica, los suelos en las áreas de estudio presentaron variabilidades altas de fósforo, dicha variabilidad se atribuye a la baja movilidad que tiene este en el suelo y a la reacción con el pH bajo que promueve la precipitación de los fosfatos de hierro y aluminio de baja solubilidad.

El estudio antes mencionado afirma que se observaron leves variaciones, entre los lotes silvopastoriles y los lotes de pastoreo convencional para las variables químicas y físicas del suelo, lo que indica que el corto tiempo de establecimiento de los sistemas silvopastoriles no es suficiente para causar un efecto significativo; por tal razón argumenta que el mejoramiento de algunas variables en los suelos, como el contenido de materia orgánica y el porcentaje de saturación de bases, podría evidenciarse con el transcurrir del tiempo y como consecuencia de la disminución de la acidez del suelo.

A nivel de Nicaragua Espinoza (2016) llevó a cabo la investigación sobre comparación de sistemas pastoriles naturales con y sin árboles en condiciones del trópico húmedo donde se estuvo evaluando diferentes componentes entre ellos el suelo quien pone en manifiesto que los sistemas silvopastoriles al interactuar con el suelo contribuyen a mejorar las propiedades físicas y químicas y, por ende contribuyen a la sostenibilidad de

este recurso por lo que las cantidades de nutrientes retornados por la hojarasca significativamente son mayores que las halladas en la pradera de gramíneas.

La actividad ganadera es la responsable de la mayor parte del uso mundial de tierras; representan casi el 80% de todas las tierras agrícolas, se ha transformado a un ritmo sin precedentes en las últimas décadas; por lo que se ha convertido en una actividad multifuncional para los países en desarrollo (MAG, 2011, p.30).

En nuestro país el 82.2% del suelo es de uso agropecuario desarrollándose de manera extensiva. Este tipo de manejo ha llevado a la pérdida de productividad, lo cual se debe a que la forma convencional de pastoreo extensivo de ganado, se basa en la eliminación de todos los árboles y arbustos con el fin de establecer un monocultivo de pasto mejorado. Además, se usan pocos insumos en los potreros tradicionales y normalmente se supera su capacidad de carga, generando suelos erosionados y compactados (viachica, 2011, p.30).

La práctica de esta actividad ocasiona numerosos efectos negativos al ambiente y principalmente al recurso suelo, entre estos cabe señalar el escurrimiento y erosión de manera acelerada, agotamiento de nutrientes y pérdida de fertilidad, pobres condiciones físicas de este recurso y escasez de materia orgánica. A raíz de esto surge el deterioro de la calidad del mismo, el cual se manifiesta en problemas físicos y químicos (MAG, 2011, p.31).

La importancia de mantener en el suelo un equilibrio químico (cantidad y proporción adecuada de nutrientes), físico (porosidad, capacidad de retención de agua, drenaje, temperatura y respiración), ha sido subestimada por los sistemas de producción convencional y su efecto ha traído como consecuencia suelos pobres y enfermos, que no son capaces de sostener un buen rendimiento por sí mismos. (MAG, 2011, p.30).

La mejor manera de aprovechar los nutrientes del suelo y tener una mayor productividad de pasto es más factible cuando estos sistemas se encuentran asociados a especies arbóreas los cuales ayudan a mantener la fertilidad del suelo y a las condiciones de sombra que se crean (Marconi, 2011, p.23).

El suelo como soporte físico y fuente de elementos nutritivos es fundamental para el correcto desarrollo y la buena producción de cualquier especie vegetal. Sus condiciones apropiadas están en dependencia de su uso potencial y del manejo que este reciba; puede evaluarse por medio de indicadores físicos, químicos y biológicos (Andrades & Martínez, 2014)

Considerando la importancia del uso inadecuado que se le da al suelo en nuestro país debido a las prácticas agropecuarias, es considerablemente necesario tener conocimiento para darle un adecuado manejo y obtener mejor productividad. A raíz de esto surge la presente investigación con la finalidad de describir el estado físico-químico del suelo bajo sistemas silvopastoriles y convencionales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el estado físico-químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales municipio de Siuna 2017.

2.2 Objetivos Específicos

- Describir el estado físico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales.
- Describir el estado químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

3.1.1. El suelo

Es la capa superficial de la tierra en donde se realizan actividades bioquímicas y físicas, a causa de las relaciones entre suelo, organismos y medio ambiente (Marconi, 2011, p.7).

3.1.2. Propiedades físicas

Son las que determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes (castillo, 2005, p.5).

Tienen la responsabilidad del transporte del aire, calor, agua, sustancias solubles a través del suelo, éstas pueden ser deterioradas con la labranza haciendo al suelo menos permeables y más susceptible a pérdidas por escorrentía y erosión (castillo, 2005, p.5).

Dentro de las propiedades físicas está el color, textura, estructura, porosidad, consistencia, densidad, permeabilidad, profundidad, propiedades térmicas y dinámica del agua (Marconi 2011, p.8).

3.1.3. Propiedades químicas

Permiten reconocer ciertas cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la

composición y acción de los mismos. Las principales son: materia orgánica, fertilidad y que corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macro nutrientes (nitrógeno, potasio, calcio, magnesio azufre) y micro nutrientes (hierro, manganeso, cobre, Zinc, Boro, Molibdeno) la acidez o alcalinidad (Marconi 2011, p.8).

3.1.4. Sistemas silvopastoriles

Es una modalidad de Agroforestería pecuaria de producción de alta calidad y amigable con el medio ambiente, que se caracteriza por tener altas densidades de arbustos o árboles forrajeros (Gonzáles, 2013, p. 37).

Tanto los árboles, como los pastos de cobertura, forman una malla de raíces a diferentes profundidades y amplitud, lo que hace que se retenga el suelo y se produzca un efecto protector efectivo contra derrumbes, erosión, compactación y cárcavas de los suelos, especialmente durante aguaceros torrenciales, sequías intensas y sobre pastoreo (Gonzáles, 2013, p. 37).

3.1.5. Sistemas convencionales o tradicionales

El manejo ganadero tradicional en gran parte del planeta se ha basado únicamente en pasturas gramíneas establecidas en muchos casos en terrenos anteriormente ocupados por selvas y bosques de diverso tipo (Zapata et al., 2011 p. 5).

Los procesos de degradación ambiental y especialmente el progresivo deterioro de los suelos, asociados con el enfoque ganadero convencional en buena parte se debe a factores inherentes al sistema mismo de pasturas: Suelos poco cubiertos, expuestos a los rayos directos del sol y al impacto no mitigado de las gotas de lluvia. (Zapata et al., 2011 p. 5).

Uno de los efectos más negativos sobre el suelo es el pastoreo y mucho más el sobre pastoreo, puesto que ocasionan: compactación, que es la pérdida de la forma del suelo lo que contribuye a la destrucción de la capa vegetal o superficial y al aumento de la presión sobre la tierra, produciendo endurecimiento a la vez causan erosión, que consiste en pérdida de suelo, en especial cuando se encuentra sin cobertura vegetal (González, 2016 p, 29).

3.1.6. Funciones de los Macronutrientes en las plantas

Nitrógeno: Es parte integral de la molécula de clorofila, la cual absorbe la energía de la radiación solar, necesaria para la fotosíntesis (Sáenz & Cruz, 2015, p. 24).

Fosforo: Favorece el desarrollo de las raíces, estimula el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las plantas, favorece la floración y la fructificación y con ello la cantidad y calidad de los frutos y semillas (Martínez 2013, p. 19).

Potasio: Favorece la formulación de los hidratos de carbono, incrementa la dureza y consistencia de los tejido de las plantas dando una mayor resistencia a ciertas enfermedades. Se considera como un factor de calidad para los productos al aumentar el peso la coloración y el sabor de los productos, aumentar la resistencia de las plantas a las heladas y a la sequía (Andrades & Martínez 2014, p. 20).

Calcio: Es acumulado por las plantas, especialmente en las hojas donde se deposita irreversiblemente, es un elemento esencial para el crecimiento de meristemas y particularmente para el crecimiento y funcionamiento apropiado de los ápices radicales (Hernández, 2002, p. 20).

Magnesio: En la planta dependiendo de la abundancia relativa, el magnesio puede contribuir a neutralizar los fosfoazúcares,

azúcares - nucleótidos, ácidos orgánicos y aminoácidos (Hernández, 2002, p. 22).

3.1.7. Funciones de los Micronutrientes para las plantas

Manganeso: Es un Microelemento esencial para la síntesis de clorofila, su función principal está relacionada con la activación de enzimas como la arginasa y fosfotransferasas, puede actuar en el balance iónico como un contra-ión reaccionando con grupos aniónicos (Hernández, 2002, p. 25).

Zinc: participa en el sistema enzimático y es precursor del aminoácido triptófano y del ácido indol acético, una hormona de crecimiento. La demanda depende de la especie vegetal considerada, del cultivar y de los rendimientos obtenidos por refiere (Sáenz & Cruz, 2015, p. 50).

Hierro: Los dos principales grupos de proteínas que contienen Fe son las Proteínas hemo y las proteínas Fe-S. Las proteínas hemo se caracterizan por la presencia de un complejo Fe hemo-porfirina, el cual actúa, por ejemplo, como grupo prostético de citocromos que facilitan el transporte de los electrones en la respiración (Sáenz & Cruz, 2015, p. 50).

3.2. Estado físico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales

Para evaluar el estado físico se tomaran en cuenta las propiedades como la densidad aparente, textura, porosidad total, profundidad efectiva e infiltración.

3.2.1. Densidad Aparente

Los valores que pueda tomar dependen de muchos factores, incluyendo la textura, estructura, contenido de materia orgánica, así como del manejo del mismo (Gutiérrez & Sevilla, 2010, p. 21).

Los valores bajos son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que permite un buen desarrollo de las raíces. Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para alongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios (Gutiérrez & Sevilla, 2010, p. 21).

Tabla 1. Clasificación de la densidad aparente

Densidad aparente g/cm ³	Clasificación
<1.0	Muy baja
1.0-1.2	Baja
1.2-1,45	Media
1.45-1.60	Alta
>1.60	Muy alta

Fuente (Castillo, 2005)

3.2.2. Porosidad total

Una porosidad relativamente alta nos da una idea de una tierra más esponjosa y, en consecuencia, menos compacta. Sus valores medios para suelos se sitúan entre el 40 y el 60% (Soriano et al., 2004, p. 59).

