

**Universidad Católica del Trópico Seco
Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda**



**Trabajo de tesis para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario**

**Caracterización de suelo en ocho fincas ganaderas
de Mirafior bajo sistemas silvopastoriles
y manejo de pasturas. Estelí, 2016-2017**

Autores

Jorge Luis Casco López
Olnier Reynaldo Guevara Casco

Tutora

M.Sc Flavia María Andino Rugama

Asesor

Ing. Jimmy Antonio Meza

Estelí, julio de 2017

Este estudio es desarrollado conjuntamente por la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE) y Catholic Relief Services (CRS – Nicaragua) a través del Proyecto Agricultura, Suelo y Agua (ASA).

Se estimula la citación. Se pueden traducir y/o reproducir extractos cortos del texto sin previo permiso, a condición de que se indique la fuente. Para la traducción o reproducción del texto total se deberá notificar de antemano a los coejecutores. Los autores son los únicos responsables del contenido y de las opiniones expresadas; la publicación no implica la aprobación por parte de CRS-Nicaragua.



ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1. El suelo.....	4
3.2. Sistema silvopastoril.....	11
3.3. Fertilización de pastos	21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Ubicación de la zona de estudio.....	25
4.2. Selección de fincas y productores incluidos en el estudio	25
4.3. Variables del estudio	27
4.4. Diseño del estudio	30
4.5. Técnicas de análisis	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	34
5.2. Comportamiento de la humedad y macro fauna del suelo	40

5.3. Características de los componentes silvopastoriles (árboles y pasturas)	48
5.4. Condiciones de manejo productivo ganadero de las fincas en estudio	55
5.5. Planificación de actividades del establecimiento de parcelas de pastura o silvopastoriles.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES	63
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	65
IX. ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Información de los productores y fincas seleccionadas	26
Tabla 2 . Evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio.....	35
Tabla 3. Densidad aparente (DA), condición de la textura y % de agregados del suelo por parcela	36
Tabla 4. Macronutrientes del suelo según resultados de análisis de suelo	37
Tabla 5. Micronutrientes por parcela de acuerdo a resultados de análisis de suelo	38
Tabla 6. pH en H ₂ O y pH en KCl por parcela (Resultados análisis de suelo).....	39
Tabla 7. Estadísticos descriptivos para la variable humedad gravimétrica por comunidad y tipo de parcela	43
Tabla 8. Análisis de Kruskal Wallis y Mann Whitney para la variable humedad gravimétrica por comunidad y tipo de parcela	44
Tabla 9. Estadístico Kruskal Wallis por mes para humedad gravimétrica en los meses de mayo 2016 a 2017 para cada productor según tipo de parcela.....	45
Tabla 10 . Valoración del conteo de lombrices en el suelo según resultado de la evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio.....	46
Tabla 11. Prueba T para la variable macro-fauna (lombrices) según tipo de parcela.	47
Tabla 12. Prueba de Mann Whitney para otras especies de la macro-fauna y peso de raíces por tipo de parcela	48
Tabla 13. Especies arbóreas y cobertura promedio presentes en las parcelas de estudio.....	49
Tabla 14. Especies arbóreas y cobertura promedio presentes en las parcelas de estudio.....	50
Tabla 15. Prueba de Mann Whitney para materia seca	53
Tabla 16. Correlación de Spearman entre las variables Humedad, Materia seca y Cobertura de suelo.	54
Tabla 17. Estado de las parcelas de los productores incluidos en la investigación	55
Tabla 18. Propuesta de actividades y prácticas para las parcelas ASA en el área de estudio	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Porcentaje de Materia orgánica por productor	40
Figura 2. Comportamiento de la Humedad gravimétrica por comunidad	41
Figura 3. Precipitaciones de la comunidad el Cebollal, Mirafior	42
Figura 4. Cobertura y densidad de árboles por hectárea durante el periodo 2016-2017	52
Figura 5. Media para la variable Materia seca según tipo de parcela.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. composición física del suelo Hillel (1998). ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 2. Definición de los separados del suelo (Generealizado parcialmente de Montenegro y Malagón, 1990).....	70
Anexo 3. Guía para la evaluación de la saluda y sostenibilidad de suelos forrajeros (Adaptado de Bellows 2009, Sullivan y Sharp 2010).....	70
Anexo 4. Consumo y excreción de nutrientes de los rumiantes en pastoreo (Adaptado de Beetz, 2002)	71
Anexo 5. Geo referencia comunidad en Cebollal, Miraflor Moropotenté, Estelí.	72
Anexo 6. Geo referencia comunidad la Pita, Miraflor Moropotenté, Estelí.....	72
Anexo 7. Hoja para recolección de datos de la evaluación visual de suelo.	73
Anexo 8. Hoja de campo para toma de datos de Biomasa y Cobertura de suelo.	74
Anexo 9. Hoja de campo para la toma de datos de humedad de suelo.....	74
Anexo 10. Hoja de campo para la toma de datos de cobertura aérea.	74
Anexo 11. Diagnóstico retrospectivo.	75
Anexo 12. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las variables Huemdad, Materia seca y Cobertura de suelo.	78
Anexo 13. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variable Humedad gravimétrica.....	78

DEDICATORIA

Dedicado a Dios autor de la vida quien nos dió fortaleza y salud para salir adelante, permitiéndonos haber sido partícipes de las acciones desarrolladas durante el estudio, a nuestros padres por su arduo esfuerzo, comprensión y apoyo en momentos memorables y de preocupación, a nuestros maestros y docentes de la universidad en especial a M.S.c Flavia María Rugama por sus consejos y valiosos aportes para la culminación de nuestra tesis profesional.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios padre por la fuerza, compañía, y protección durante todo este proceso de investigación y preparación; permitiéndonos llegar a ésta instancia de manera satisfactoria.

A nuestros padres, hermanos y familiares que de una u otra manera nos apoyaron durante este ciclo, formando parte de cada uno de nuestros triunfos y tropiezos durante nuestros años de formación y realización de este trabajo profesional.

No nos podemos olvidar de nuestros maestros de la universidad, en especial de M.Sc. Flavia María Rugama e Ing. Jimmy Antonio Meza que nos acompañaron durante el trayecto y con su ejemplo y conocimiento logramos comprender, mejorar y ampliar cada una de las fases científicas que comprendía la realización de nuestro trabajo.

Agradecemos el acompañamiento y beneficios que nos brindó CRS (Catholic Relief Services) durante el año de implementación de nuestro estudio y la facilidad de adquirir conocimientos mediante los procesos que ellos como institución manejan en sus entornos laborales.

Olnier Guevara: de manera personal agradezco a mi compañero de clases y compañero de tesis Jorge Luis Casco López, por el amplio esfuerzo, empeño y sacrificio que mostró durante la construcción de este documento que hoy por hoy nos permite llegar a nuestra defensa del título profesional.

Agradecemos a UCATSE como tal, por la formación integral brindada durante nuestra instancia, formación integrada por varias personas que sin duda formaron parte de nuestro caminar para llegar a este punto.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en parcelas de fincas ganaderas de las comunidades La Perla, La Pita y El Cebollal en la Reserva Natural Miraflor-Moropotenté Estelí, durante el periodo 2016-2017 con el objetivo de responder al problema de actualidad, la baja fertilidad de los suelos sobre todo en los sistemas de explotación pecuario. Los datos fueron procesados en SPSS versión 23 y para variables monitoreadas una vez se realizó un análisis descriptivo. Para comparar variables cuantitativas se realizó una prueba Mann Whitney. Se establecieron dos variedades de pasto: marandú y mombasa. Como resultado de la evaluación visual de suelo todas las parcelas presentaron mejores condiciones en estructura, porosidad y coloración, los aspectos de menor aproximación a rangos óptimos fueron profundidad, cobertura y compactación. Las parcelas presentaron deficiencias de N, P, S, Br, Cu, y Zn respectivamente. Los valores mínimos y máximos de materia orgánica en las parcelas fluctuaron entre 3.87% y 10.23%. El Cebollal presentó mayor valor respecto a las medias (45.49 %) además, hubo una diferencia de humedad en las parcelas, con una media de 38.14 para la parcela Testigo y 45.37 para la parcela ASA. Las diferencias entre comunidades y parcelas fueron estadísticamente significativas distribuyéndose las tres comunidades en dos grupos estadísticos siendo superiores las parcelas del Cebollal (45.49 %) con una p-valor de <0.0001. Para valores de Macro-fauna las dos parcelas no fueron diferentes estadísticamente dado a que las prácticas hasta ahora desarrolladas no generaron cambios suficientes en el ecosistema. Solo tres especies arbóreas presentes en los sistemas eran deseadas para establecer un SSP (*Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Lippia myrioccephala*). Las correlaciones entre cobertura y materia seca fueron bajas, pero estadísticamente significativas encontrándose relación positiva entre ambas. Se elaboró una planificación de actividades de acuerdo a las características y necesidades de los terrenos por productor.

Palabras clave: Humedad gravimétrica, propiedades físico-químicas, materia seca, macro fauna, silvopastoriles.

I. INTRODUCCIÓN

La dinámica de los ecosistemas de pastos, y en especial la relación suelo-pasto-fertilidad, ha sido un tema poco estudiado en el contexto nicaragüense. La fertilidad del suelo está en función de la eficiencia del reciclaje continuo de nutrientes y la proporción de nutrimentos no disponibles, ya sea en la biomasa o en el suelo, depende del clima. Su conservación se ha basado en un balance de nutrimentos, que incluye la cantidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los forrajes para una producción esperada y la eficiencia de la absorción de los nutrimentos por las plantas aplicados como fertilizantes (Bernal, 2003).

En los últimos años, en la mayoría de los países de la América Tropical, se presentan problemas de baja productividad en el ganado. Dentro de las causas que motivan esta disminución se encuentran la baja disponibilidad, calidad de los forrajes, el alto nivel de degradación de estos y de los suelos.

Si bien la ganadería es una actividad productiva importante, cada vez sus efectos negativos para el suelo se hacen más evidentes. Por esta razón, uno de los principales retos que enfrenta la ganadería, es la necesidad de desarrollar un sistema viable con forrajes que sean capaces de asegurar una producción incrementada y sostenible con un mínimo de degradación del recurso suelo (Kang, 1994.). Un suelo sujeto a un pastoreo continuo, se degrada lentamente porque pierde su fertilidad actual si la restitución de los nutrimentos del suelo, bien sea en forma de heces, fertilizante orgánico, fertilizante inorgánico, o una combinación de estos tres insumos, es insuficiente.

Los suelos de las explotaciones de ganado están expuestos a diversos tipos de interacciones entre los animales, las plantas y el suelo. El pisoteo animal, tiene como resultado final su efecto en la compactación del suelo, lo cual termina afectando el hábitat de las raíces, microorganismos y la productividad de los pastos, ya que el suelo reduce su capacidad para retener agua y suministrar oxígeno Defosse, (2002.).

Además, la compactación del suelo puede originar o acelerar otros procesos de degradación del suelo, como la erosión o los deslizamientos de tierras, ya que al reducir la capacidad de infiltración, incrementa la escorrentía en los terrenos con pendiente. La presencia de una capa compactada hace que la capa superior del suelo sea más proclive a la saturación hídrica y, por ende, más pesada permitiendo su deslizamiento. En las partes llanas, la compactación puede dar lugar a la anegación de terrenos, con la consiguiente destrucción de agregados y la formación de costras Handeh, (2003).

En esta investigación se analizó las propiedades físico-químicas, biológicas del suelo y las condiciones de manejo de la producción ganadera de las fincas en estudio que se ubican en la Reserva Natural Miraflores-Moropotente, de tal modo que facilitaran información para la planificación de diferentes prácticas de conservación y manejo de pasturas, que incidan en el mejoramiento del rendimiento y los ingresos de los productores.