Tabla 2. Clasificación de la porosidad total en los suelos

Porosidad total (%)	Clasificación
< 30	Muy baja
30 - 40	Baja
40 – 50	Media
50 - 60	Alta
> 60	Muy alta

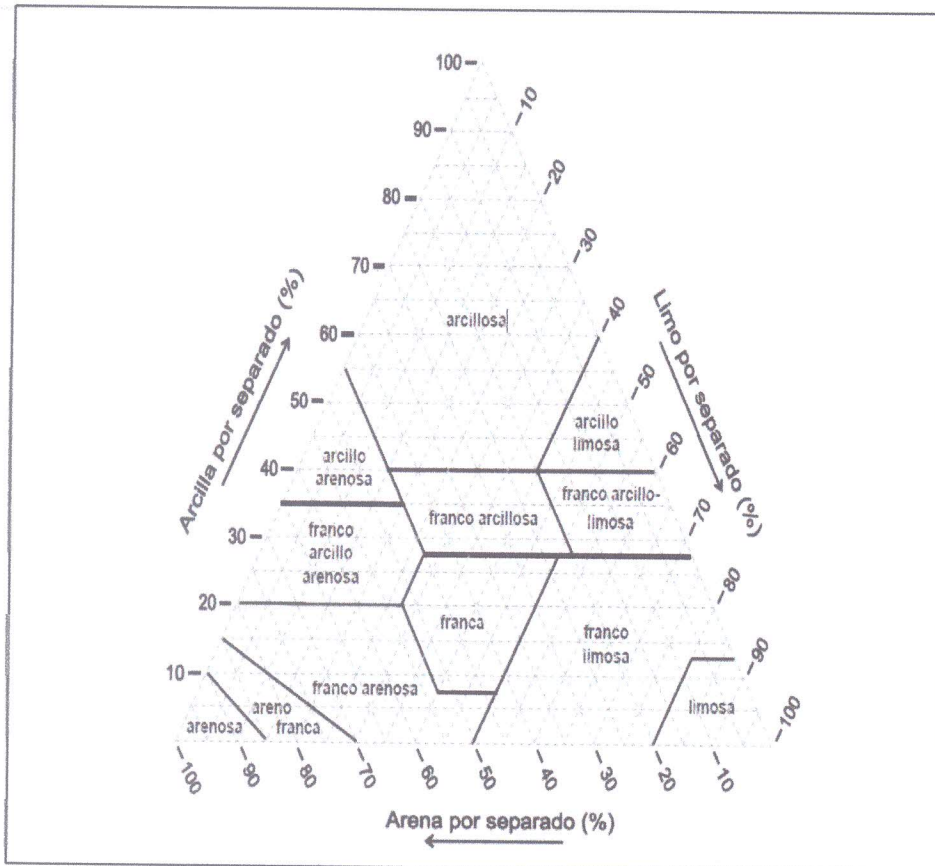
Fuente (Flores, 2010)

3.2.3. Textura

Representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Soriano et al., 2004, p. 59).

Fuente (Pellegrine, 2014)

Figura 1. Clasificación de la textura



3.2.4. Profundidad efectiva

Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos un metro (Soriano et al., 2004, p. 59).

En un suelo profundo, las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de

humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrimentos almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces (Soriano et al., 2004, p. 59).

Tabla 3. Clasificación de la profundidad efectiva de los suelos

Profundidad (cm)	Clasificación
< 20 cm	Muy someros
20-50 cm	Someros
50-90	Moderadamente profundo
>90	Profundos

Fuente (Castillo, 2005)

3.2.5. Capacidad de infiltración

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación y actividades microbianas (suelos arenosos tienen mayor tasa que suelos arcillosos), (Marconi, 2011, P. 67).

Tabla 4. Clasificación de la capacidad de infiltración

Infiltración (cm)	Calificación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.00 – 6.3	Moderada
6.3 – 12.7	Moderadamente lenta
12.7 – 25.4	Rápida
>25.4	Muy rápida

Fuente (Jiménez & Rodríguez, 2008)

3.2.6. Estudios relacionados con el estado físico del suelo

En el año (2016) Ríos et al llevaron a cabo el estudio “Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoril en el trópico sub húmedo de Nicaragua y Costa Rica.”

En Nicaragua, el estudio se realizó en la microcuenca del Río Paiwitas, Matiguás. En Costa Rica, la investigación se desarrolló en la subcuenca del Río Jabonal, cuenca del río Barranca.

Los sistemas evaluados fueron: pasturas nativas sobrepastoreadas (PNS; pastos bajo pastoreo continuo sin presencia de árboles); banco forrajero de gramíneas (BFG; instalado hace 6 años, pasto ‘King grass’ bajo corte y acarreo sin presencia de árboles); pasturas mejoradas con árboles (PMA; establecidas hace 2 años con *Brachiaria brizantha* y alta densidad de árboles, es decir, más de 30 árboles ha⁻¹ y una riqueza de 30 especies de árboles); tacotal pastoreado (TAC; establecido hace 17 años, sin presencia de pastos, con una riqueza de 23 especies de árboles y arbustos, bajo pastoreo rotacional o ramoneo).

En Costa Rica, los sistemas evaluados fueron: pasturas nativas sobrepastoreadas (PNS; pastura de *Paspalum* spp. establecida hace 10 años banco forrajero de leñosas (BFL; establecido hace 14 años con *Cratylia argentea* y manejo mediante corte y acarreo); pastura mejorada con árboles (PMA; instalada hace 10 años y dominada por *Brachiaria decumbens* usado en pastoreo rotativo, con una densidad de árboles mayor a 30 individuos ha⁻¹ y una riqueza de 4 especies de árboles); tacotal (TAC; establecido hace 30 años y bajo manejo selectivo de la regeneración natural. Este sistema presentó una abundancia mayor a 50 árboles ha⁻¹ y una riqueza de 14 especies de árboles).

Tabla 5. Capacidad de infiltración de sistema ganadero de Nicaragua y Costa Rica

	Nicaragua	Costa Rica
Sistema	Prom. Infiltración (cm/h)	Prom. Infiltración (cm/h)
PNS	0.03	0.07
BF	0.46	0.75
PMA	0.81	0.23
TAC	0.96	3.54

Roncallo (2012) investigo la evolución de las propiedades del suelo en un arreglo agrosilvopastoril basado en Ceiba roja (*Pachira quinata*).

Descripción del arreglo agrosilvopastoril

Para el montaje del arreglo agrosilvopastoril se seleccionaron las especies, ceiba roja (*Pachira quinata*), yuca (*Manihot esculenta*), pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Tanzania), acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) y campanita (*Clitoria ternatea*); el monocultivo de gramínea se estableció con el pasto kikuyina (*Bothriochloa pertusa*), especie predominante en la región en áreas ganaderas.

Tabla 6. Propiedades físicas del suelo en un arreglo silvopastoril de Colombia.

Tratamiento	Da g/cm ³	Porosidad (%)	Infiltración (mm/ h)
Testigo con pastoreo	1.70	34.6	2.44
Agrosilvopastoril sin pastoreo	1.51	41.6	4.0
Silvopastoril sin pastoreo	1.40	46.0	3.66
Agrosilvopastoril con pastoreo	1.69	35.0	2.0
Silvopastoril con pastoreo	1.66	35.5	1.86

En su investigación Bugarin (2010) estudio el Comportamiento de algunas propiedades físico químicas del suelo con diferente sistema silvopastoril en la llanura norte de Nayarit México.

Descripción de las asociaciones del sistema silvopastoril

L. leucocephala con *B. brizantha* (LLB). *L. glauca*. *Brizantha*. (LGB). *L. leucocephala* con *B. brizantha* (LLCB). *L. glauca*+*B. brizantha* (LGCB). *B. brizantha* (BB). Bajo cobertura vegetal (BCV) sin cobertura vegetal (SCV).

El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios más frecuentes en las propiedades del suelo, en particular la densidad de volumen, por efecto del sistema silvopastoril.

El Comportamiento de DV se determinó a los a 14 meses de establecidos los tratamientos y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 7. Comportamiento de la densidad aparente con diferente sistema silvopastoril en Nayarit Colombia.

Cobertura	Tratamientos				
	LLB	LG B	LLC B	LGC B	BB
BCV	1.3 6	1.3 5	1.39	1.36	1.36
SCV	1.3 8	1.3 8	1.45	1.36	1.32

En el estudio sobre carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica realizado por Miranda & Machado, (2007) se encontró que la densidad aparente fue igual tanto en el sistemas silvopastoril como en el pasto natural la cual tuvo un valor de 2.3 g/cm³.

3.3 Estado químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales

El estado químico del suelo se evaluara a través de las propiedades como materia orgánica, contenido de macro nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y el contenido de micronutrientes como él (Zn, C, Fe, Mn,) acidez o alcalinidad (pH).

3.3.1. Disponibilidad de Macronutrientes en el suelo

Las cantidades de nitrógeno en los suelos minerales son bastante pequeña, variando desde tazas hasta 0.5% en los suelos superficiales, disminuyendo con la profundidad, tipo de suelo, temperatura y pluviosidad. Los suelos cultivados no son suficientemente ricos en nitrógeno. Los suelos ricos son una excepción, salvo donde hay una acumulación de materia orgánica por falta de mineralización (Blaya & García, 2003, p. 183).

El contenido medio total de fósforo de la litosfera es de 0,28% pero muchos suelos superficiales contienen de 0.022 a 0.083% de fósforo (Hernández, 2002, p. 16).

En los suelos cultivados, debido a que poco de este elemento se pierde por lixiviación, y de que las eliminaciones por cosechas son generalmente pequeñas, tiende a acumularse en las capas superficiales (Blaya & García, 2003, p. 234).

A diferencia del fósforo, el potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes. Su contenido (como K_2O) varía de 0.5 a 3 %, y depende de su textura. La fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo arenosos y arenosos (Blaya & García, 2003 p. 259).

El calcio puede variar ampliamente su contenido total. En aquellos suelos considerados como no calizos varía entre el 0.1 y 0.2 %, mientras que en los calizos puede (Blaya & García, 2003, p. 285).

El magnesio es un elemento muy abundante en la corteza terrestre. Según diversas estimaciones, su contenido medio puede situarse en un 2.3 % (Blaya & García, 2003, p. 286).

Tabla 8. Clasificación de la disponibilidad de Macronutrientes en el suelo

Elemento	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno	%	<0.07	0.07-0.15	>0.15
Fosforo	Ppm	<10	10-20	>20
Potasio	meq/100 g	< 0.45	0.45-0.7	0.7-2.0
Calcio	meq/100 g	< 5	5- 10	>10
Magnesio	meq/100 g	< 0.5	0.5-1.5	>1.5

Fuente Vaca (2014)

3.3.2. Disponibilidad de los Micronutrientes en el suelo

El potencial en la corteza terrestre del hierro es verdaderamente importante, alrededor del 5 %. Su contenido en los suelos templados suele variar entre el 1 y 5 %. Valores inferiores al 1 % suelen encontrarse normalmente en suelos ácidos de textura gruesa, o en suelos turbosos. (Blaya & García, 2003, p. 335).

En los suelos las cantidades totales varían entre 200 y 300 ppm. La disponibilidad para la planta del elemento será elevada en suelos ácidos y en suelos encharcados, cantidades de materia orgánica pueden favorecer el mantenimiento en el suelo de manganeso utilizable (Blaya & García 2003, p. 354).

El contenido del Zinc en los suelos agrícolas puede oscilar normalmente entre 10 y 300 ppm. La cantidad de cobre es variable, pudiendo oscilar por lo general entre 5 y 50 ppm (Blaya & García, 2003 p. 382).

Tabla 9. Clasificación de la disponibilidad de Micronutrientes en los suelos.

Elemento	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Zinc	ppm	<3	3-6	>6
Cobre	ppm	<1	1-3	>3
Manganeso	ppm	<5	5-10	>10
Hierro	ppm	<20	20-40	>40

Fuente Torre (2014)

3.3.3. Acidez del suelo (pH)

Los factores que han aumentado la acidez en el suelo es la capa arable por erosión, extracción de nutrientes en sistemas de cultivo intensivo, efecto residual ácido de fertilizantes nitrogenados amoniacales. Manejo inadecuado del encalado, deforestación y habilitación para el cultivo de suelos ácidos (Ávila, 2006, pág. 5).

Tabla 10. Clasificación de la acidez del suelo

pH	Clasificación
< 5.5	Muy acido
5.6-6.5	Acido
6.6-7.5	Neutro
7.6-8.5	Básico
>8.6	Alcalino

Fuente (Andrades, 2014)

3.3.4. Materia orgánica de los suelos (MO)

Son todos los restos vegetales que hay en el suelo en distintas etapas de descomposición, así como a los microorganismos y a los productos de origen animal (Aguilar, 2011, p.78).

Tiene muchas funciones importantes, ayuda a unir entre sí las partículas finas para formar unidades estructurales (agregados del suelo), mejora la aireación del suelo y la percolación y el movimiento descendente del agua, los ácidos orgánicos, que son productos de la descomposición de la materia orgánica del suelo, solubilizan el fósforo y otros nutrientes del suelo, y los hacen asimilables para los cultivos (Aguilar, 2011, p. 78).

Tabla 11. Clasificación de la materia orgánica

Elemento	Bajo	Medio	Alto
Materia orgánica	<2	2-4	>4

Fuente Vaca (2014)

3.3.5. Estudios relacionados con el estado químico del suelo

Mahecha en el año (2002) realizó un estudio sobre el silvopastoreo en un sistema silvopastoril de pasto estrella con Leucaena y Algarrobo y en monocultivo de pasto estrella donde se determinó el contenido de Nitrógeno (N) y fósforo (P) en ambos sistemas.

El sistema silvopastoril presentó valores más altos tanto de N (0.14%) como de P (29 ppm) con respecto al monocultivo el cual tuvo valores más bajos, el N (0.08%) y el P (16 ppm).

Con respecto al análisis químico del suelo Róncallo, (2012) en su estudio sobre el comportamiento de algunas propiedades físicas y químicas del suelo con diferentes sistemas silvopastoril obtuvo los siguientes resultados:

En el análisis químico inicial, medio y final del suelo en la profundidad de 0 – 20 cm de profundidad en el lote testigo, se observa que los indicadores fósforo, magnesio (Mn) y zinc (Zn) presentan pequeños descensos y los valores de la materia

orgánica registran reducción marcada (1,06%) las concentraciones de calcio (Ca) y manganeso (Mg) presentan leves incrementos; mientras que los valores de potasio (K) permanecen invariables.

La dinámica que se observa de los elementos minerales en el suelo a través del tiempo es menor que en el arreglo silvopastoril y refleja en general, un proceso extractivo con poco retorno, siendo visible un balance de nutrientes desfavorable en este sistema.

Tabla 12. Análisis del suelo en un monocultivo de Colombia.

Análisis	Inicio	Medio	Final
pH	5.7	6.3	6.2
MO (%)	1.49	0.86	0.46
P ppm	43.3	41.7	40.5
Ca meq /100	5.31	6.78	6.78
Mg meq /100	1.45	2.22	2.15
K meq /100	0.59	0.32	0.55
Cu ppm	4.42	4.00	4.42
Mn ppm	1.26	2.00	0.70
Zn ppm	1.60	1.30	1.60

Tabla 13. Análisis del suelo en un arreglo silvopastoril de Colombia.

Parámetro	Inicio	Medio	Final
pH	6.2	6.3	6.5
MO (%)	1.07	1.90	3.10
P ppm	77.9	86.3	97.0
Ca meq/100g	6.1	5.7	9

Mg meq/100g	1.41	1.91	2.2
K meq/100g	0.61	0.35	0.39
Cu ppm	4.42	3.20	2.95
Mn ppm	0.96	0.96	2.85
Zn ppm	1.25	1.20	0.80

En Nueva Guinea RAAS Nicaragua Espinoza (2006) realizó un estudio sobre la comparación de sistemas pastoriles naturales con y sin árboles en condiciones del trópico húmedo donde se estuvo evaluando diferentes componentes entre ellos el suelo. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 14. Composición química de dos sistemas pastoriles en Nueva Guinea Nicaragua.

Sistema	Finca	PH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (meq /100 g)
SSP	1	4.4	2.9	0.14	0.74	0.06
	2	4.7	1.2	0.06	0.84	0.08
SMC	3	4.3	1.6	0.08	0.70	0.01
	4	4.4	2.4	0.00	0.87	0.07

En el año (2014) Cortez, Zarate, Rodríguez, & Tobar realizaron la investigación estrategias tecnológicas para detectar degradación de pasturas en la colonia agrícola de Acacias – Meta Colombia.

Se caracterizaron un total de 22 potreros donde se hizo un análisis químico, a continuación se presenta el resultado obtenido de cuatro de ellos:

Tabla 15. Características químicas de los suelos en algunos potreros de la Colonia agrícola de acacias Colombia.

Parámetro	Potrero 2	Potrero 7	Potrero 12	Potrero 20
PH	4.6	4.5	4.9	4.7
MO	1.8	2.2	2.2	2.3
Calcio (meq/100 gr)	1.54	0.37	1.12	0.46
Magnesio (meq /100 gr)	0.17	0.08	0.11	0.09
Potasio (meq/100 gr)	0.08	0.06	0.07	0.08
Hierro (ppm)	168	406	141	148
Cobre (ppm)	1.6	1.2	0.9	1.4
Manganeso (ppm)	9	10	8	8

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

Ubicación

El estudio, se llevó cabo en la comunidad de Santa Fe del municipio de Siuna Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN) en el año 2017.

Tipo de Estudio

Cuantitativo y de carácter descriptivo transversal y prospectivo.

Universo

Sistemas ganaderos del trópico húmedo.

Muestra

Está conformado por las áreas de pasto existente en los diferentes sistemas de estudio.

Unidad de Análisis

El suelo.

Unidad de Observación

Finca la primavera propiedad del Sr: Ramiro Roque Cantillano con una área de 29.96 ha; con coordenadas UTM: X=0733716; Y=1517731 y la otra al manejo convencional finca Santa Martha propiedad del Sr. Gonzalo Vega con una área de 22.498 ha; con coordenadas UTM: X=0733796; Y=1516948.

Variables

Estado físico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales.

Estado químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales.

Criterios de selección

Todas las áreas de pasto seleccionadas para realizar el estudio.

Criterios de exclusión

Todas las áreas de pasto que no fueron seleccionadas para realizar el estudio.

Fuentes y obtención de información

Fuentes primarias

Información recolectada en ambos sistemas de producción en estudio.

Fuentes secundarias:

Para la redacción del documento se hizo revisión de literatura (tesis, libros físicos o electrónicos, sitios web con información confiable, artículos de revista, enciclopedias entre otros.

Técnicas e Instrumentos

Como técnicas solamente se utilizó la observación directa. Los instrumentos se conforman por los formatos de registro.

Técnica de muestreo

El levantamiento de la información se hizo a través de un muestreo sistemático en zigzag para lo cual se tomaran 4 parcelas de pasto en cada unidad productiva (entiéndase por parcela la forma en que el productor tiene dividido su sistema de producción y no parcela experimental. La distancia para el muestreo dentro de las parcelas para los diferentes indicadores es de 10 metros de distancia.

Tabla 16. Áreas de muestreo en sistema silvopastoril y convencional

Descripción	parcelas	Tipo de pasto	Área (hectárea)
Sistema silvopastoril	1	Pasto Taiwán	0.75
	2	Mombaza	1.95
	3	Retana	2.36
	4	Marandu	3.76
Sistema convencional	1	Marandú	2.22
	2	Toledo	1.48
	3	Retana	2.47
	4	Mombaza	3.87

Etapas de campo

Fase I: Visita a los propietarios de las unidades productivas para explicar el objetivo del estudio y así contar con el permiso previo. De igual forma hacer un recorrido para realizar la distribución y la señalización de las áreas a seleccionar para el estudio.