El estudio se realizó en conjunto con CRS (Catholic Relief Services) como una iniciativa nacional y mesoamericana, siendo los principales beneficiarios productores de escasos recursos dedicados al cultivo de granos básicos y la ganadería principalmente. La información generada fue muy útil en primera instancia para los productores y en segundo lugar para las instituciones que apoyan este sector y que están involucradas en esta iniciativa.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar las propiedades del suelo y las condiciones de manejo de la producción ganadera, que facilite información para la planificación de prácticas de conservación de suelo y manejo de componentes silvopastoriles o pasturas en ocho fincas de las comunidades La Perla, La Pita y El Cebollal de Miraflores Moropotente, en el período 2016-2017.

Objetivos específicos

Describir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en las parcelas ganaderas definidas en el estudio.

Comparar el comportamiento de la humedad y macro fauna del suelo durante el periodo del estudio en las parcelas con prácticas de conservación y la parcela de manejo tradicional.

Determinar las características de los componentes silvopastoriles (árboles forestales y pasturas) de las parcelas en estudio, así como los rendimientos y producción de biomasa para la alimentación de ganado.

Identificar las condiciones de manejo productivo ganadero de las fincas en estudio, que facilite información para la planificación de actividades del establecimiento de parcelas de pastura o silvopastoriles.

III. MARCO TEÓRICO

El suelo

El suelo, es un sistema heterogéneo, polifásico, particulado, disperso y poroso en el cual el área interfacial por unidad de volumen puede ser muy grande. Las tres fases que componen el sistema suelo según Hillel, (1998) son:

- La fase sólida, compuesta por el conjunto de las partículas inorgánicas (cristalinas y no cristalinas) y las orgánicas.
- La fase líquida, que la componen el agua y los solutos que están disueltos en ella, es decir, la fase líquida es, en realidad, una solución: la solución del suelo.
- La fase gaseosa: o atmósfera del suelo, formada por todos aquellos compuestos que se presentan en forma gaseosa y cuyos representantes más abundantes, en condiciones de aireación adecuada del suelo son el CO₂, O₂ y vapor de agua.

En la conceptualización clásica de la edafología se cuantifica la relación de los componentes físicos del suelo en que se asigna a la fase sólida un valor de 50% del volumen del suelo, repartido en 45% de componente mineral y 5% de componente orgánico; el volumen restante se reparte en cantidades iguales entre las fases líquida y gaseosa (Hillel, 1998).

Como lo recuentan Hillel, (1998), Buol S., (1997), Malagón, (1995), Porta, (1994) y Staff, (2006), entre otros autores, el término suelo ha tenido acepciones verdaderamente simplistas como sería desde el punto de vista del agricultor, quien lo ve como el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas Worthen E., (1949). Mientras que, desde el punto de vista de un ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia y para un químico, es el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa.

Según trabajo de Buol S., (1997) el término suelo se utiliza para definir “*aquellos horizontes de la roca que diaria o casi diariamente cambian sus relaciones bajo la influencia conjunta del agua, el aire y varias formas de organismos vivos y muertos*”.

3.1.1. Características físicas del suelo

Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición, la identidad de la sustancia. Dentro de las propiedades más sobresalientes, radican la textura, estructura, humedad del suelo los cuales crean un estado e influyen directamente en la definición de clasificación del suelo según sus características.

- **La textura.** Es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) y son definidas, según varias instituciones internacionales (anexo 2), generalizado parcialmente por Malagón, (1995). La textura al ser una propiedad exclusiva de la fase sólida del suelo y más específicamente, de la fracción inorgánica es, además, una propiedad fuertemente dependiente del material parental del suelo; estableciendo las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina que se encuentra en él.
- **Humedad.** Al aumentar el contenido de humus, se incrementa la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, sobre todo si es un suelo arenoso; además, mejora, notablemente, las relaciones hídricas del suelo, al mejorar la infiltración y reducir las pérdidas de agua por evaporación; todo lo anterior contribuye a aumentar la actividad química y biológica del suelo y por tanto su evolución (Buol S., 1997).

Si el contenido de humedad del suelo es elevado, el impacto de la pesuña suele provocar deformación de la superficie del suelo Handeh, (2003), lo cual genera un aumento en la densidad aparente, disminución de la porosidad, la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración. Es por esta razón que el valor de la densidad aparente es un buen índice del grado de compactación del mismo, o sea de la reducción del espacio poroso no capilar, responsable de la infiltración y de la aireación del suelo. Varios autores coinciden al reportar que el crecimiento de los pastos se ve reducido por la compactación del suelo ya que reduce la tasa de rebrotes e incrementa el número de malezas (Staff, 2006).

Defossez & Richard, (2002) Considera que los principales problemas físicos del suelo que restringen la producción vegetal y que se relacionan con el laboreo del mismo son:

- Impedancia mecánica.
- Estrés de agua (déficit).
- Estrés de aireación (exceso de agua).
- Escorrentía y erosión.

3.1.2. Características químicas

Una propiedad química es cualquier propiedad en que la materia cambia de composición. Cuando se enfrenta una sustancia química a distintos reactivos o condiciones experimentales puede o no reaccionar con ellos; crean un medio elemental que especifica la relación y disponibilidad entre los macro-micro nutrientes, pH, densidad aparente y balance mineral.

- **pH.** Su valor puede disminuir al aumentar el contenido de humus, si el suelo tiene baja capacidad amortiguadora del poder acidificante que tenga el humus, ya que este está compuesto por ácidos orgánicos principalmente; así mismo, la disociación de grupos funcionales de la materia orgánica libera H_+ al reducirse el pH, a ciertos valores, también se produce solubilización de Al_3+ , el cual contribuye a aumentar la acidez del suelo (Varios autores citados por DeBano, 1981).

El pH, según Fassbender, (1982), es una relación entre los contenidos de protones y de iones OH^- , por lo cual se cumple que en agua pura $pH + pOH = 14$; la relación anterior implica entonces que una solución tendrá una condición neutra ($pH = pOH$) cuando su pH sea igual a 7.0.

Cuando se habla de pH, los suelos se pueden agrupar en tres grandes categorías: Suelos ácidos los que presentan $pH < 6.5$; Suelos neutros los que tienen pH entre 6.5 y 7.3 y Suelos básicos aquellos que exhiben valores de $pH > 7.3$ respectivamente.

- **Macronutrientes.** La cantidad de nutrientes que contiene el suelo va a determinar el potencial que tiene este para alimentar los cultivos que se desarrollarán sobre él. El hecho de cultivar hace que se agoten los nutrientes del suelo que pasan a formar parte de las plantas. Por eso es necesario fertilizar el suelo, para reponer los nutrientes que han sido extraídos.

Se suelen clasificar los nutrientes en Macro y Micronutrientes bajo un criterio de cantidad que precisan los cultivos de cada uno de ellos y su presencia en las plantas; mientras que los micronutrientes, al necesitar en menos cantidad, son igual de importantes para el desarrollo correcto de los cultivos. Las deficiencias en micronutrientes se tienen poco en cuenta, por el contrario, se presta más atención a los macronutrientes NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), dando como resultado carencias importantes, daños en cosechas, malos desarrollos en los cultivos. De ahí que también se denominan a los micronutrientes como oligoelementos (UCC, 2016).

3.1.3. Macro fauna del Suelo

La macro fauna está integrada por organismos pequeños que habitan en el suelo pero fácilmente detectables, entre los que se encuentran las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas, los milpiés, las cochinillas, las arañas, los ciempiés y otros. Ellos realizan importantes procesos y servicios eco-sistémicos como son el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la conservación de la estructura del terreno, lo que garantiza la calidad y fertilidad del medio edáfico en sistemas naturales, agrícolas y forestales (Brown, 2001).

Por otra parte, a partir de su función e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macro fauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los depredadores, y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo se pueden señalar a los ingenieros del ecosistema. El grupo funcional de detritívoros vive en la hojarasca, en la

superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca (Zerbino, 2008).

La macrofauna del suelo desempeña un papel importante en los ecosistemas de pastizales ya que participa activamente en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, de la hojarasca y las excretas de los animales, además acelera de esta forma el proceso de reciclaje de los nutrientes (Worthen E., 1949).

En los últimos años se ha revalorizado la importancia de la diversidad de la biota del suelo en el funcionamiento global del ecosistema. En este sentido, son numerosos los estudios que muestran claramente la sensibilidad de las comunidades de organismos edáficos ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto profundamente negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo (De Aquino A, 2008).

Con relación a las características funcionales de los principales grupos de la macrofauna edáfica se destacan los grupos de organismos como lombrices de tierra, babosas y caracoles, cochinillas, milpiés, ciempiés, arañas, cucarachas, escarabajos, hormigas, termitas o comejenes. La macrofauna del suelo desempeña un papel importante en los ecosistemas de pastizales ya que participa activamente en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, de la hojarasca y las excretas de los animales, además acelera de esta forma el proceso de reciclaje de los nutrientes (Worthen E., 1949)

En los últimos años se ha revalorizado la importancia de la diversidad de la biota del suelo en el funcionamiento global del ecosistema. En este sentido, son numerosos los estudios que muestran claramente la sensibilidad de las comunidades de organismos edáficos ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto profundamente negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo (De Aquino A, 2008).

3.1.4. Materia orgánica del suelo

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo (Miranda, 1992).

Basándose en lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer. Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO₂ y de los nutrimentos contenidos en los residuos orgánicos (Brink G, 2006).

El efecto benéfico de la MOS sobre la fertilidad de los suelos especialmente sobre aquellos altamente meteorizados es de una importancia dramática con relación a sus contenidos, pues está demostrado que incrementos mínimos benefician simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aunque la interacción de estas tres propiedades dificulta la cuantificación del efecto benéfico de la MOS, para complicar aún más la situación es muy factible que los distintos componentes de la MOS estén afectando simultáneamente y en forma distinta la dinámica, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Brink G, 2006).

3.1.5. Calidad del suelo en ecosistemas ganaderos

Los suelos de pastizales están situados en regiones de productividad relativamente baja, en ellas el pastoreo es un procedimiento eficaz para transformar la producción primaria en productos para uso y consumo humano. Los pastizales son ecosistemas sometidos a condiciones ambientales y de manejo muy variado y se necesita de un esfuerzo grande de síntesis todavía no realizado, para establecer las bases ecológicas para su gestión (Saturnino, 1997).

La producción ganadera basada en pastos y forrajes, el sujeto más importante desde el punto de vista biológico, económico y social es el resultado de la combinación equilibrada de todos los factores que intervienen en el complejo suelo-planta-animal-hombre y que se define como ecosistema de pastos. En él influyen y relacionan todos los factores que determinan la producción, utilización y permanencia del pasto y se diferencia de otro ecosistema, por el suelo o clima donde se explotan, por los insumos que se destinan al suelo o al animal, por el propósito con que se explotan y por la forma en que el hombre los maneja (Lok, 2005).

Guerrero, (1993) considera fundamental, para el manejo ecológico de los pastizales, que estos mantengan elementos estabilizadores que reduzcan el riesgo de sobre explotación, entre los que señala: el uso de sistemas silvopastoriles, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, mediante el aporte de materia orgánica (compost, estiércol) y la rotación de cultivos, el empleo de razas de ganado y variedades de plantas autóctonas adaptadas a las condiciones locales, la atención especial al ciclo del agua y su calidad, evitando la contaminación, tanto a los recursos de agua superficiales como de los acuíferos y el establecimiento de sistemas ganaderos mixtos.

El uso sostenible de los pastizales requiere dar a conocer cuál es su estado y sus tendencias de cambio, mediante el seguimiento de indicadores que tengan en cuenta los efectos del ganado y la velocidad de respuesta de cada uno del componente del pastizal a ello (Lok,2005)

3.1.6. Conservación del suelo

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales, Este sistema debe aplicarse de la forma más completa posible, si se desea tener éxito tanto en la protección del suelo como en la productividad. Tomando en cuenta esta combinación se puede, al mismo tiempo, lograr los siguientes objetivos: Controlar la erosión: evitando que la corriente arrastre suelo; la cantidad de suelo fértil que se pierde en cada invierno y que la corriente se lleva al río u otros depósitos es muy alta, esta pérdida erosiva da como resultado la reducción de la capa productiva del suelo y la formación de cárcavas (Miranda, 1992).