Fase II: Se realizó el levantamiento de la información en las diferentes parcelas seleccionadas, para esto se hicieron los procedimientos que a continuación se detallan:

Infiltración:

Colocar el cilindro sobre el suelo, presionando hacia abajo y girando hasta que haya profundizado unos 10 cm. Cubrir el suelo dentro del cilindro con el plástico, echar suavemente el agua dentro del cilindro hasta casi llenarlo, y anotar el valor hasta el nivel que alcanzó, con el nivel, nivelar el cilindro, quitar el plástico y anotar cuánta agua se ha infiltrado después de realizar unas tres lecturas con intervalos de 1 minuto, luego puede aumentar los intervalos a 5, 10, 15, 30 y 45 minutos, hasta que toda el agua se haya infiltrado, repita el mismo procedimiento en otro sitio para comparar la diferencia en la velocidad de Infiltración entre sitios, pero en las mismas condiciones de pendiente y suelo.

Densidad aparente

Quitar la maleza del sitio de muestreo con una pala punta cuadrada, colocar el cilindro sobre la superficie de muestreo, previamente liberada de hojarasca, basura y arvenses, ubicar el cilindro en el suelo, poner la regla sobre el cilindro, golpear suavemente sobre la regla con el martillo hasta conseguir que el cilindro haya penetrado en el suelo y la regla llegue totalmente a la superficie de éste, con la ayuda de una pala, escarbar alrededor del cilindro y sacar el suelo sin perturbarlo.

Una vez afuera el cilindro cortar con un cuchillo, de manera transversal a cada lado del cilindro. Para utilizar el mismo cilindro en otra toma de muestra se puede guardar todo el suelo contenido en el cilindro en una bolsa plástica y luego de pesarlo se pone a secar en un horno a 105°C por 24 horas si es que estaba muy húmedo.

Se calculó a través de la siguiente formula: $Da = \text{pss} / \text{volumen del cilindro}$

Profundidad efectiva del suelo

Esta fase se hace con un barreno de colocho o ranura el cual se debe de ir observando los cambios de color y tipo de material, luego se puede medir hasta donde penetra el barreno.

Muestreo para el análisis químico

Con el barreno realizar 25 muestras por cada área de estudio con 20 cm de profundidad y 10 metros de distancia las cuales se ubicaran en un recipiente; luego de homogenizarla se tomaran 2 kilogramos y se guardaran en una bolsa de ciplot.

Procesamiento y análisis de la información

Se hizo a través de la información obtenida en campo, haciendo uso de la bibliografía consultada, mediante técnicas previamente diseñadas

Para redactar y ordenar la información se utilizaron materiales como lapicero, libreta, material bibliográfico; para la digitalización del documento se hizo uso del programa Microsoft Office Word y para el procesamiento el programa Microsoft Office Excel y el laboratorio biológico de la universidad nacional agraria (UNA).

Tabla 17. Métodos usados para el análisis físico del suelo

Indicador	Método	Referencia
Textura	Bouyoucus	Bouyoucus
Porosidad	$P_t = 1 - (D_a/D_r) * 100$	Castillo, (2005)
Densidad aparente	Cilindro	Hossne, (2012)
Infiltración	Cilindro	Pizarro, (2007)
Profundidad efectiva	Barreno	Castillo (2005)

Tabla 18. Métodos utilizados para el análisis químico

Elemento	Método	Referencia
Nitrógeno	Kjeldjhal	Ibarra, (2013)
Fósforo (P)	Bray II	Alejandrino, (2013)
Calcio, potasio, magnesio	Acetato de amonio	
Micronutrientes	Olsen	
Materia orgánica	Walkle y Black	Martínez, (2009)
PH	Potenciómetro	

El análisis del estado físico se realizó a través de una base de datos con fórmulas aplicadas para cada indicador y posteriormente se clasificará de acuerdo a los rangos estándar establecidos.

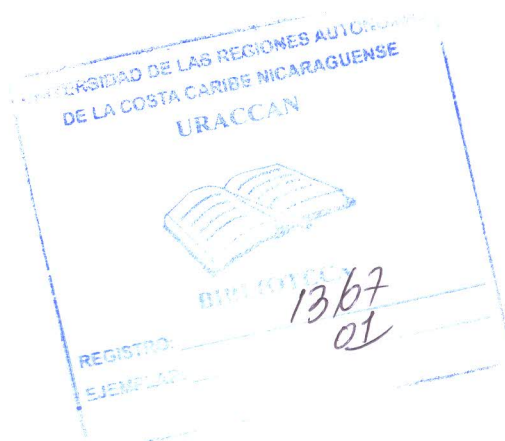
El análisis del estado químico del suelo se hará a través de reactivos específico para cada elemento; posteriormente se clasificaran de acuerdo a los niveles estándar establecidos.

Tabla 19. Operacionalización de variable

Estado físico del suelo	Indicador	Valor	Escala
	Prof. Efectivo	cm	Intervalo
	Textura	%	Nominal
	Infiltración	Cm/h	Razón
	Densidad aparente	g/cm ³	Razón
Estado químico del suelo	Materia orgánica	%	Razón
	pH	Rango	Razón
	Nitrógeno	%	Razón
	Fosforo	Ppm	Razón
	Potasio	Meq/100	Razón
	Calcio	Meq/100	Razón

Aspectos éticos

Se realizó una reunión formal con los propietarios de la finca para solicitar el permiso y así llevar a cabo el estudio; no habrá alteración teniendo en cuenta valores como la responsabilidad y la transparencia.

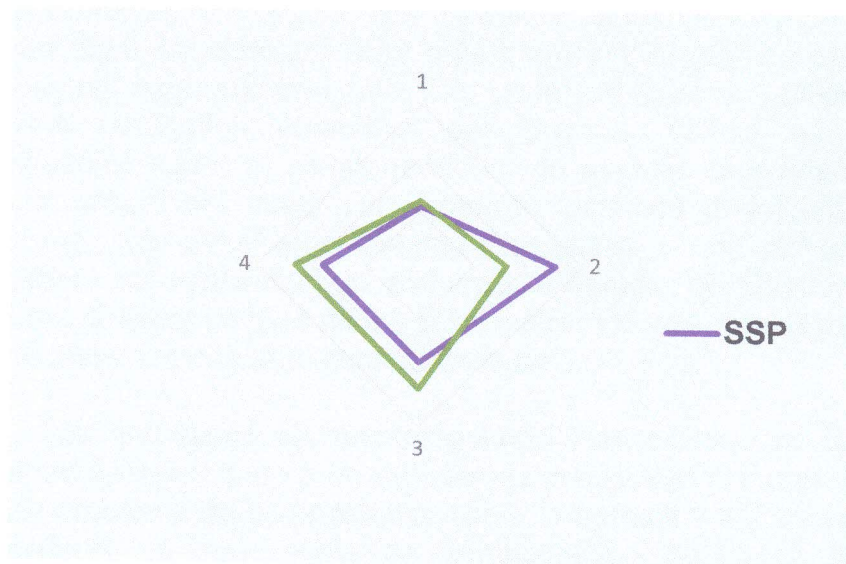


V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Estado físico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales.

Para describir el estado físico del suelo se tomaron indicadores como la densidad aparente, porosidad total, profundidad efectiva, textura e infiltración, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Con relación a la textura en ambos sistemas se encontró desde arcillosa, franco -arcillosa, y franco- limosa.



Densidad aparente

Gráfica 1: Densidad aparente del sistema silvopastoril y convencional.

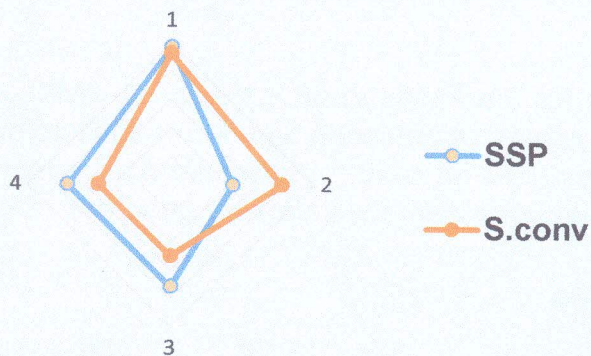
Como se puede observar en la gráfica comparativa la parcela 1,3 y 4 el sistema silvopastoril presentó valores más bajos que el convencional a excepción de la parcela 2 la cual mostró un valor

de 1.05 g/cm^3 mayor que el sistema convencional con un valor de 0.96 g/cm^3 .

El sistema silvopastoril presentó valores bajo de 0.91 - 0.98 g/cm^3 ; con relación a la parcela 2 que fue de 1.05 g/cm^3 , se considera como una densidad aparente alta, a diferencia el sistema convencional los valores bajo estuvieron de 0.92 - 0.96 siendo más alta que la silvopastoril en la parcela 1, y 3, con 1.03 g/cm^3 y en la 1 con 0.92 g/cm^3 (ver anexo 3).

Estos resultados difieren a los encontrados por Roncallo, en su estudio sobre el comportamiento de algunas propiedades físico químicas del suelo con diferente sistemas, donde el convencional encontró un valor más alto de 1.70 g/cm^3 y en el silvopastoril más bajo con 1.66 1.70 g/cm^3 . Al igual que difieren con los resultados obtenidos por Bugarin, (2010) en su investigación sobre el comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferente sistemas al encontrar valores de 1.36 g/cm^3 en el sistema silvopastoril y 1.32 cm^3 para el sistema convencional; sin embargo al estudio de Miranda y Machao, de igual manera difiere al encontrar valores iguales para ambos sistemas con una densidad alta de 2.63 g/cm^3 .

Los resultados de nuestro estudio demuestran una baja densidad aparente para ambos sistemas lo que significa que aún no hay problema de compactación, pero la parcela 2 del sistema silvopastoril es susceptible de compactación debido a que presenta una densidad alta de 1.05 g/cm^3 .