Las prácticas de conservación de suelos están orientadas a frenar la velocidad del paso de agua por sobre el suelo (escorrentía). Aprovechar mejor el agua: aumentar la infiltración del agua en el suelo. Fuera del suelo se pierde toda el agua de la escorrentía que no logra infiltrarse en el suelo, esta agua no puede ser aprovechada por los cultivos, las obras de manejo de suelo y agua permiten el almacenamiento y/o el aprovechamiento del recurso hídrico, dando un uso sostenible al suelo. Mejorar la fertilidad de los suelos y prevenir con más eficiencia las plagas y enfermedades. La conservación de suelos, además de contemplar la construcción de obras físicas para el manejo del mismo, consiste también en la aplicación de medidas que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo con el propósito de evitar las pérdidas de suelo por erosión y mejorar el rendimiento de los cultivos (Miranda, 1992).

Sistema silvopastoril

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral (Pezo D, 1998).

Estos sistemas presentan ventajas y desventajas, entre las primeras se destacan dos, la regulación del estrés climático y el suministro de alimento. La regulación del estrés climático está determinada por que la temperatura bajo los árboles en condiciones tropicales es de 2 a

3 °C por debajo de la de zonas abiertas, y en ocasiones puede ser hasta casi 10 °C menos. Esta reducción en la temperatura favorece la eliminación de calor por evaporación y reduce la carga calórica de los animales, con lo que se incrementa la productividad animal Pezo D, (1998). Estos mismos autores indican que también tiene implicaciones directas sobre el comportamiento, la reproducción y la sobrevivencia de los animales, como las siguientes:

- Mayor tiempo dedicado a pastorear y rumiar y mayor consumo de alimentos,
- Disminución en los requerimientos de agua,
- Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia,
- Mejora en ganancia de peso y producción de leche,
- Pubertad más temprana, mayor fertilidad, regularidad en los ciclos estrales,
- Alargamiento de la vida reproductiva útil
- Reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes.

El suministro de alimento tiene que ver con el hecho de que muchos árboles y arbustos son ampliamente utilizados como forraje para los animales. La contribución de las plantas leñosas perennes a la dieta de los animales es muy alta en los ecosistemas semiáridos y en los subhúmedos, sobre todo durante el periodo seco. La biomasa comestible de las plantas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda, vitaminas y la mayoría de los minerales; la suplementación con follajes de leñosas en la época seca puede evitar la pérdida de peso o incluso lograr ganancias de peso. También se pueden obtener niveles aceptables de producción de leche sin que los animales hagan uso de sus reservas corporales (Pezo , 1996).

Pero, los sistemas silvopastoriles presentan ciertas desventajas como la producción de biomasa y calidad nutritiva de las pasturas, así como la alelopatía entre las especies. En general, el crecimiento de las pasturas es menor cuando éstas crecen bajo la copa de los árboles, aunque las gramíneas tropicales son más afectadas que las gramíneas templadas y las leguminosas. Las especies forrajeras que crecen bajo sombra presentan una actividad fotosintética menor que las que crecen a pleno sol.

Moreira, et al. (2012) estudiaron el efecto de intercalar maíz (*Zea mays*) en el establecimiento de una siembra simultánea gramínea-leucaena, utilizando un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos: A) *Leucaena leucocephala* vc. Perú y *Brachiaria* híbrido vc. Mulato más maíz y B) leucaena más pasto mulato. Las siembras la realizaron a inicios de junio de 2007 en el período lluvioso, sobre un suelo pardo con carbonato. Determinaron la composición botánica, disponibilidad y composición bromatológica del pastizal. Obteniendo en el tratamiento A, mayores valores de altura, rendimiento, número de ramas planta y número de plantas.

Además, se presentan cambios morfológicos, por el mayor desarrollo foliar. Esto provoca una menor habilidad para tolerar la sequía y para captar nutrimentos, así como un anclaje más débil. Por ello, el manejo del pastoreo o corte en sistemas silvopastoriles debe ser muy cuidadoso para evitar la degradación de las pasturas (Pezo , 1996).

La alelopatía resulta de la liberación de compuestos químicos de una especie que afectan la germinación, el crecimiento o la sobrevivencia de otras especies. Varias especies forrajeras y arbóreas presentan este tipo de actividad, lo que debe ser tomado en cuenta al momento de diseñar sistemas silvopastoriles (Benavides, 1994).

3.1.7. Componentes de los sistemas silvopastoriles

Es común encontrar distintos grados de alteración en un mismo campo y ello debe considerarse cuando se analiza la carga ganadera en zonas. Puede suponerse una carga animal aceptable, pero en realidad esa carga se distribuye de modo selectivo y heterogéneo por accesibilidad y transitabilidad. Si en forma permanente se supera la capacidad del sistema, se afecta la capacidad de este de volver a la situación original. A este fenómeno se lo llama resiliencia. El pastoreo y ramoneo del ganado pueden impedir la regeneración natural, comprometiendo el futuro del componente del sistema (Iraola, 2008).

a) El Componente animal

En cultivos perennes tipo “plantation” además de la obtención de ganancias adicionales a la actividad principal, la utilización de animales para el pastoreo del sotobosque es hecha con la intención de reducir los costos de control de la vegetación herbácea con alto potencial de competir con los árboles por agua y nutrientes.

El papel de los animales puede ser visto también como un elemento acelerador del proceso de ciclaje de nutrientes en el sistema, puesto que gran parte de la biomasa que consumen retorna al suelo en forma más degradada, como heces y orina. Hasta un 90% de los nutrientes minerales (incluyendo el nitrógeno) contenidos en el forraje consumido por los animales en pastoreo retorna a la pastura en forma de heces y orina CATIE, (1986). De forma general, según CATIE, (1986) los objetivos principales de la integración de rumiantes en SSP son:

- Producir proteína animal sin incorporar nuevas áreas al sistema de producción;
- Reducir los costos de eliminación de las plantas invasoras del sotobosque a través del pastoreo de especies palatables o del daño y pisoteo de las no palatables;
- Reducir el riesgo de incendios al evitar el acúmulo de la vegetación herbácea fresca o seca;
- Acelerar el ciclaje de nutrientes de la biomasa a través de la deposición de heces;
- Proveer ingresos adicionales a través del aumento de la productividad de la tierra.

Respecto de los beneficios micro climáticos de estos sistemas, según Bernal, (2003), cuando los animales se encuentran protegidos del calor, pastan por períodos más largos, requieren menos agua (20%) para beber, y presentan mejor eficiencia de conversión de forraje, mayor crecimiento y producción de lana y de leche, pubertad más precoz, mayor tasa de concepción, mayor regularidad del período fértil y mayor vida reproductiva. En los trópicos, la reducción de la insolación y de la temperatura ambiente proporcionada por la sombra de los árboles son los beneficios micro climáticos más importantes para los animales.

En el animal, los factores climáticos afectan directamente la termo-regulación, consumo y utilización del agua y de los alimentos, crecimiento, producción de leche y desempeño reproductivo Bernal, (2003). De hecho, en las pasturas con poca o ninguna presencia de árboles, los bovinos, principalmente los de origen europeo y sus mestizos, sufren bastante en

las horas más calientes, reduciendo su tiempo de pastoreo durante el día. De este modo, los árboles, al proporcionar sombra, barrera contra los vientos y abrigo, disminuyen el estrés climático, mejorando la producción animal.

El efecto de la ganadería comercial sobre la conservación de la biodiversidad y de los suelos es difícil de evaluar debido a la falta de relictos sin ganado, a la heterogeneidad del paisaje y a la complejidad de las respuestas. Para describir en qué condiciones la ganadería comercial resulta compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos, analizaron a distintas escalas los modelos y la información existentes. Se concluyó que en sistemas que evolucionaron con altas presiones de herbívoros, ya sean domésticos o silvestres, la ganadería a cargas comerciales puede ser compatible con la conservación, y aun necesaria. Sin embargo, mientras que la biodiversidad se maximiza con una presión de herbivoría heterogénea dentro de cada uno de los diferentes ambientes que componen el paisaje, la producción ganadera tiende a optimizarse con una presión homogénea (Iraola, 2008).

Las restricciones impuestas por las peculiaridades de los cultivos arbóreos hacen aún más difícil el manejo de la pastura. Los cuidados con el manejo del pastoreo dicen respecto principalmente a la carga animal y al sistema de pastoreo. Las cargas animales menores son más seguras contra los daños a los árboles – e inclusive a los suelos, principalmente los arcillosos. Entretanto, Toledo y Torres (1990) especulan que cuanto más alta sea la carga animal, más alta será también el consumo de las plantas herbáceas que compiten por agua y nutrientes, beneficiando a los árboles.

El sistema de pastoreo continuo, aunque reduzca el movimiento de entrada y salida de animales en el área, es generalmente más dañino a la persistencia de la pastura que el sistema rotativo, especialmente cuando se manejan altas cargas animales. Para facilitar el manejo, tanto del componente pastura como de los animales, es necesaria una reserva de pastura en monocultivo para servir de amortiguamiento o área de escape.

b) El Componente pastura

El pasto es un panel solar que, mediante la fotosíntesis, produce carbohidratos que permiten el crecimiento de hojas y rebrotes. Estos carbohidratos se almacenan en la base de los tallos, las raíces, los rizomas y los estolones. Algunos de ellos son consumidos durante el pastoreo y mantienen el pasto vivo durante los períodos de estrés. Pero los forrajes prefieren producir las hojas nuevas con los carbohidratos elaborados por las hojas viejas, en lugar de remover los que están almacenados (Brink G, 2006).

Las condiciones peculiares de sotobosque interfieren en el desempeño de las forrajeras utilizadas para la formación de pasturas. Las principales gramíneas en uso seleccionadas en condiciones de pleno sol son aquellas pertenecientes a los géneros *Brachiaria* y *Panicum* (Kang, 1994.).

El pasto *Brachiaria brizantha* cv Toledo, es un cultivar de la especie *Brachiaria brizantha*, es preferible sembrarlo en sitios donde llueva más de 1,000 milímetros en el año; en suelos con pH entre 4.5 y 7.5. Los rendimientos varían entre 35 y 105 kg de semilla pura por manzana, la semilla recién cosechada no tiene buena germinación, por lo que deben esperarse hasta 7 y 8 meses de almacenamiento para que tenga un buen porcentaje de germinación, que se puede aumentar aún más al tratar la semilla con ácido sulfúrico al 40%.

Los contenidos de proteína en praderas bien manejadas están entre 7 y 14% y la digestibilidad entre 55 a 70% dependiendo principalmente de la fertilidad del suelo; tiene el potencial para lograr producciones diarias de 8 a 9 litros de leche por vaca y ganancias de peso de 500 a 700 gramos por animal (Brink G, 2006).

Por su parte, *Panicum maximum* cv Mombaza, es un cultivar de la especie *Panicum maximum*, el cual debe sembrarse en localidades donde llueva más de 1,000 milímetros en el año; es menos tolerante a la sequía al cultivar *Brachiria brizantha* pero tolera más la sombra que los arboles de ese cultivar, crece muy bien en suelos con pH 8 entre 5 y 8.

Florece bastante entre septiembre y noviembre y los rendimientos varían entre 175 y 245 kg de semilla por manzana, recién cosechada tiene solo un 5% de germinación, por lo que debe

almacenarse bien y a partir de los 5 meses, alcanza sus mejores valores de germinación. Este pasto contiene entre un 10 y 14% de proteína y una digestibilidad de 60 a 70%, su alto valor nutritivo permite lograr una alta productividad animal; la ganancia de peso en una pradera bien manejada puede alcanzar 700 g/animal/día en época lluviosa (Brink G, 2006).

En los SSP, tanto la producción como la calidad de la pastura pueden ser afectadas. El efecto de la intensidad luminosa sobre la calidad del forraje producido no está plenamente definido. Lo que ha sido generalmente observado es que en las condiciones de luz restringida o de sombra, ocurre un aumento del N y una reducción de la digestibilidad del forraje (Worthen E., 1949).

La producción más alta de forrajera de gramíneas bajo niveles moderados de sombra es producto de la mayor mineralización de la materia orgánica y consecuente mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, favorecidas por la mayor humedad y por la temperatura más amena. Esto puede también ser fruto de la capacidad de fijar y reciclar el nitrógeno atmosférico (Giraldo, 1966).