Porosidad Total

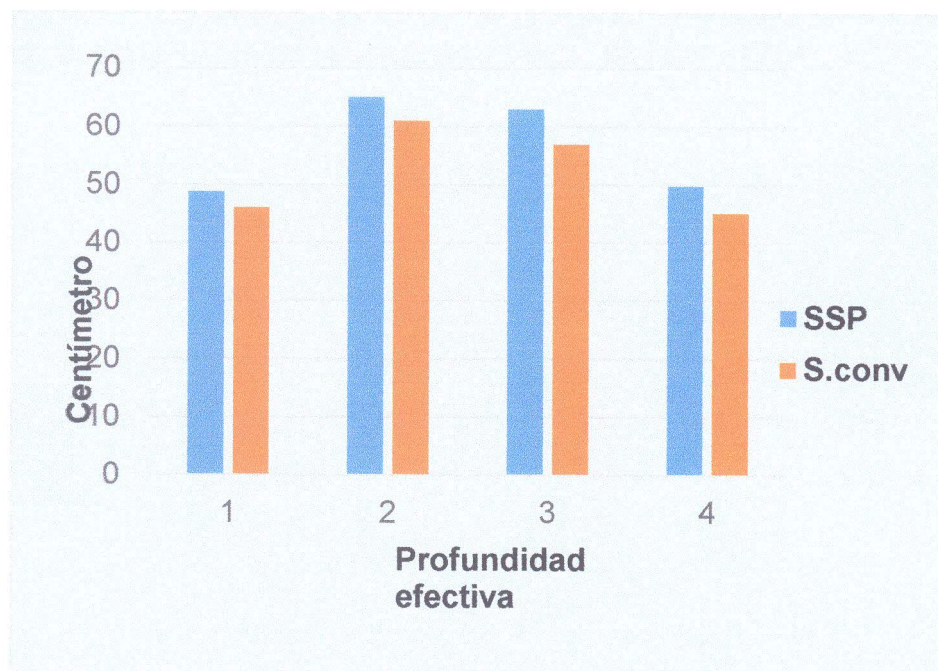
Gráfica 2: Porosidad total del sistema silvopastoril y convencional.

Tanto el sistema silvopastoril como el convencional presentaron valores de porosidad entre alto a muy alto. Sin embargo se presenta una leve variación, el sistema silvopastoril presento mayor porosidad en la parcela 1, 3 y 4, sin embargo en la parcela 2 el sistema convencional tuvo mayor grado de porosidad, debido a que el valor obtenido de la densidad aparente en el sistema silvopastoril fue alto lo cual trae como resultado una disminución de porosidad en el suelo.

El rango en que se encontró la porosidad del sistema silvopastoril fue de 63.19 - 65.65 % y el convencional de 61.04 - 65.20 %.(ver anexo 2 y 3).

Esto difiere con los resultados obtenidos por Roncallo, 2005 quien encontró una porosidad baja en ambos sistemas, con 35.5 para el sistema silvopastoril, con pastoreo y para el convencional con pastoreo 34.6 %.

La alta porosidad del sistema silvopastoril en estudio se debe a que los suelos tienen una baja densidad aparente, por lo tanto existe una menor compactación, a raíz de eso hay más presencia de poros lo que permite una mayor infiltración de agua.



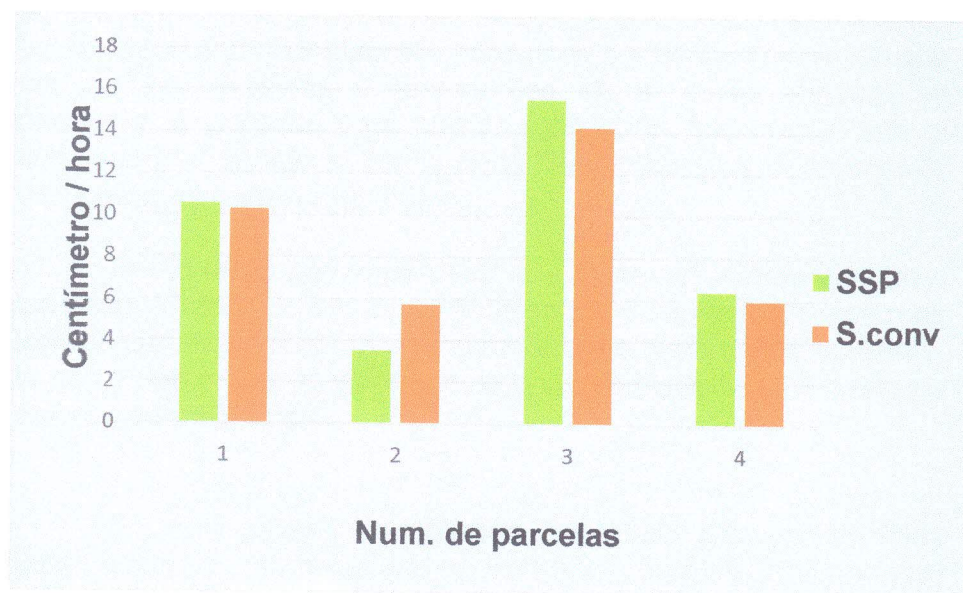
Gráfica 3: Profundidad efectiva en el suelo del sistema silvopastoril y convencional.

La profundidad efectiva en ambos sistemas se considera de somera a moderadamente profunda. Los valores más altos corresponden al sistema silvopastoril con un rango de 48.8-65 cm y el convencional de 44.1-61 cm; lo que significa que tiene suelos

más profundos debido al nivel de materia orgánica producida por los árboles dispersos y cercas vivas dentro del sistema silvopastoril.

La mayor profundidad también se debe a factores de formación, los suelos viejos tienen mayor profundidad efectiva.

Los datos encontrados coinciden con castillo (2005) al realizar un estudio sobre la selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos quien manifestó un hallazgo de 45 cm de profundidad efectiva en el área de bosque 42 cm en la de pasto y 38 cm en la de cultivo.



Grafica 4: capacidad de infiltración en sistema silvopastoril y convencional

La capacidad de infiltración en ambos sistema se dio de moderada a rápida. Se presentaron leves variaciones con relación a los dos sistemas la parcela (1) en el silvopastoril la velocidad estuvo dada

a 10.53 cm/hora la parcela (2), a una velocidad de 3.5 cm/hora la (3), a 15.54 cm/hora y la (4) a 6.40 cm/hora (ver anexo 2).

Mientras tanto en el sistema convencional la parcela (1) asumió una velocidad de 10.27 cm/hora, la parcela (2), 5.73 cm/hora, la (3), 14.23 cm/h y la (4), 5.97 cm/h. Como se puede observar los valores más alto los obtuvo el sistema silvopastoril a excepción de la parcela (2) que tuvo un valor más alto el convencional (ver anexo 3).

De igual manera el sistema silvopastoril resulto tener mayor capacidad de infiltración que el convencional a causa que en este mismo sistema se presentó mayor profundidad efectiva, menor densidad aparente y mayor porcentaje de porosidad; beneficiando así la capacidad de infiltración producida por el efecto positivo que causan los sistemas silvopastoriles en el suelo, aunque se exceptúa la parcela 2 ya que la infiltración fue menor que el convencional debido a que la densidad aparente y el porcentaje de porosidad fueron más bajos.

Por lo tanto podemos decir que estos resultados difieren a los encontrados por Bugarin, donde según su estudio los sistemas silvopastoriles obtuvieron un incremento de la densidad aparente, la porosidad presento valores más bajo, se evidenciaron menores valores de infiltración.

Por otra parte los resultados obtenidos difieren con Ríos quien encontró una velocidad de infiltración baja de 0.03 cm /hora en una pastura sobre pastoreada 0.46 en un banco forrajero 0.81 en una pastura mejorada con árboles y 0.96 en un tacotal. La rápida infiltración se dio por el bajo volumen de densidad aparente encontrado en diferentes sistemas al igual que la alta porosidad.

La lenta infiltración en la parcela 2 para ambos sistemas estuvo influenciada por la compactación, menor porosidad sumando a ello la textura arcillosa la cual impide que el agua filtre

rápidamente. La intensidad del pastoreo en el sistema convencional es un factor que pudo afectar la capacidad de infiltración, debido principalmente a la compactación del suelo por el pisoteo del ganado.

Los indicadores físicos mostraron poca variabilidad con respecto a los sistemas sin embargo, los valores más altos le corresponden al sistema silvopastoril, la baja variabilidad se debe a que este no está siendo bien manejado, la capacidad de carga por lote de potrero no es la adecuada; otro factor es la falta de rotación de potrero a su debido tiempo, además los arboles no están distribuido adecuadamente lo cual hace que los resultados de los indicadores varíen dentro del mismo sistema.

Estado químico del suelo en sistemas silvopastoriles y convencionales

Para describir el estado químico del suelo en los diferentes sistemas en estudio se tomaron en cuenta indicadores como: materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro y manganeso. El análisis se hizo en base al promedio de los diferentes indicadores por sistema los cuales se demuestran a continuación.

Tabla 20. Estado químico del suelo en el Sistema silvopastoril finca la primavera.

Núm. de parcela	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	H2O	%		ppm	meq /100 g suelo			Ppm			
1	5.6 9	3.8 9	0.1 9	2.2 2	0.3 7	10.9 8	3.4 5	69.85	2.7 5	21.9 5	146.5
2	4.9 9	4.6 4	0.2 3	1.5 9	0.2 4	8.1	3.0 6	84.35	3.4 5	6.55	72.4
3	6.0 7	4.9 4	0.2 5	2.2 2	0.6 6	15.7 6	4.2 4	76.29	5.4 5	12.4 5	199
4	5.4 5	3.0 9	0.1 5	3.3	0.5 4	11.8 8	3.2 6	288.3	4.6 5	20.2 5	146.2
Promedio	5.5 5	4.1 4	0.2	2.3 3	0.4 5	11.6 8	3.5	129.6 9	4.0 7	15.3	141.0 2

En estos resultados se puede apreciar que el sistema posee en suelo ácido lo que indica que el productor no utiliza técnicas de encalado para disminuir la acidez. Otro factor determinante pudo ser el exceso de lluvia lo cual ocasiona la lixiviación o lavado de cationes intercambiables y dan lugar a ser sustituidos por el hidrógeno y el aluminio que básicamente son los que provocan la alteración de acidez en el suelo.

Otro factor que pudo intervenir es la remoción de nutriente al utilizar cultivo intensivo de los pastos, al absorber los cationes principales (Ca, Mg y K) las plantas liberan hidrógeno para mantener el equilibrio dentro ellas esto como consecuencia genera una alta acidez. Un pH del suelo inferior a 5 se considera muy ácido y afecta la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), reduciendo la disponibilidad de macronutrientes para el buen desarrollo.