Según Giraldo, (1966), la sombra puede reducir la proporción del tejido más digerido de la hoja y aumentar la del tejido menos digerido. Por esto, gramíneas tolerantes a la sombra tienden a ser más palatables que aquellas que crecen a pleno sol. La adaptación de las plantas forrajeras a la variación de la intensidad luminosa está vinculada a modificaciones morfo-fisiológicas. Cuando están sombreadas, las hojas de estas plantas se tornan más finas y poseen células menos compactadas, en menor número y de menor tamaño, y una tasa fotosintética más baja. Hay indicaciones de que la producción y la calidad de gramíneas tolerantes al sombreadamiento pueden ser mejoradas bajo la sombra de especies arbóreas fijadoras de nitrógeno.

c) El componente árbol

Existe un tercer componente el cual participa entre las interacciones desarrolladas entre los ecosistemas, formando así, la totalidad de un medio aceptable capaz de diversificar y brindar las condiciones necesarias de tal modo, que no se afecte el desarrollo de las especies

asociadas y a la vez el estado animal se vea influenciado por las bondades que brinda una especie arbórea que va desde el ramoneo, hasta cumplir una función de acolchado para descanso de los individuos.

3.1.8. Efectos de las plantas leñosas y las pasturas en el sistema silvopastoril

Las plantas leñosas, son aquellas plantas cuyos tallos, independientemente de su tamaño, han desarrollado estructuras leñosas por lo que su consistencia es dura y rígida. A la mayoría se le conoce como árboles o arbustos y a otras como matas. Las plantas leñosas sólo pueden ser perennes. Según Pezo, (1996), las plantas leñosas tienen ciertos efectos positivos sobre las pasturas que son:

- Regulación de estrés térmico e incremento de la humedad relativa, aunque de poca relevancia una reducción de 2 a 3° C no es significativa para el crecimiento de gramíneas y leguminosas herbáceas.
- Más importante es el amortiguamiento del estrés hídrico y la protección contra el viento. Las pasturas bajo árboles tienen menores pérdidas de agua por transpiración y el suelo presenta una menor evaporación. El retraso en la incidencia del estrés hídrico adelanta el inicio del período de crecimiento.

Es necesario tener en cuenta que también los animales ejercen un efecto positivo en las plantas leñosas según Pezo, (1996), ya que presentan los beneficios que se indican a continuación

- Los animales actúan como dispersores de semillas, las que, al pasar por el aparato digestivo, de aquellos son escarificadas y su germinación se ve favorecida.
- El consumo de la vegetación herbácea elimina un material potencialmente combustible.
- Se reducen los costos de establecimiento y manejo de árboles, ya que el control de la vegetación competidora se lleva a cabo mediante el pastoreo y los animales permiten obtener ingresos mientras los árboles alcanzan su condición explotable.

Los beneficios también se identifican desde las plantas al suelo, destacándose la fijación de nitrógeno, materia orgánica y reciclaje de nutrientes, eficiencia en el uso de nutrientes y

el control de la erosión. Dentro de las especies más conocidas por su capacidad de asociarse con microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico, sobresalen el madero negro (*Gliricidia sepium*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), la casuarina (*Casuarina* spp). Se ha determinado que la cantidad de nitrógeno fijado por leguminosas arbóreas puede ser hasta de 300 kg de N/ha/año, mientras que en leguminosas herbáceas es de 100 a 150 kg de N/ha/año (Benavides, 1994).

3.1.9. La ganadería y la conservación del suelo

En sistemas ganaderos los problemas de erosión, escorrentía y lavado de nutrientes, regularmente están asociados a praderas degradadas, es decir, con pobre cobertura y poca productividad, por lo que han surgido diversas iniciativas para el mejoramiento de estos suelos, destacándose los SSP por sus múltiples beneficios.

Los perjuicios causados por bovinos parecen ser más serios que aquellos proporcionados por ovinos y caprinos. Por su mayor porte, los bovinos pueden alcanzar ramas a una mayor altura y provocar el rompimiento de ramas y tallos por pisoteo o simplemente al rozar los árboles para rascarse. Por este motivo, el inicio del pastoreo sólo es recomendable cuando los árboles alcancen una altura en que el follaje quede fuera del alcance de los animales.

También se indica en algunos estudios que el ganado puede afectar las características físicas y químicas del suelo. Esta acción se da principalmente a través del pisoteo y del ciclaje de nutrientes. El mayor efecto parece ser en el aumento de la compactación y en los cambios en la relación suelo - agua - aire y en la proporción de K en relación al Ca y Mg, principalmente en las condiciones más intensivas de manejo (Siqueira R, 1993).

Pero, las pasturas de crecimiento rastrero bien manejadas hacen una buena cobertura del suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión. Las especies leñosas también pueden contribuir a reducir la erosión. Las cortinas rompe-vientos, por ejemplo, son eficaces para contrarrestar la erosión por viento. En general, plantas leñosas pueden prevenir la erosión hídrica porque su copa, si no es muy alta, atenúa el impacto de las gotas de lluvia que caen

sobre el suelo, y porque el mantillo de hojas y ramas en el suelo previenen el impacto directo de las gotas. Además, con la incorporación de la materia orgánica, el suelo mejora su estabilidad y su capacidad para retener agua (Benavides, 1994).

También hay que tener en cuenta que, el material vegetal que es podado y dejado en el campo y las excretas de los animales constituyen la principal vía para el reciclaje de nutrientes en los sistemas silvopastoriles, contribuyendo con un aporte de materia orgánica e influyendo en el reciclaje de nutrientes. En sistemas de baja productividad y en aquellos sometidos a defoliación directa por los animales, la extracción de nutrientes es baja, por lo que el reciclaje es un mecanismo eficaz para mantener la productividad del sistema. En cambio, en sistemas intensivos como los de “corte y acarreo”, sólo se puede mantener la productividad con adiciones de abonos (Pezo D, 1998).

Con relación a la eficiencia en el uso de nutrientes, la sombra moderada estimula la absorción de nitrógeno en las gramíneas y la inhibe en las leguminosas, por lo que el crecimiento de las gramíneas es menos afectado en condiciones de baja radiación solar. Las plantas cultivadas bajo sombra tienen un mayor contenido de proteína cruda.

La temperatura del suelo puede ser 10° C menor bajo sombra que en condiciones abiertas. Esto provoca una disminución en la tasa de mineralización de la materia orgánica pero no en la cantidad total de materia orgánica mineralizada. Debido a que la tasa de liberación de los elementos más móviles, como el nitrógeno y el potasio, es más lenta, hay una mayor eficiencia en el uso de tales nutrientes, ya que su liberación es más compatible con la capacidad de absorción de la planta (Pezo , 1996).

No obstante, la introducción del ganado en los SSP interfiere con los árboles en diferentes intensidades conforme el tipo y edad del animal y del árbol, además del manejo de pastoreo adoptado. El consumo de brotes terminales puede provocar deformaciones de fustes, comprometiendo la calidad de la madera producida, en el caso de cultivos de especies forestales.

3.1.10. Conservación de la biodiversidad

La conversión de bosques en pasturas amenaza la sobrevivencia de muchas especies. Sin embargo, el efecto en la biodiversidad de los bosques podría ser menor, si los productores mantuvieran especies forestales o rodales de árboles en las pasturas, ya que estos sirven como productores de semillas y como fuentes de hábitat y alimento para los animales (Kabir E, 2009).

El manejo y las condiciones medioambientales de los sistemas silvopastoriles ejercen una marcada influencia en la actividad y diversidad de los organismos del suelo. En estos sistemas, tienen gran importancia la disponibilidad de alimentos, la variabilidad en su composición, en términos de la riqueza florística, y los demás factores edáficos y culturales. Esto demuestra que en los ambientes con mayor complejidad biológica se pueden crear condiciones que favorecen el mejoramiento de las características del suelo, como resultado de la actividad de los organismos presentes en él.

Fertilización de pastos

En la gran mayoría de las fincas ganaderas no existe la costumbre de usar fertilizantes en el cultivo de especies forrajeras. Sin embargo, igual como en cualquier otro cultivo, esta práctica ayuda a obtener mejores resultados en el establecimiento, aumenta los rendimientos y devuelve al suelo parte de los nutrientes que extrae el cultivo (Franco , 2005).

Con el objeto de evaluar el comportamiento adaptativo y productivo de cuatro cultivares de *Brachiaria brizantha* (Humidicola, Decumbens, Toledo y Marandú) y dos cultivares de *Panicum maximum* (Mombasa y Tanzania), Zeledón M, (2007) realizó un estudio en la época lluviosa del 2007 (de agosto a diciembre). El mejor porcentaje de germinación lo obtuvieron los cultivares de *Panicum maximum* Tanzania y Mombasa con 100% en el campo. La mejor densidad poblacional la obtuvo *Panicum maximum* cv Tanzania con 54 plantas/m, además este cultivar y el Mombasa alcanzaron la mejor cobertura a los 28 días después de germinado.

El mejor contenido proteico lo obtuvo *Brachiaria brizantha* cv Decumbens con 8.9 % de proteínas.

En el caso de los cultivares *Panicum maximum* y *Brachiari brizantha* para obtener una buena respuesta es necesario tomar en cuenta algunos factores relacionados con el suelo, como su textura y fertilidad. También es necesario de que cuando sea posible hacer un análisis de suelo antes de iniciar el establecimiento de una especie forrajera, esto con el objetivo de saber sus condiciones físicas y químicas, y así poder hacer las correcciones y ajustes necesarios, según los requerimientos de las especies a sembrar (Franco , 2005).

La fertilización en general para ambos cultivares, se inicia con la aplicación una dosis de 1.5 a 2 quintales por manzana de fórmula 12-24-12 o entre 1 a 1.5 quintales de 18-46-0 al momento de la siembra o en los primeros 15 días, teniendo la precaución de aplicarlas retirado de las plantas emergidas (Bernal, 2003).

Posteriormente se aplica de 1 a 1.5 quintales de urea por manzana, entre las 4 y 5 semanas después de la siembra, en este periodo las plantas ya que tienen mayor capacidad de hacer uso del nitrógeno aplicado. Después del primer corte o pastoreo, se aplica 1 a 1.5 quintales de urea por manzana para completar un total de 50-70 kg de nitrógeno en el primer año. Una alternativa es que se puede reducir la cantidad de 1 quintal de urea por manzana y completarlo con la aplicación de unos 50 sacos de estiércol seco. Para la planificación de un programa de fertilización de forrajes se deben considerar las siguientes bases:

- **Factores del suelo**

Incluye el contenido de elementos esenciales en forma aprovechable (fertilidad), la reacción del suelo (pH), la textura y la estructura del suelo, por lo que se espera una mayor respuesta en aquellos suelos bajos en nutrientes. El pH afecta la disponibilidad de algunos nutrientes, como el fósforo, situación que se resuelve en parte con el encalado que elimina la toxicidad de aluminio y manganeso y promueve la actividad microbial, lo que facilita la fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas. Es importante tomar en cuenta el aporte de

nutrientes que los animales reciclan al suelo a través de la orina y las heces, durante el pastoreo (Cabalceta, 1999).

Es fundamental mantener un balance entre los nutrientes removidos del pastizal y los aplicados al suelo para mantener la productividad del potrero, así como para controlar las pérdidas de nutrientes del sistema y la contaminación de acuíferos (anexo 3) muestra una guía para la evaluación de la salud y sostenibilidad de suelos forrajeros. Salud del suelo se refiere a la habilidad del suelo de funcionar como un ambiente productivo óptimo para el crecimiento de las plantas forrajeras (Bellows, 2001).

- **Factores climáticos**

Se refieren a la temperatura, la evapotranspiración, la radiación solar, las lluvias y a la distribución de estas últimas, las cuales pueden incrementar las necesidades de fertilizantes o disminuir la fotosíntesis en pastos tropicales. Debido a la relativa uniformidad de la temperatura y a la poca variación del fotoperiodo, la distribución de las lluvias constituye el criterio principal para clasificar climas tropicales. En el trópico las estaciones se determinan por la presencia o ausencia de lluvias y no por las temperaturas calientes o frías. (Bernal J y Espinosa J, 2003).