Estos resultados se asemejan a los encontrados por Roncallo, en su estudio de evolución de las propiedades del suelo en un arreglo agrosilvopastoril basado en Ceiba roja (*Pachira quinata*) donde el pH fue de 6.5 considerándose como ácido. De igual manera se relaciona con Espinoza, en su estudio comparación de sistemas pastoriles naturales con y sin árboles en condiciones del trópico húmedo donde se estuvo evaluando diferentes componentes entre ellos el suelo obteniendo un pH ácido de 4.4.

De acuerdo al análisis químico la materia orgánica presentó valores altos, se debe a la acumulación de los restos vegetales y animales existente dentro del sistema. Los residuos de las plantas constituyen el material principal originario de la materia orgánica del suelo. Coincide con Blaya y García (2003) al indicar que bajo condiciones naturales, todos estos residuos (partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, malas hierbas y otras plantas) aportan anualmente al suelo una gran cantidad de residuos orgánicos.

El contenido alto de materia orgánica se asemeja a lo encontrado por Roncallo, en el arreglo silvopastoril basado en ceiba roja quien obtuvo un valor medio de 3 % suele afirmar que estos comportamientos están asociados probablemente al retorno de minerales al suelo mediante la degradación de la hojarasca que aporta el arreglo silvopastoril y las deyecciones de heces y de orina de los animales que pastorearon estos lotes. De igual forma coincide con Espinoza, al revelar un contenido de 2.9 %.

El nitrógeno presentó una alta disponibilidad esto se debe al alto contenido de materia orgánica encontrado en el suelo lo cual coincide con Castillo (2005), quien afirma que la disponibilidad de este elemento en el suelo depende del contenido de materia orgánica. Otro factor determinante del alto contenido de nitrógeno encontrado se puede decir que es la humedad, los arboles dentro del sistema ayudan a conservar la humedad del suelo lo cual trae consigo el aumento de la velocidad del crecimiento vegetal, y con esto la tasa de producción de materia seca y por ende el contenido de nitrógeno.

Los valores obtenidos no coinciden con los resultados encontrados por Mahecha, (2002) quien reportó niveles medio con 0.14 %. De igual manera Espinoza (2005), registró porcentajes de 0.14 y 0.06%.

Con respecto al fósforo se encontró un bajo contenido. Esto se debe al pH al considerarse como el factor más importante en la regulación del fósforo disponible. La carencia de este elemento es causa de la alta acidez que presentó el suelo en el sistema, se considera que la disponibilidad de fósforo es óptima a pH de 6 a 7. Otro factor importante que pudo influir es el alto contenido de Zinc lo cual provoca una disminución de fósforo.

El resultado adquirido es similar al que reporto Espinosa, quien obtuvo 0.74 ppm lo que suele indicar poca disponibilidad. Sin embargo difiere a la cantidad encontrada por Roncallo (2012) al manifestar una alta disponibilidad 97 ppm al final de su estudio.

El potasio mostró un contenido medio lo cual se relaciona con la alta acidez. En suelos ácidos es fácilmente lavado, mientras que en suelos neutros o ligeramente alcalinos es retenido por el suelo. Su mayor disponibilidad se encuentra en pH cercanos a la neutralidad; otro factor es la alta movilidad de éste elemento es el *más móvil* después del nitrógeno, este elemento es absorbido a la superficie de la arcillas y se vuelve susceptible a las pérdidas por lavado y erosión.

Esto se asemeja con Espinoza al encontrar 0.06 meq /100 en un sistema y en el otro 0.08 meq/100. por otra parte varía con los resultados alcanzados por Roncallo, puesto que encontró 0.39 meq/100.

El calcio presentó un alto contenido al igual que el magnesio. Los valores altos están asociados con la acidez y la textura; en suelos ácidos y con textura fina se encuentran disponibles, sin embargo su mayor disponibilidad, aumenta en suelos alcalinos sumándose a ello el alto contenido de materia orgánica como una de las principales fuentes fijadoras de estos elementos.

Estos resultados difieren a lo que reporta Roncallo, quien afirma encontrar 9 meq/100 clasificándose como valor medio y con relación al magnesio un valor bajo de 2.2 meq/100.

Referente a los Micronutrientes se encontraron en alto contenido debido a que las plantas los absorben en menor cantidad que los macronutrientes, otro factor importante es el valor del pH, cuando se comporta ácido existe una mayor disponibilidad de estos. Esto coincide con Bernaola (2013) quien afirma que todos los micronutrientes excepto el Mo están más disponibles en pH de 5.5-6.0 estos elementos aumentan en solubilidad y

disponibilidad para las plantas cuando el suelo es ácido. A medida que el pH disminuye, aumenta su movilidad, por lo tanto un suelo básico o alcalino es susceptible de presentar déficit en hierro, magnesio, cobre y zinc.

Dichos resultados son diferentes a los que adquirió Roncallo quien encontró valores bajo con 0.80 ppm para el zinc 2.85 ppm con respecto cobre. Sin embargo el magnesio tuvo un valor medio con 2.95 ppm.

Tabla 21. Estado químico del suelo en sistema convencional finca Santa Martha.

Núm. de parcela	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	H ₂ O	%		Pp m	me/100 g suelo			Ppm			
1	5.8	3.9 5	0.2	3.4	0.3 3	8.3 4	2.8 3	73.75	4.2 5	51.1 5	185
2	5.3 2	2.8 6	0.1 4	3.52	0.2	9.6	2.2 7	50.05	4.6 5	33.1 5	62.2
3	5.0 8	3.9 5	0.2	3.11	0.3 1	8.1 4	2.3	88.05	4.2 5	11.9 5	108. 3
4	5.2 7	1.6 2	0.0 8	2.11	0.1 5	8.9 4	2.9	150.6 5	3.7 5	14.2 5	59.4
Promedio	5.3 6	3.1	0.1 5	3.03	0.2 4	8.7 5	2.5 7	90.62	4.2 2	27.6 3	103. 7

En el sistema convencional la materia orgánica presentó niveles medio. Este contenido se asocia a la poca existencia de árboles dentro del sistema por lo cual no existe una acumulación de restos vegetales que favorezcan un incremento ni proporcionen protección a la capa superficial del suelo provocando así el escurrimiento y lavado del humus.

El porcentaje encontrado coincide con Roncallo, el cual manifiesta encontrar un contenido bajo de 0.46 %. De la misma manera concuerda con Espinoza, quien estudio dos fincas convencionales relata contenidos con un rango de 1.6- 2.4 %. Por otra parte se asemeja con Cortez (2014) en su estudio físico-

químico en determinado número de potreros sin la presencia de árboles reflejo un contenido de 1.8-2.3 %.

El contenido de nitrógeno fue medio lo cual está vinculado a los escasos de materia orgánica como principal fijadora al contener el 5 % del nitrógeno. Otro aspecto que cabe señalar es la falta de humedad del suelo por la falta de árboles que puedan favorecer la retención; por lo tanto no existe un incremento de la cobertura vegetativa para incrementar la materia orgánica y por ende el nitrógeno en el suelo.

El valor obtenido de nitrógeno no coincide con Espinoza, al encontrar un valor bajo 0.08 % el cual suele afirmar que se debe al poco contenido de materia orgánica en el suelo.

El fósforo se encuentra a niveles bajo, al igual que en el sistema silvopastoril está determinado por la acidez del suelo la cual tiende a disminuir la concentración de este elemento la alteración de zinc y a la poca existencia de materia orgánica dentro del sistema.

Los resultados obtenidos coinciden con Espinosa, en un sistema pastoril sin arboles quien obtuvo una cantidad de 0.7-0.87 ppm. Por otra parte difiere con Roncallo, al encontrar un contenido de 40.5 ppm

El potasio se encontró en mínima cantidad, sin embargo el magnesio fue medio y el calcio mostró alto contenido. La deficiencia de potasio pudo estar dada por el lavado de este elemento lo cual suele ser común en suelos ácidos. El alto contenido de calcio y de magnesio tiene estrecha relación con el pH el cual a pesar de la alta acidez suele estar disponible.

Esto coincide con Espinoza, quien encontró una baja disponibilidad de potasio con valores de 0.01-0.07. También es similar a lo encontrado por Cortez, quien reportó un contenido de 0.8-0.07 meq/100. Con respecto al magnesio difiere a lo encontrado por Roncallo al obtener un alto contenido de 2.15

meq/100. Referente al calcio coincide con Roncallo, al obtener 6.78 meq/100.

Los suelos ácidos afectan la disponibilidad del potasio su contenido amplio tiende a suelos neutros. El contenido de calcio mantiene su disponibilidad en suelos ácidos sin embargo prefiere suelos alcalinos.

Referente a los micronutrientes presentaron valores relativamente altos. Los valores encontrados están asociados con el pH ácido los cuales en este rango tienden a aumentarse; ambos sistemas de producción presentaron un pH ácido, con relación a los dos sistemas en estudio la materia orgánica se encontró en mayor cantidad en el sistema silvopastoril que en el convencional, esta diferencia se debe a que este sistema posee una mayor presencia de árboles.

Los resultados concuerdan con Cortez, quien para el hierro encontró de 141-468 ppm de igual manera el cobre arrojó valores alto de 4.42. Con respecto al Zinc difiere por lo que se encontró un contenido bajo de 1.60 y para el manganeso adquirió valores medio de 8-10 ppm.

En relación a ambos sistema con respecto al estado químico el nitrógeno se comportó más alto en el sistema silvopastoril debido a la alta cantidad de materia orgánica; por otra parte el fósforo y el potasio mostraron bajo contenido en ambos sistemas influenciado por la alta acidez que suele afectar su disponibilidad; mientras tanto el calcio estuvo disponible en diversas unidades de producción ya que este no se ve afectado por la acidez del suelo pero tiende a ser más alto en suelos alcalinos.

El magnesio presentó un contenido más bajo en el sistema convencional dado a la baja concentración de materia orgánica como una de las principales fijadoras de este elemento. Los micronutrientes presentaron una alta concentración en ambos

sistemas, los cuales tienden a aumentar su contenido en suelos ácidos.

La variación del estado químico entre ambos sistemas fue leve esto se debe a que el sistema silvopastoril no cuenta con las **especies** indicadas que contribuyan de manera eficaz con la **fertilidad** del suelo.

VI. CONCLUSIONES

En ambos sistemas de estudio con respecto al estado físico del suelo no existen graves problemas de compactación, la porosidad oscila entre niveles de alta a muy alta, la infiltración varía de moderadamente lenta a rápida y con respecto a la profundidad ambos sistemas suelen ser de someros a moderadamente profundos.

Referente al estado químico con respecto a los macronutrientes en ambos sistemas existe deficiencia de fósforo y potasio; sin embargo los micronutrientes presentaron alta disponibilidad, el sistema silvopastoril tiene un alto contenido de materia orgánica, mientras tanto en el convencional tuvo valores de bajo a medio.

VII. RECOMENDACIONES

A productores de las finca en estudio

A ambos productores que cambie el tipo de pastoreo de continuo a rotativo, con el fin de aumentar la eficiencia de los potreros a través del descanso, permitiendo la recuperación de los mismos, de igual manera para evitar la compactación y degradación de los suelos.

Que apliquen la técnica del encalado para disminuir la acidez del suelo como factor influyente en la disponibilidad de los nutrientes.

Al propietario del sistema silvopastoril que establezca más especies leguminosas forrajeras que mejoren el estado físico-químico del suelo.

Al propietario del sistema convencional que opte por las técnicas silvopastoriles como alternativas de conservación y protección del suelo

A los productores en general:

Que implementen técnicas de producción amigables como el establecimiento de sistemas silvopastoriles, los cuales contribuyen con la conservación de la fertilidad del suelo y múltiples beneficios al medio ambiente.

Que participen en capacitaciones sobre sistemas silvopastoriles para que puedan introducir especies que presenten relevancia dentro del sistema y darles un buen manejo.

A la universidad:

A la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN-Las Minas), que se brinde

acompañamiento a los productores de diferentes sistemas de producción instándolos al uso de sistemas silvopastoriles como técnicas amigables con el medio ambiente.

Que trabaje de manera coordinada con otras instituciones delegadas a la protección y conservación del suelo como importante recurso natural.

A las instituciones

Que les den acompañamiento a los productores que trabajen con enfoque agropecuario

Que promuevan el uso de sistemas silvopastoriles dentro de sus políticas institucionales como medio de conservación del entorno físico.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilar, B. (2011). El suelo del cultivo y las condiciones climáticas. Junio, Málaga, España: IC. Recuperado el 16 de Marzo de 2017, de <http://site.ebrary.com/lib/bibliouraccansp/detail.action?docID=10692995>.
- Alejandrino, P. (2013). *Manual de procedimientos analíticos*. Recuperado el 12 de mayo de 2017, de Laboratorio de suelos: http://ingenieria.unimagdalena.edu.co/IAG/index.php/sistemadocumental2/doc_download/25-manual-de-procedimiento-laboratorios-de-suelos.
- Andrades, M., & Martínez. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen (3 era ed.).(U. d. Roja, Ed.) Logroño. Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Ávila, V. J. (2006). *Acidez del suelo*. Recuperado el 4 de Mayo de 2017, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf
- Blaya, S., & García, G. (2003). Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal (2da ed.). Murcia, España: Mundi-prensa. Recuperado el 18 de febrero de 2017, de <http://site.ebrary.com/lib/bibliouraccansp/reader.action?docID=10246547>
- Bugarín. (2010). Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferente sistema silvopastoril en la llanura norte de Nayarit. *Cultivo tropical*, 31(2), 48-55.

Recuperado el 7 de abril de 2017, de
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n2/ctr07210.pdf>

Castillo, M. (2005). Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas en la microcuenca cuscamá el Tuma- La Dalia Matagalpa. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 20 de Febrero de 2017 de
<http://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>

Cortez, M., Zarate, L. J., Rodríguez, C. M., & Tobar, H. L. (31 de Agosto de 2014). Estrategias tecnológicas para detectar la degradación de pasturas en la colonia agrícola de Acacias Meta. Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de
<https://es.slideshare.net/dayroenriquecortesmartinez/degradacion-de-pasturas-colonia>.

Espinoza, L. (2006). *Evaluación comparativa en sistemas pastoriles con y sin árboles, en condiciones del trópico húmedo .Nueva Guinea, (RAAS)*. Managua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 4 de abril de 2017 de
<http://repositorio.una.edu.ni/1309/1/tnf01e77e.pdf>

Flores, D. (2010).Manual de Procedimientos Analíticos. Recuperado el 12 de Mayo 2017 de <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafologia/manuales/manuales%20del%20laboratorio%20de%20fisica%20de%20suelos1.pdf>

Gonzales, J. (2013).Costos y beneficios de un sistema silvopastoril. Avances de Investigación Agropecuaria, 3(17), 35-50. Recuperado el 19 de marzo de 2017, de
<http://www.scielo.org.co/pdf>

Gálvez, G. J. (2016). *Identificación de dos parámetros de la calidad del suelo bajo dos sistemas de producción ganadera*. Universidad de Manizales. Caldas: Facultad de

ciencias e ingenierías. Recuperado el 8 de abril de 2017 de
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2872>

Hernández, R. (2002). Nutrición Mineral de las plantas. Recuperado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/#macronutrientes>

Hossne García, A. J., & Cedeño Campos, H. J. (2012). Comparación de tres métodos para determinar densidad aparente y solidez en tres suelos franco. UDO Agrícola, 12(4), 861-872. Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de <http://udoagricola.udo.edu.ve/V12N4UDOAg/V12N4Hossne861.pdf>

Ibarra, D., & Ocampo, J. (10 de Agosto de 2013). *Análisis de Nitrógeno*. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de Método Kjeldhal: <https://prezi.com/ktluzjty0sjm/analisis-nitrogenoen-suelos-metodo-kjeldahl/>

Jiménez, I., & Rodríguez, L. (2008). *Diagnóstico de la infiltración y permeabilidad en los suelos*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Sucre, Sincelejo. Recuperado el 30 de Abril de 2017 de <http://repositorio.unisucra.edu.co/bitstream/001/213/2/551.49J61.pdf>

Jiménez, M. (2006). *propiedades física del suelo en un sistema silvopastoril con Nacedero*. Managua: Universidad nacional Agraria. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://repositorio.una.edu.ni/1348/1/tnp06j61.pdf>

MAG. (2011). *Uso actual Y potencial del suelo*. Recuperado el 13 de Mayo de 2017, de http://www.analisis_uso_suelo_1.pdf

- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Col Cien Pec*, 226-231. Recuperado el 25 de Abril de 2017 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242906>
- Marconi, G. (2011). *El suelo* (3ra ed.). Choluteca, Honduras: El CID. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/bibliouraccansp/reader.action?docID=10609005>
- Martínez, C. (2009). Edafología II. Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de Manual de prácticas de laboratorio: <https://es.slideshare.net/javierelorrleta/17556342-manual-de-laboratorio-de-edafologia>.
- Martínez, J. (2013). *Producción y descomposición de hojarasca en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el valle medio del Río Sinú*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 6 de marzo de 2017 de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11621>
- Miranda, T., & Machado, H. (2007). Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. *Pastos y Forraje*, 30(4), 1-9. Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400007
- Ríos, N. Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F.,... Woo, A. (2013). Escorrentía superficial e infiltración en sistemas silvopastoriles y convencionales. *Agroforestería en las Américas* (45), 67. Recuperado el 23 de febrero de 2017, de <http://www.sidalc.net/repdoc/A6009e/A6009e.pdf>

- Pellegrini, A. (2014). Curso de edafología. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de textura y color del suelo: Mod_resource/content/2/tem%20Y%20COLOR.pdf
- Pizarro, R., Sangüesa Claudia, Flores Pablo, & Martínez, E. (2007). Curvas de infiltración. Recuperado el 12 de mayo de 2017 de http://eias.entalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/c_modulo_curva_infiltracion.pdf
- Roncallo, B. (2012). Evolución de las propiedades del suelo en un arreglo silvopastoril basado en ceiba roja (*Pachira Quinata*). *Corpoica -ciencia y tecnología Agropecuaria*, 167-178. Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/252/255>
- Sáenz, C., & Cruz, Juan. (2015). Gestión de suelo y agua en sistemas productivos de la provincia de San Luis (primera ed.). Buenos Aires: INTA. Recuperado el 23 de marzo de 2017, de http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-gestion_del_suelo_y_agua.pdf.
- Soriano, s., Desamparados, M., Sancho, J., civera, A., Belmonte, V., Giner, J., & Gonzáles, v. (2004). Prácticas de diagnóstico y fertilidad de suelos. Valencia, España: Universidad politécnica de valencia. Recuperado el 20 de febrero de 2017, de <http://site.ebrary.com/detail.action?docID=10065380>
- Torres, J. C. (10 de septiembre de 2014). Evolución de los suelos del piedemonte altillanuras y sus características físicas químicas. Recuperado el 08 de Mayo de 2017, de <https://es.slideshare.net/javierivan39/julio-suelos>

Vaca, P. (2014). Estudio de la fertilidad de los suelos con pequeños productores y productoras. Recuperado el 05 de Mayo de 2017, de <https://es.slideshare.net/PedroBaca1/estudio-dela-fertilidad-de-suelos>

Viachica, E. A. (2009). Análisis de la utilización del recurso suelo en Nicaragua. La Calera, 9(12), 49-51. Recuperado el 13 de Mayo de 2017, de <http://www.lamjol.info/index.php/CALERA/article/view/7>

Zapata, Á., Zuluaga, F., Uribe, F., Murgueitio, E., César, C., Fernando, J.,... Valencia, M. (Junio de 2011)., Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles. Recuperado el 24 de Marzo de 2017 de org/uploads/tx_arbonn.carbonndata/establecimientosistemas-silvopastoriles

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato para recolectar datos de infiltración

Tiem po	Lec. (Cm)	IT (min)	INT Lec (cm)	Lec Acum (cm)	VI (mm/hr)	VI (cm/min)	VI (cm/h)
0	44	0	0	0			
1	46.1	1	2.7	2.7	1620	2.7	162
5	47.3	4	2.1	4.8	315	0.525	31.5
10	48.8	5	1	3.1	120	0.2	12
15	49.2	5	1.2	2.2	144	0.24	14.4
20	49.3	5	1	2.2	120	0.2	12
25	49.5	5	0.5	1.5	60	0.1	6
30	49.6	5	0.5	1	60	0.1	6
35	49.8	5	0.5	1	60	0.1	6
40	50	5	0.5	1	60	0.1	6
45	50.1	5	0.5	1	60	0.1	6