- **Factores del pasto**

Los pastos tienen diferente absorción efectiva de nutrientes de acuerdo con la especie y una capacidad específica para extraer elementos esenciales del suelo, que tiene que ver con el desarrollo radicular y las relaciones simbióticas. Las gramíneas tienen una especial afinidad con el nitrógeno, mientras que las leguminosas prefieren el fósforo, potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, con niveles bajos de fósforo y potasio, las gramíneas no responden bien a la aplicación de nitrógeno (Cerdas, 2010).

- **Factores del animal**

El pisoteo de los animales sobre el suelo produce alteraciones en la densidad aparente, en el tamaño de poros y la capilaridad. El principal síntoma de daño en la superficie del suelo es

la baja infiltración de agua por aumento de la densidad. Las especies vegetales tienen distinta resistencia al pisoteo. Aquellas que tengan estolones, rizomas y cuyo hábito de crecimiento sean más bien rastrero, son en general las más resistentes. El daño por pisoteo se traduce en lesiones mecánicas, como magullamiento de tallos, coronas, destrucción de hojas, heridas en raíces superficiales, estolones y ápices de crecimiento (Cabalceta, 1999).

La reducida eficiencia de retención de N por parte de los animales, determina que gran parte del N acumulado en las plantas forrajeras vuelva al suelo vía reciclado por orina y heces, lo cual provoca daño en las plantas y una disminución en la productividad forrajera (Saturnino, 1997).

El ganado recicla a los potreros entre el 75% y 85% de los nutrientes consumidos con el pasto; desafortunadamente, los animales no distribuyen uniformemente las excretas por todo el potrero, prefieren depositarlas en las áreas de mayor congregación, como son los comederos, abrevaderos y lugares sombreados (Zeledón M, 2007). El anexo 4 aporta datos adicionales sobre el reciclado de nutrientes de los rumiantes a los potreros.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en fincas ganaderas de la Reserva Natural Miraflores-Moropotente ubicada a 30 kilómetros de la ciudad de Estelí aproximadamente. Esta es un Área Natural Protegida de Interés Nacional en la categoría de Paisaje Terrestre Protegido, por el decreto 42- 91 Declaración de Áreas Protegidas en varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del país, que tiene una superficie total de 13,174 Ha y se encuentra ubicada en el norte de Nicaragua, en el municipio de Estelí (Gobierno de Nicaragua, 1991).

En esta zona los suelos están fuertemente influenciados por la composición química y mineralógica del material parental. La roca basáltica formada por un 55-45% de SiO₂, tiene elevado contenido de Fe, Ca y Mg (FAO, 2001). Según la clasificación americana en la zona predominan los suelos de tipo vertisoles y ultisoles y, en algunas áreas, los mollisoles (SSS 2006).

Selección de fincas y productores incluidos en el estudio

Se seleccionaron ocho productores con fincas en las comunidades La Perla, La Pita y El Cebollal (anexo 5, 6, 7) para lo cual se realizó revisión de registros de UCATSE y Foro Miraflores, sobre fincas ganaderas de la reserva Miraflores Moropotente considerando los criterios de:

- Ganadería como actividad relevante.
- Área para pasturas de al menos una manzana preferentemente con especies forestales.
- Disponibilidad del productor para el establecimiento y manejo de las parcelas en estudio.

Para esto se visitaron varias fincas en las comunidades mencionadas anteriormente quedando seleccionadas las siguientes:

Tabla 1. Información de los productores y fincas seleccionadas

N°	Nombre del productor	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud
1	Adolfo Moreno Gutiérrez	El Cebollal 1	579282	1462574	1346
2	Bayardo Chavarría Ruiz		579282	1462574	1339
3	Francisco Gutiérrez		579484	1463336	1397
4	José Eleuterio Talavera		579480	1463086	1359
5	Rogelio Antonio Ruiz	El Cebollal 2	579528	1462044	1232
6	María Isabel Luna	La Perla	578471	1465119	1402
7	Héctor Manuel Siles	La Pita	577539	1461922	1157
8	Margarito Blandón		577543	1462620	1165

Variables del estudio

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medidas de expresión	Instrumento
Propiedades físicas	Es la porción de los componentes que determina una serie de propiedades físicas o mecánicas.	Textura	Porcentaje arena, limo y arcilla clase textural	Análisis de laboratorio de suelo
		Color, estructura, consistencia, porosidad, compactación, profundidad, erosión	Escala: 0= Pobre 1= Moderado 2= Bueno	Evaluación Visual de Suelo (EVS)
		Densidad aparente	Gramos/cm ³	Análisis de laboratorio y hoja de campo.
		Humedad	Porcentaje	Hoja de campo
Propiedades Químicas	Cantidad de nutrientes presente en el suelo determinado por análisis de suelos en laboratorios.	Macro-micro nutrientes	Cmol/L o mg/Kg	Análisis de laboratorio de suelo
		pH en H ₂ O y KCl	Escala del 0-14	Análisis de laboratorio de suelo
Propiedades Biológicas		Macro fauna mayor de 2mm	Kilogramos de biomasa por m ³ de	Hoja de campo

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medidas de expresión	Instrumento
	Se refiere a la interacción de componentes biológicos.		suelo (macro fauna y raíces de los cultivos).	
		Materia orgánica	Porcentaje	Análisis de suelo
Cobertura vegetal aérea.	Son estimaciones promedio a través de la observación de los indicadores.	Cobertura arbórea	Porcentaje	Hoja de campo
		Especies arbóreas	Nombre científico, nombre común.	
		Número de individuos	Cantidad/Ha	
Producción de biomasa	Se refiere a la biomasa útil en términos energéticos formales.	Producción de materia seca	Gramos	Hoja de campo
		Rendimiento	Toneladas por hectárea	Hoja de cálculo en Excel
Información del sistema productivo ganadero	Proporciona una estructura que agiliza la descripción, la ejecución y el planteamiento de un proceso.	Datos de la finca, prácticas de manejo del suelo, datos de producción, actividades pecuarias.	Quintales/ manzana Ingresos por ciclo	Diagnóstico retrospectivo

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medidas de expresión	Instrumento
Planificación de actividades para el establecimiento de parcelas	Medios empleados para establecer la realización de una actividad.	Resultados, actividades y recursos.	Matriz	Condiciones de manejo productivo y diagnóstico retrospectivo.

Diseño del estudio

Al ser un estudio de series de casos se aplicó una técnica descriptiva utilizando métodos cualitativos y cuantitativos según las variables en estudio. Para la investigación se utilizó un diseño de parcelas pareadas por cada productor, consistente en una parcela de referencia con manejo tradicional (testigo) que el productor realiza y una parcela de estudio (parcela ASA). En la parcela de estudio se ha iniciado el desarrollo de acciones para la implementación de un Sistema Silvopastoril con árboles dispersos o pasturas, en donde se realizaron actividades para la conservación del suelo (parcela ASA). Cada parcela fue delimitada con un área de 2500 m², teniendo dos parcelas por finca (5000 m²); para un total de 16 parcelas.

Las actividades de manejo en cada finca consistieron en realizar cambios en las prácticas que el productor realiza referente al manejo del suelo en áreas de pasturas para la alimentación del ganado bovino, que le permitan conservar el suelo y mejorar la producción de biomasa. Para la toma de datos sobre las variables definidas se consideró lo que se detalla a continuación.

4.1.1. Toma de muestras de suelo

Para el análisis de las propiedades del suelo, en cada finca, en el área delimitada se tomaron 15 muestras al azar a una profundidad de 20 cm cada una; luego se homogeneizaron y se tomó una muestra compuesta de 1 Kg la cual se remitió al laboratorio de LAQUISA (Laboratorios Químicos S.A) para realizar el análisis de suelo. Esto se realizó una vez al inicio del estudio.

Una vez se obtuvieron los resultados se aplicó la fórmula a continuación para determinar las cantidades a aplicar respecto de aquellos nutrientes cuyos valores eran bajos en el suelo.

Peso atómico

1 Equivalente = ----- = gramos del elemento

Numero de valencia

Simultáneamente, se utilizó el formato de análisis visual de suelo (anexo 8), que sirvió de herramienta para determinar el estado de las propiedades físicas, y además se incluyó el

estudio del indicador sobre la presencia de lombrices. Esta evaluación se realizó en conjunto con el productor.

4.1.2. Toma de datos sobre biomasa

En este caso se tomaron tres puntos a nivel de cada parcela y en los puntos definidos, utilizando un cuadrante de 1m² se cortó el pasto que quedó dentro del mismo; luego la cantidad de pasto cortado por parcela es decir las tres muestras por finca se pesaron, empacaron y trasladaron al laboratorio de UCATSE donde se colocaron en el horno a 75°C. Al final el resultado se tradujo a toneladas por hectárea según cada resultado.

En cuanto al porcentaje de cobertura del suelo se realizó tomando una cuerda de dos metros con nudos a cada veinte centímetros, al final se obtuvieron diez puntos, una vez en campo se tira la cuerda y se extiende mientras se cuentan y promedian los puntos que están cubriendo el suelo; los datos se recolectaron en una hoja de campo, la toma de datos se realizaron tres veces durante la investigación. Anexo 9-10

4.1.3. Muestreo de la humedad del suelo

En cuanto a las muestras de humedad se realizaron cada dos meses; una vez en la parcela se tomó tres muestras en cada estrato es decir en la parte alta, media y baja tanto de la parcela ASA (agricultura, suelo y agua) y la parcela de manejo tradicional. Cada toma fue a 20 cm de profundidad y una vez colectadas se llevaron al laboratorio de UCATSE y se colocaron en el horno a 105°C hasta obtener peso constante. La humedad del suelo se registró cada dos meses (anexo 11). También se recolectaron datos de las precipitaciones que lleva el Foro Mirafior en la estación meteorológica de El Cebollal.

4.1.4. Muestreo de cobertura arbórea

Teniendo en cuenta las consideraciones de las parcelas se registró el número de las especies y el número de individuos presentes en cada una de las parcelas estudiadas. Una vez se delimitó la parcela, se realizó conteo de los árboles que tenían más de cinco centímetros de diámetro, se observó la forma de la copa de cada árbol y delimitó su perímetro visualmente, si la copa era regular se medía al menos dos diámetros y si era irregular se medía de 3 a 4

diámetros, luego se calculó la oclusión y la porción de follaje en porcentajes. Una vez se obtuvo los datos respectivos se desarrolló la siguiente fórmula:

Porcentaje de cobertura (b/área) *100

$$b = a \cdot o \cdot \text{área}$$

$$a \cdot o = a \cdot o$$

$$a = (\pi/4) \cdot d^2$$

Este proceso se repitió por cada árbol presente en la parcela, los datos se tomaron en una hoja de campo, las muestras se recolectaron dos veces durante todo el experimento.

4.1.5. Muestreo de macro fauna del suelo

La macro fauna fue determinada realizando pruebas de monolitos de 25x25x30 cm dividiéndolo en tres estratos realizando tres en cada parcela, los datos fueron registrados en una hoja de campo. En cada estrato se realizó conteo del número de lombrices presentes en caso de encontrarlas, las que se pesaron e identificó la especie; y en cuanto a la presencia de otros insectos únicamente se tomó el peso de ellas. Esta variable se monitoreó en tres momentos.

Desde el punto de vista biológico, tomamos en cuenta la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema tomando en cuenta la macro fauna edáfica, que agrupa a los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro.

4.1.6. Toma de información de la finca y del sistema productivo

La recolección de esta información se realizó mediante la implementación de una encuesta a cada productor (Anexo 12). Para esto se visitó al productor y se colectó la información mediante entrevista.

4.1.7. Plan de actividades para establecimiento y manejo de las parcelas.

En conjunto con el productor se seleccionó el tipo de pastos y se definieron las actividades de manejo que él debía realizar en la parcela ASA, luego que se estableció el pasto, se iniciaron las actividades de fertilización con base en el análisis de suelo. Estas actividades se desarrollaron en conjunto con los productores involucrados en la investigación definiendo previamente objetivos, actividades, resultados y recursos.