Anexo 2. Indicadores físicos del suelo en el sistema silvopastoril

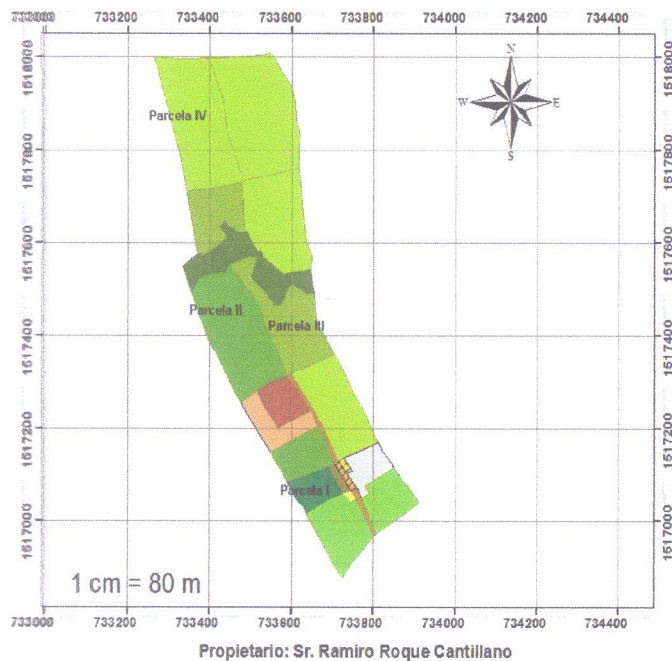
	Indicadores físicos del suelo				
	Profundidad efectiva (cm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad total (%)	Infiltración de agua (cm/h)	Clase textural
Parcela I	48.8	0.91	65.65	10.53	Arcillo Limoso
Parcela II	65	1.05	60.33	3.5	Arcilla
Parcela III	63	0.98	63.19	15.54	Franco Arcilloso
Parcela IV	49.8	0.98	63.19	6.40	Franco Arcilloso

Anexo 3. Indicadores químico del suelo en sistema convencional

Núm. de parcela	Indicadores físicos del suelo				
	Profundidad efectiva (cm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad total (%)	Infiltración de agua (cm/h)	Clase textural
Parcela I	46	0.92	65.20	10.27	Franco Arcilloso
Parcela II	61	0.96	63.76	5.73	Arcilla
Parcela III	57	1.03	61.04	14.23	Arcilla Limoso
Parcela IV	45.1	1.03	61.04	5.97	Arcilla Limoso

Anexo 4. Parcelas de muestreo en el sistema silvopastoril

Finca La Primavera

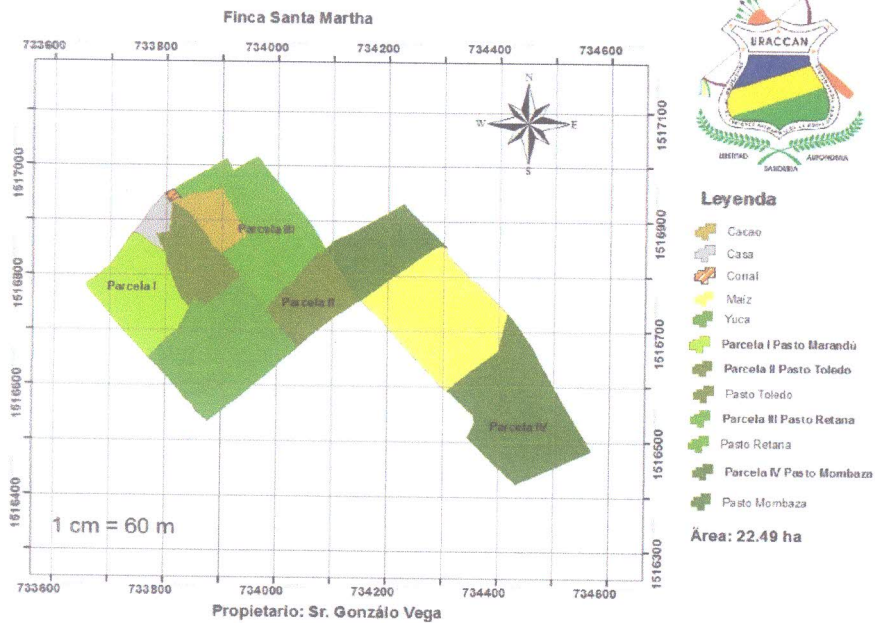


Leyenda

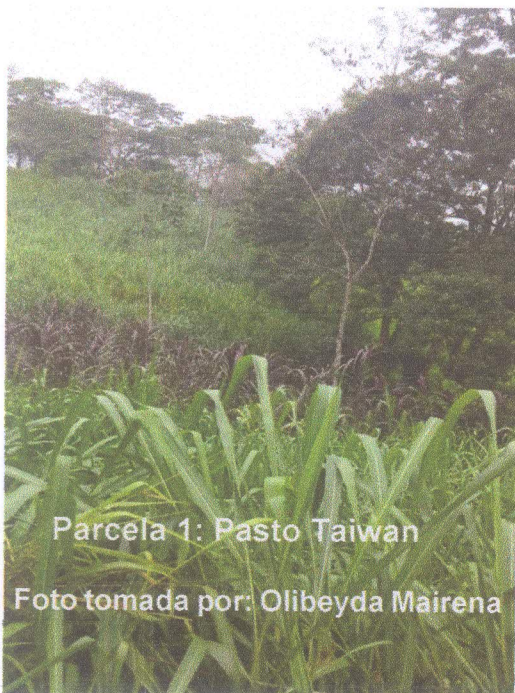
-  Callejones
-  Corral
-  Porquería
-  CASA # 1
-  Casa # 2
-  Banco de proteína
-  Pasto Toledo
-  Parcela I Pasto Taiwan
-  Mombasa
-  Área de cultivo
-  Cacao
-  Parcela II pasto Mombasa
-  Área de Bosque
-  Pasto Retana
-  Parcela III Pasto Retana
-  Pasto Marandú
-  Parcela IV Pasto Marandú

Área: 29.96 ha

Anexo 5. Parcelas de muestreo en el sistema convencional

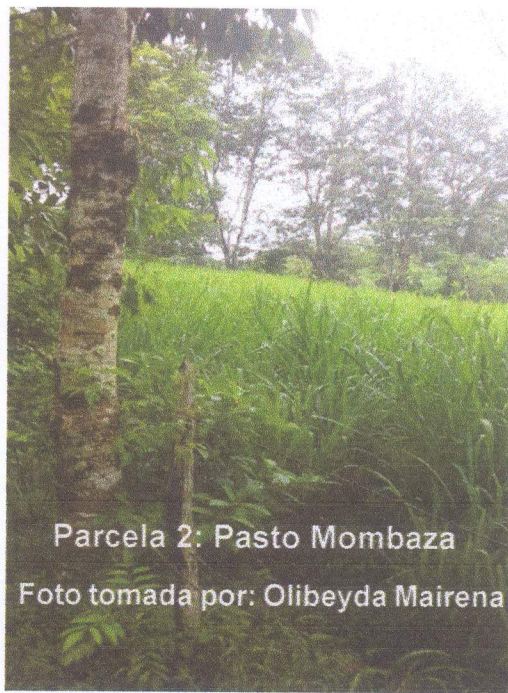


Anexo 6. Imágenes del sistema silvopastoril



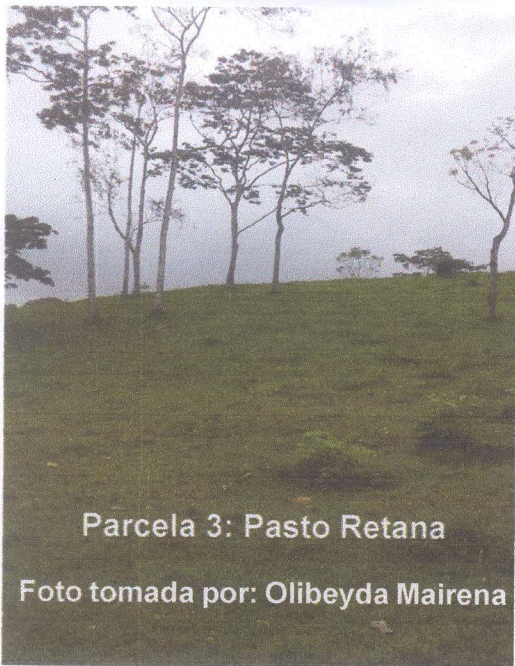
Parcela 1: Pasto Taiwan

Foto tomada por: Olibeyda Mairena



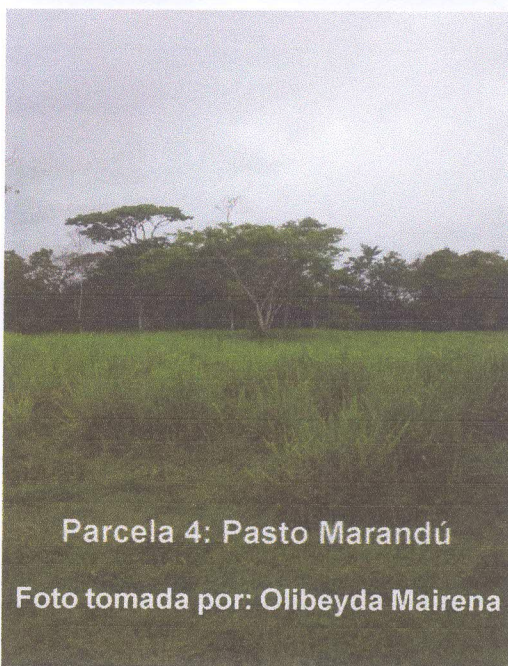
Parcela 2: Pasto Mombaza

Foto tomada por: Olibeyda Mairena



Parcela 3: Pasto Retana

Foto tomada por: Olibeyda Mairena



Parcela 4: Pasto Marandú

Foto tomada por: Olibeyda Mairena

Anexo 7. Imágenes del sistema convencional