Este proceso se acompañó de un proceso de capacitación a través del desarrollo de ECAS siguiendo un proceso de formación con los productores en las que se realizó una retroalimentación de los datos, el desarrollo de temáticas de capacitación de acuerdo a las necesidades del productor y definición de actividades a desarrollar en la parcela.

Técnicas de análisis

Para comparar variables cuantitativas entre la parcela ASA (Agricultura, Suelo, Agua) y de manejo tradicional como: humedad, macro fauna y cobertura arbórea. Los datos fueron procesados en SPSS versión 23 una vez determinados los parámetros. Se realizó una prueba Mann Whitney previo una prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov. Además, se realizó una prueba de Kruskal Wallis para definir grupos y establecer estadísticos por mes y productor para la variable humedad gravimétrica.

Para aquellas variables monitoreadas una sola vez que corresponda a datos cuantitativos como los parámetros de suelo y las características de los sistemas de producción, se utilizó un análisis descriptivo, mostrando los resultados en forma narrativa, con el uso de recursos gráficos o tablas. Con la información sobre las propiedades químicas del suelo se estableció los niveles de fertilidad del suelo y se determinó los requerimientos nutricionales para un plan de fertilización del pasto en las parcelas estudiadas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo 2016-2017 se realizó el levantamiento de datos a través de la metodología antes descrita, procesos a través de los cuales se colectó la información necesaria para dar salida y cumplir con cada uno de los objetivos propuestos respecto a esta investigación, basada fundamentalmente en fertilidad de suelo a través de sistemas de pasturas y prácticas de conservación en parcelas de fincas ganaderas para un mejor aprovechamiento de las áreas que cada productor tiene en sus fincas.

Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, 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 (Montenegro, 1990).

Es por ello que se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones del suelo posibles.

5.1.1. Propiedades físicas del suelo

Como resultado de la evaluación visual de suelo, tal como se expresa en la tabla 1, se determinó para el caso de todas las parcelas que presentaron las mejores condiciones en cuanto a estructura, porosidad y coloración respectivamente, siendo esos aspectos los que más cerca de los rangos normales establecidos se encontraban; este comportamiento se atribuye a que las parcelas tenían ciertos índices de materia orgánica, lo que ayudó a mantener estas características.

Sin embargo, los aspectos que menor aproximación a los rangos óptimos se encontraron fueron la profundidad y compactación, lo cual fue indicativo para establecer medidas a considerar para la mejora de condiciones de cada área. Entre las parcelas, las que mayores rangos obtuvieron fueron una del Cebollal (P2) y otra de La Pita (P7) con un total de 20 respecto de 24 que es el valor máximo que se alcanza y en cuanto a la que presentó el valor más bajo fue la parcela 5 correspondiente a la comunidad El Cebollal.

Tabla 2 . Evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio para las propiedades físicas.

Aspecto del suelo	Puntaje máximo	Comunidades							
		El Cebollal					La Pita		La Perla
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Estructura	6	6	6	6	3	4	6	6	6
Porosidad	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Coloración	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Color de moteado	2	0	2	1	2	0	0	2	1
Compactación	2	2	1	1	1	2	2	1	1
Profundidad	6	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	24	19	20	19	17	15	19	20	19

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8: Corresponde al código de cada productor

La textura tiene especial significado en cuanto a: aireación, movimiento del agua, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y con ellos en su productividad, erodabilidad, uso y manejo. Las parcelas que se trabajaron en las comunidades de Miraflores se caracterizan por el tipo de suelo franco arenoso, atribuyendo que la formación de los suelos de esta reserva provienen directamente de un área bajo criterios de protección; al caracterizarse por ser áreas con ese tipo de suelo se mejoran las características en cuanto a aireación e infiltración del agua producto de los espacios entre los poros y capacidad de retención de humedad por un mayor periodo de tiempo.

La textura resulta relevante para analizar los valores de densidad aparente. Así, Cortés & Malagón, (1984) consideran como valores altos para la densidad aparente, aquellos que sean superiores a 1.3 Mg m^{-3} , en suelos con texturas finas; los mayores a 1.4 Mg m^{-3} , en suelos con texturas medias y los mayores a 1.6 Mg m^{-3} , en suelos con texturas gruesas.

En la tabla 3, se indican que los resultados en cuanto a densidad aparente de cada una de las parcelas están en valores menores a 1.3 Mg m^{-3} en suelos con texturas medias siendo la densidad el indicativo del peso que tiene un material, por unidad de volumen, considerando además de la masa de las partículas, su organización en el suelo.

Según estos resultados se atribuye que un suelo franco es aquel cuya composición cuantitativa está en proporciones óptimas o próximas a ellas con elevada productividad agrícola, en virtud de su textura relativamente suelta -propiciada por la arena- fertilidad -aportada por los limos, lo que explica de cierto modo las retenciones de humedad considerando el manejo y las obras que se desarrollan en el terreno (Staff, 2006).

Cuando se habla de densidad aparente se cuantifica el volumen de la muestra de un suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y además se afecta por el estado de su textura, su estructura, contenido de materia orgánica, humedad y su grado de compactación, principalmente.

Tabla 3. Densidad aparente (DA), condición de la textura y % de agregados del suelo por parcela

Parcela	D.A (mg/m^3)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Condición de la textura
P1	1.17	63.16	27.28	9.56	Franco arenoso
P2	1.28	67.16	23.28	9.56	Franco arenoso
P3	1.13	68.52	24.28	7.2	Franco arenoso
P4	1.16	69.16	27.28	3.56	Franco arenoso
P5	1.09	60.16	26.28	13.56	Franco arenoso
P6	1.24	58.16	29.92	11.92	Franco arenoso
P7	1.16	67.88	20.36	11.76	Franco arenoso

Parcela	D.A (mg/m ³)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Condición de la textura
P8	1.21	56.08	23.44	20.48	Franco Arenoso

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8: Corresponde al código de cada productor

5.1.2. Propiedades químicas del suelo

Una propiedad química es cualquier propiedad en que la materia cambia de composición. Cuando se enfrenta una sustancia química a distintos reactivos o condiciones experimentales puede o no reaccionar con ellos; se crean medios elementales que especifican la relación y disponibilidad entre los macro-micro nutrientes, pH, densidad aparente y balance mineral (Buol S., 1997).

El análisis de suelo determinó datos respecto a la disponibilidad y deficiencia de cada elemento, se logró obtener los puntos o niveles críticos en cuanto a macro y micro nutrientes de las parcelas seleccionadas. Las principales deficiencias radicaron en los contenidos de N, P y S respectivamente los demás elementos están en rangos medio y alto. Esto indica la necesidad de suplir la demanda de estos nutrientes con la fertilización.

Tabla 4. Macronutrientes del suelo según resultados de análisis de suelo

Parcela	P (ppm)	K (meq/100ml)	Ca (meq/100ml)	Mg (meq/100ml)	S (ppm)
P ₁	6.5 B	0.95 A	16.327 M	4.597 M	7.7 B
P ₂	4.0 B	0.562 M	13.03 M	5.429 M	6.3 B
P ₃	8.6 B	0.789 A	14.134 M	4.148 M	14.4 B
P ₄	3.8 B	0.97 A	13.011 M	4.341 M	10.7 B
P ₅	18.1 B	1.102 A	17.505 M	7.72 M	6.8 B
P ₆	6.7 B	1.086 A	13.221 M	3.163 M	13.7 B
P ₇	27.7 A	1.379 A	17.874 M	6.036 M	5.9 B
P ₈	22.1 A	0.663 A	26.043 A	10.371 A	11 B

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8: Corresponde al código de cada productor

A: Alto M: Medio B: Bajo.

Los micronutrientes al igual que los macronutrientes se suelen clasificar bajo un criterio de cantidad que precisan los cultivos de cada uno de ellos y su presencia en las plantas; sin embargo, los micronutrientes, se necesitan en menor cantidad, pero son igual de importantes para el desarrollo correcto de los cultivos. Las deficiencias en micronutrientes se tienen poco en cuenta, por el contrario, se presta más atención a los macronutrientes NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), dando como resultado carencias importantes, daños en cosechas, malos desarrollos en los cultivos. De ahí que también se denominan a los micronutrientes como oligoelementos (UCC, 2016).

A diferencia de los elementos mayores las deficiencias en cuanto a micronutrientes no fueron elevadas, los casos cuyos elementos fueron bajos estuvieron la parcela siete de la comunidad la Pita y la parcela ocho de la comunidad la Perla con déficit en Cu, Zn y Br respectivamente; además la mayoría también se encontraron dentro de los rangos medios de cada oligoelemento y en algunos casos estos estaban en cantidad suficiente para cubrir los requerimientos que los pastos ameritaban.

Tabla 5. Micronutrientes por parcela de acuerdo a resultados de análisis de suelo

Parcela	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Br (ppm)
P1	99.2 M	4.6 M	5.2 M	26.9 M	0.4 M
P2	106.5 A	6.3 M	4.6 M	33.3 M	0.2 B
P3	114.7 A	5.6 M	11.6 M	33.4 M	0.4 M
P4	114.5 A	5.0 M	6.5 M	37.8 M	0.2 B
P5	111.8 A	3.6 M	3.2 M	33.2 M	0.4 M
P6	107.6 A	14.1 M	9.7 M	41.8 M	0.6 A
P7	99.1 M	1.3 B	2.5 B	26.6 M	0.4 M
P8	105.0 A	1.9 B	2.4 B	25.8 M	0.4 M

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8: Corresponde al código de cada productor

A: Alto M: Medio B: Bajo.

De acuerdo a los resultados de la tabla 6, los valores de pH fluctuaron en las parcelas estudiadas con valores de 5.6 a 6.1 considerados como suelos ácidos según (Fassbender,

1982). Teniendo en cuenta estos valores del pH Guerrero, (1991) sostiene que agronómicamente la mayoría de elementos esenciales y de cultivos se comportan bien a pH entre 5.5 y 6.7 y que probablemente el pH óptimo está entre 6.2 y 6.5, lo que indica que todas las parcelas cumplen con este criterio.

Por su parte, el IICA, (1992) reporta algunos rangos de tolerancia de pH para algunos cultivos, refiriéndose para el caso de pastos en general y particularmente del tipo braquiaria valores entre 4.8 y 5.5. Según estos valores en las parcelas el desarrollo de los pastos se encuentra en condiciones óptimas.

Tabla 6. pH en H₂O y pH en KCl por parcela (Resultados análisis de suelo)

Parcela	pH agua	pH KCl
P1	6.1 M	5.5 M
P2	5.9 M	5.2 B
P3	5.6 M	5.2 B
P4	5.8 M	5.2 B
P5	5.8 M	5.2 B
P6	6.0 M	5.4 B
P7	5.8 M	5.4 B
P8	5.9 M	5.2 M

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8: Corresponde al código de cada productor

A: Alto M: Medio B: Bajo.

5.1.3. Materia orgánica del suelo

Todos los residuos de origen vegetal y animal que llegan al suelo conforman la materia orgánica del mismo; la principal fuente de ella son los residuos vegetales, los cuales aportan energía y alimento a los organismos del suelo, al tiempo que son la materia prima para la formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo (Malagón, 1995).

La materia orgánica aumenta o disminuye en función del laboreo y explotación a la cual es sometido un suelo, considerando que mientras mayores prácticas de mecanización, quema,

aplicación de químicos sobre el suelo y sobre explotación del recurso edáfico sus valores en el suelo sufrirán cambios conforme a lo que el suelo sea expuesto. Al respecto, los valores obtenidos en las parcelas fluctúan entre 3.87 y 10.23 respectivamente.

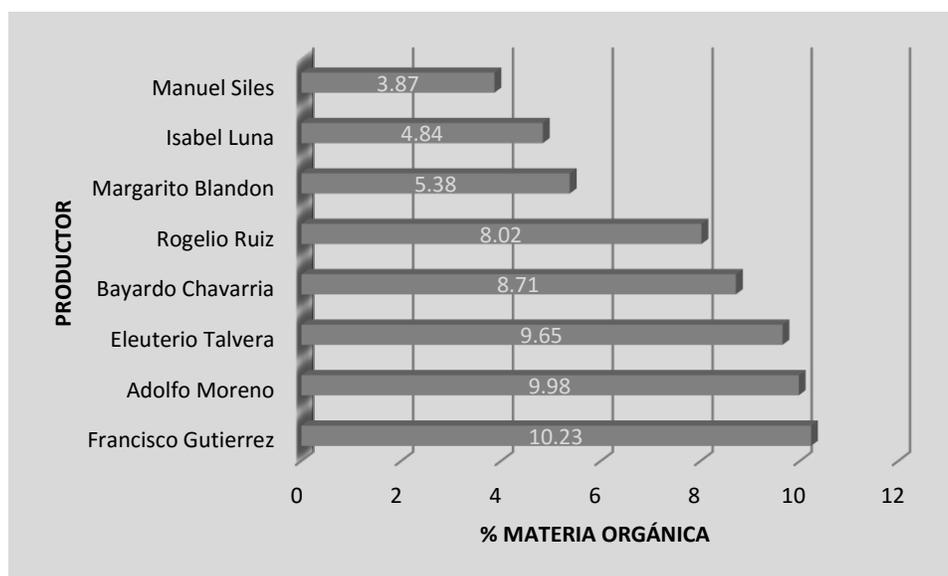


Figura 1. Porcentaje de Materia orgánica por productor

Comportamiento de la humedad y macro fauna del suelo

La humedad durante el estudio presento diversos valores influenciados por los niveles de precipitación registrados en cada una presentandose las mayores afluencias durante los meses de septiembre, octubre y noviembre correspondientes al periodo 2016 y mayo 2017, respectivamente. La figura 2 indica un comportamiento similar entre las parcelas; pero se observa que este año la humedad del suelo ha sido mas alta durante estos meses transcurridos.

La capacidad de retención de agua del suelo en un lugar particular depende de la profundidad del suelo, el volumen de los poros o espacios y la proporción de los vacíos que retienen agua contra el empuje de la fuerza de gravedad; además el contenido de humedad del suelo varía (aparte de la influencia del clima) con el tipo y la cantidad de materia orgánica que este contiene. Durante el año del estudio las parcelas estuvieron sometidas a distintas actividades de manejo, a fin de iniciar con la mejora de las características que influyen en mantener la cantidad de humedad en su estructura (Porta, 1994).

Según Siqueira R, (1993) algunos factores que pueden reducir el número, la proporción y continuidad de la transmisión de los poros son el tráfico de maquinaria, hombres y animales, los cuales destruyen los poros grandes por compactación; además, la labranza que interrumpe la continuidad de la transmisión de los poros mediante su corrimiento y compresión durante la formación del piso de arado en el subsuelo. Actividades que de cierto modo se implementaron en las parcelas de las comunidades la Pita y la Perla, y que influyen en los niveles de humedad que se presentaron durante el estudio.

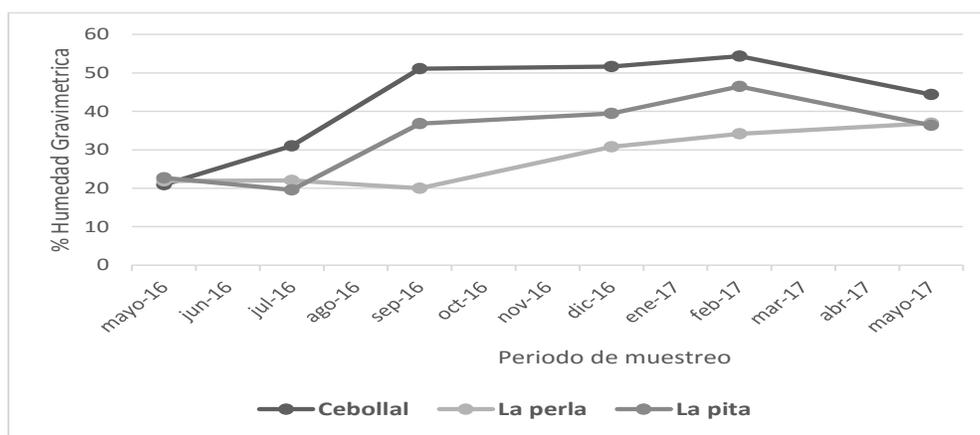


Figura 2. Comportamiento de la Humedad gravimétrica por comunidad

Durante el periodo del estudio se registraron diversos valores en cuanto a precipitación, de acuerdo a registros de la comunidad El Cebollal. Las mayores precipitaciones correspondieron a los meses de octubre-septiembre 2016 y para el periodo 2017 el mes de mayo. Esta situación es la que pudo determinar la humedad, ya que es uno de los indicadores de suelo más importante que se ve influenciada por las circunstancias del ambiente.

La evolución de la humedad del suelo durante el año depende del total de precipitación caída y su reparto anual señalaron Zhang y Bernsdtsen (1998) además postulan que en los horizontes superficiales del suelo, la precipitación y la vegetación son los factores principales que influyen en la variabilidad de la humedad del suelo. Esto podría explicar la coincidencia encontrada entre los meses de mayor precipitación en la zona y los mayores valores de humedad gravimétrica reflejados en la figura anterior.

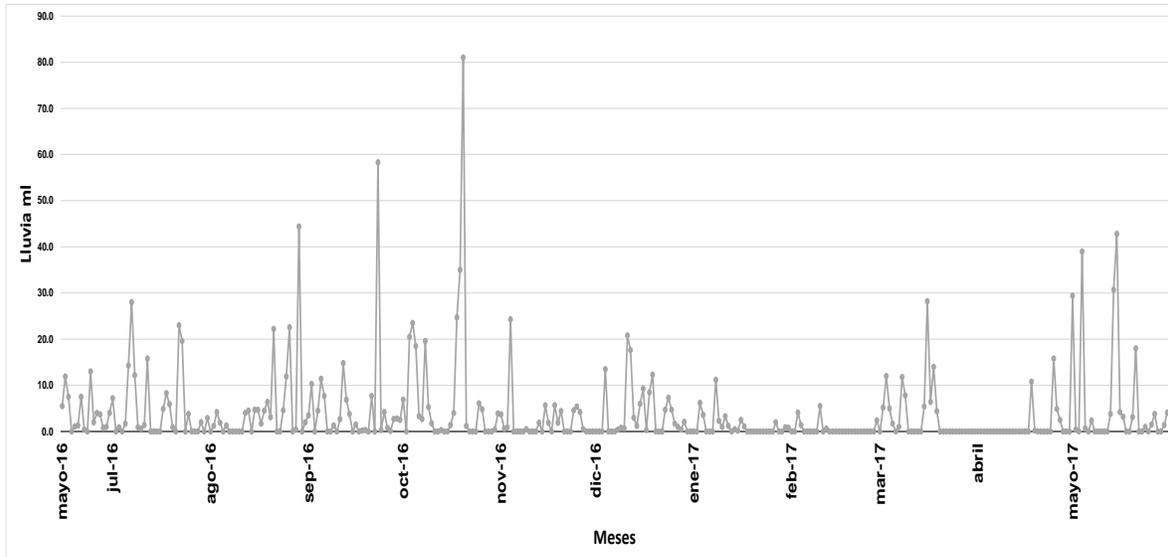


Figura 3. Precipitaciones de la comunidad el Cebollal, Miraflores

De las parcelas estudiadas, las del Cebollal presentaron el mayor valor en las medias (45.49 %) respecto de la humedad gravimétrica. Además, se notó una diferencia de humedad en las parcelas, con una media de 38.14 para la parcela testigo y 45.37 para la parcela ASA con una diferencia del 7% entre ambas parcelas. La humedad pudiera estar determinada por una mayor precipitación y cobertura del suelo, así como por la presencia de materia seca en la parcela ASA.

Los contactos físicos entre la cobertura y la superficie del suelo obstruyen el movimiento de la escorrentía, que desciende lentamente, dando más tiempo para la infiltración y, por lo tanto, reduciendo el volumen de la escorrentía. Esa es la razón por la cual la extracción de la cobertura vegetal y las alteraciones principales del suelo, tales como la labranza o la incorporación de residuos, mantillos u otras materias orgánicas, reducen drásticamente esos efectos positivos dejando un suelo descubierto vulnerable a los impactos de las gotas de agua de lluvia, y la consiguiente escorrentía y erosión (Buol S., 1997).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos para la variable humedad gravimétrica por comunidad y tipo de parcela

Estadístico	Comunidad			Parcela	
	El Cebollal	La Pita	La Perla	ASA	Testigo
Media	45.48	36.04	28.76	45.37	38.14
Mínimo	14.11	11.20	18.56	11.20	13.93
Máximo	121.31	93.56	39.05	121.31	93.56
D.E	18.79	18.05	7.05	21.20	15.98

Las diferencias entre comunidades y parcelas encontradas son estadísticamente significativas, tal como se evidencia en la tabla 7, en donde la prueba de Kruskal Wallis distribuye las tres comunidades en dos grupos estadísticos siendo superior las parcelas del Cebollal (45.49 %) con una p-valor de <0.0001 . Esa diferencia está influenciada por las precipitaciones registradas para esta comunidad, que crean un ambiente particular, facilitando que la biomasa y cobertura arbórea de los sistemas en estudio facilite la conservación de la humedad.

Similar comportamiento se evidencia respecto de los dos tipos de parcelas consideradas en la investigación, ya que la prueba de Mann Whitney establece que son diferentes estadísticamente con una p-valor <0.0001 , con valores más altos para la parcela ASA. Ahora bien, Handeh, (2003) encontró diferencias notorias entre el contenido de humedad de arenas de diferentes suelos (Andisol y Mollisol), atribuyéndole la mayor acumulación obtenida en el Andisol a la presencia de características vesiculares en sus granos. El contenido de arena es un poco mayor en las parcelas del Cebollal que en las demás comunidades, pero todos los suelos son de la misma clase textural.

También, Staff, (2006) concluyó que los Andisoles retienen más agua a una misma tensión, que los Oxisoles, debido a que los agregados de alófono y materia orgánica son más porosos que los de caolinita y de óxidos de hierro. Es de tener en cuenta que las parcelas del Cebollal presentan los valores más altos de materia orgánica.

Pese a que la compactación es uno de los problemas que tienden a disminuir la retención de humedad producto de la pérdida de estructura y textura de los agregados del suelo, al designar áreas de manejo de pasturas y reducción de labores perjudiciales se puede disminuir el problema. Por eso, las prácticas que ya se implementan como la selección de un pasto mejorado adaptado a las condiciones, la no quema y control del pastoreo determinan cambios en este parámetro en la parcela ASA respecto de la testigo.

Tabla 8. Análisis de Kruskal Wallis y Mann Whitney para la variable humedad gravimétrica por comunidad y tipo de parcela

Prueba Kruskal Wallis				Prueba Mann Whitney			
Comunidad	N	Medias	P-valor	Parcela	Medias		
La Perla	30	28.77 a		Testigo	38.14	Chi-cuadrado	33.66
La Pita	60	36.05 a		ASA	45.37	Gl	2
El Cebollal	150	45.49 b	<0.0001			Sig. Asintótica	0.000

Letras distintas indican diferencias estadísticas

De la tabla 9 se muestran los valores de las medias de humedad en cada parcela por mes y productor, que evidencia que estos valores son en la mayoría de los meses, ligeramente más altos en la parcela ASA que en la parcela testigo, identificándose dos productores de la comunidad el Cebollal como aquellos con diferencias estadísticas entre las dos parcelas en investigación, para la mayoría de los meses con una p-valor <0.05, habiendo una diferencia de al menos 10% entre parcelas. No obstante, un productor muestra valores superiores en la parcela testigo respecto de la ASA, lo que se explica por un cambio tardío en las condiciones iniciales en que se encontraba el suelo de sus áreas.

En cuanto al productor Manuel Siles de la comunidad la Pita se destaca también una diferencia estadística entre ambas parcelas para dos de los meses estudiados, lo que está determinado por el pasto cultivado en la parcela ASA, el cual presentó buen desarrollo y además proporciona protección al suelo logrando así, mayor retención de humedad, favorecida por el desarrollo y crecimiento de las raíces del pasto.

Tabla 9. Estadístico Kruskal Wallis por mes para humedad gravimétrica en los meses de mayo 2016 a 2017 para cada productor según tipo de parcela

Productor	Mes/año	2016			2017	
		mayo	septiembre	diciembre	febrero	mayo
Rogelio Ruiz	ASA	20.30	45.95	51.42	50.15	39.31
	Testigo	19.09	34.36	47.72	48.97	41.86
	p-valor	0.47	0.37	0.51	0.85	0.13
Isabel Luna	ASA	22.00	20.67	30.59	34.61	36.37
	Testigo	21.90	19.33	31.02	33.68	37.46
	p-valor	0.96	0.33	0.80	0.70	0.61
Manuel Siles	ASA	17.53	36.07	36.33	39.05	30.43
	Testigo	20.60	49.26	24.58	26.24	29.56
	p-valor	0.26	0.42	0.03	0.05	0.71
Adolfo Moreno	ASA	31.22	39.27	40.95	44.24	50.12
	Testigo	18.15	41.18	47.12	50.52	48.34
	p-valor	0.03	0.77	0.46	0.46	0.71
Francisco						
Gutiérrez.	ASA	24.50	44.97	48.59	49.86	39.28
	Testigo	22.43	25.85	29.38	32.73	25.84
	p-valor	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Bayardo Chavarría	ASA	26.37	57.96	62.49	65.23	35.41
	Testigo	22.18	50.85	51.09	58.98	44.62
	p-valor	0.56	0.35	0.13	0.26	0.24
Margarito Blandón	ASA	21.62	28.93	63.62	64.51	53.35
	Testigo	24.77	32.87	33.28	56.01	32.23
	p-valor	0.72	0.76	0.11	0.72	0.27
Eleuterio Talavera	ASA	52.59	50.03	50.03	53.11	49.83
	Testigo	22.86	87.14	87.80	89.47	69.42
	p-valor	0.00	0.02	0.02	0.02	0.21

En otro tema, en los últimos años se ha revalorizado la importancia de la diversidad de la biota del suelo en el funcionamiento global del ecosistema. En este sentido, son numerosos los estudios que muestran claramente la sensibilidad de las comunidades de organismos edáficos ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto profundamente negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo (De Aquino A, 2008).

Los factores que afectan la presencia de macro-fauna en el suelo son el porcentaje de humedad, temperatura aireación, suministro de nutrientes, pH del suelo y tipos de plantas que se están cultivando. Factores que influyeron en la cantidad de organismos vivos indicadores del estado de las propiedades el suelo.

Tabla 10 . Valoración del conteo de lombrices en el suelo según resultado de la evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio

Aspecto del suelo	Puntaje máximo	Comunidades							
		El Cebollal				La Pita		La Perla	
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
Conteo lombrices	4	1	4	0	0	1	1	4	0

En el caso del número de individuos de lombrices (especie 1), los datos colectados con el conteo que se tomó por monolito, según la prueba T de Student, las dos parcelas no son diferentes estadísticamente. Esto puede estar relacionado con el hecho de que las prácticas hasta ahora desarrolladas y la cobertura vegetal en las parcelas, no han generado todavía cambios suficientes en el ecosistema.

Las lombrices de tierra representan la mayor biomasa animal en la mayoría de los ecosistemas terrestres, y allí donde son abundantes pueden procesar a través de sus cuerpos hasta 250 toneladas de suelo al año, por hectárea. Esto influye de forma significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y otorga a estos organismos un papel

crucial en la modificación de su estructura, en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes, que tiene a su vez efectos importantes sobre las comunidades vegetales que viven por encima de la superficie del suelo (Domínguez *et al.*, 2009).

Tabla 11. Descriptivo para la variable macro-fauna (lombrices) según tipo de parcela.

	Tipo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
No.indsp1	ASA	8	0.7075	1.53592	0.54303
	Testigo	8	1.5838	2.01268	0.71159
Sp1 (Kg/m3)	ASA	8	0.035	0.07368	0.02605
	Testigo	8	0.029	0.02442	0.00864

No. Indsp1, (Número de lombrices) Sp1 (Kg/m3), peso de lombrices.

Dentro de la macro fauna, también se tomó información sobre otras especies presentes en el suelo. Al analizar otras especies de la macro fauna (hormigas, gallina ciega y termitas) con la prueba de Mann Whitney no se encontró diferencia significativa entre las parcelas ASA y la testigo con una p-valor de 0.317 para el número de individuos y su peso. De manera similar no se encontró diferencia significativa para el peso de raíces con una p-valor 0.959 lo que evidencia que, hasta este momento, las prácticas implementadas no ejercen efecto sobre las dinámicas de estas poblaciones.

Muchos organismos de la macro fauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isoptera) y las hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica (Cabrera, Robaina, Ponce de León, 2011).

Tabla 12. Prueba de Mann Whitney para otras especies de la macro-fauna y peso de raíces por tipo de parcela

	No. individuos	Peso (kg/m³)	Peso raíces (Kg/m³)
U de Mann-Whitney	28.000	28.000	31.000
W de Wilcoxon	64.000	64.000	67.000
Z	-1.000	-1.000	-.105
Sig. asintót. (bilateral)	.317	.317	.916

Características de los componentes silvopastoriles (árboles y pasturas)

En los sistemas silvopastoriles (SSP) se desarrollan armónicamente árboles o arbustos, pastos y animales en interacción con el suelo. Constituyen desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, una de las modalidades más prometedoras de los sistemas conservacionistas.

Uno de los aspectos importantes en este tema es la cobertura del estrato arbóreo en el sistema, por lo que se valoró con los productores, considerándose que las parcelas presentan una cobertura arbórea media en las parcelas de pasturas. Siqueira R, (1993) afirma que una cobertura de suelo muerta o viva absorbe la mayoría de la energía de las gotas de agua de lluvia que caen sobre ella y con el tiempo esta agua de lluvia alcanza el suelo. En estas condiciones su capacidad para desintegrar los agregados del suelo y desprender las partículas finas es enormemente reducida. Por consiguiente, hay poco o ningún sellado de los poros de la superficie del suelo por las partículas desprendidas y poca deposición de las partículas del suelo que pueden formar una costra en la superficie.

Tabla 13. Especies arbóreas y cobertura promedio presentes en las parcelas de estudio

Aspecto del suelo	Puntaje máximo	Comunidades							
		El Cebollal				La Pita		La Perla	
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
Cobertura	6	3	3	3	3	3	3	3	3

Las vías en que los árboles son retenidos o establecidos en los campos, es a través de la regeneración natural y la siembra de especies de interés para el productor en las cercas vivas de los potreros; según los datos obtenidos del estudio las especies arbóreas encontradas en los sistemas silvopastoriles de los productores son las que muestra la tabla 13. De las especies presentes en los sistemas que se llevó a cabo la investigación, se encontró que tres de las especies son indicadas para establecer un SSP (guácimo, cuajinicuil, manpás), dentro de las cualidades que hacen de estas especies deseables se destacan sus hojas y frutos que son palatables y comestibles para el ganado. Las hojas poseen cerca de un 15-21% de proteína bruta (CATIE, 1986).

El mantener e incrementar la cobertura arbórea en los potreros activos, representa una opción para mejorar la productividad y sostenibilidad en las fincas ganaderas en el trópico seco, particularmente en zonas con período seco extenso, debido a que proveen frutos y forraje de mayor calidad nutricional en comparación a las herbáceas Brown, (2001). Las especies arbóreas se usan para leña, la fabricación de carbón, madera para postes en cercas y varas para construcciones rurales. Sus rebrotes, se pueden usar para la producción de varas tutoras o de sostén de cultivos agrícolas. También se puede utilizar su madera en carpintería, ebanistería y en la fabricación de cajas de embalaje (CATIE, 1986).

Aunque las demás especies de las parcelas no están indicadas en la literatura para un SSP son propios de la zona; siendo importantes desde el punto de vista de restauración de suelo porque aportan cantidades de hojas, ramas y frutos que con el tiempo sufrirán un proceso de descomposición, favoreciendo así el aumento de materia orgánica, macro fauna benéfica del suelo y mejora de la fertilidad del mismo, considerando además que dichas especies son parte de la flora nativa del área protegida.

Según Giraldo, (1966) bajo la presión de producir alimentos en sistemas que mantengan estables su producción y rentabilidad a largo plazo, sin generar inequidad social y preservando todos los recursos naturales bajo el paradigma de la sostenibilidad, han cobrado especial importancia el uso de árboles forrajeros como fuente viable para la alimentación animal y más recientemente el manejo de sistemas silvopastoriles que integran el uso de pasturas, árboles y animales con diferentes objetivos y estrategias de producción.

Por lo anterior, se puede favorecer el establecimiento de un SSP considerando las especies nativas de una zona en específico en pro de la preservación y aprovechamientos de cada uno de los recursos tanto bióticos y abióticos que rodean el sistema.

Tabla 14. Especies arbóreas y cobertura promedio presentes en las parcelas de estudio

Nombre común	Nombre científico	No. Individuos	% cobertura promedio por ssp
Roble encino	<i>Quercus ssp.</i>	20	3.46
Carbón	<i>Acacia pennatula</i>	19	1.72
Lechoso	<i>Scalesia pedunculata</i>	12	1.10
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0.14
Sangre grado	<i>Croton magdalenensis</i>	2	0.18
Chaperno	<i>Albizia adinocephala</i>	1	0.82
Cuajiniquil	<i>Inga vera</i>	1	0.28
Mango	<i>Mangifera indica</i>	1	0.02
Mampas	<i>Lippia myriocephala</i>	1	0.21

En las evaluaciones de cobertura arbórea aplicadas al inicio y final de esta investigación durante un año, se obtuvo un rango de 20-60 árboles por hectárea lo cual está dentro de los promedios que normalmente el país tiene. Según Zamora, (2001), en el trópico seco de Nicaragua se registraron densidades de 14 a 82 árboles/ha. Mientras que para fincas ganaderas del trópico húmedo de Costa Rica, algunos estudios reportan una densidad menor de árboles dispersos en pasturas de 12 a 22 árboles/ha (Souza de Abreu, 2000).

Además, las especies leñosas pueden contribuir a la restauración de pasturas degradadas (Szott, 2000).

Es de destacar que, los porcentajes de cobertura arbórea obtenidos están relacionados con la densidad de árboles que puedan estar presentes en el área, obteniendo coberturas desde 1 a 38 %. En el trópico seco de Costa Rica, Restrepo (2002) encontró que la ganancia de peso en época lluviosa en potreros con cobertura arbórea alta (27,35% o 19 árboles ha⁻¹) fue mayor comparados con aquellos con cobertura baja (7% u 8 árboles ha⁻¹); en época seca la pérdida de peso fue menor en los potreros con cobertura alta, mostrando la ventaja de la incorporación de los árboles en las pasturas, al ofrecer no solo sombra para proteger al ganado sino que aumenta el consumo voluntario tanto de pasturas, follaje y frutos de árboles. Por lo que estos porcentajes de cobertura arbórea serán muy beneficiosos no solo para el componente suelo del sistema silvopastoril sino que también para el componente animal tendrá un beneficio indirecto.

La ganadería es un rubro importante en la zona estudiada, orientada a la producción de leche aprovechando pasturas degradadas y gramas naturales, las cuales se encuentran frecuentemente asociadas a especies arbóreas, aunque con un deficiente manejo y aprovechamiento. En un estudio realizado en Matiguás, Nicaragua, Yamamoto, (2004) encontró relaciones entre la cobertura arbórea en pasturas naturales y mejoradas y la producción de leche mostrando efectos positivos con densidades moderadas de árboles (19-25%).

Es por ello que en cuanto a humedad y cobertura existen diferencias mismas que se deben a la cobertura del suelo determinada por la presencia del pasto y árboles dentro del sistema silvopastoril, tal como lo explica (Siqueira R, 1993).

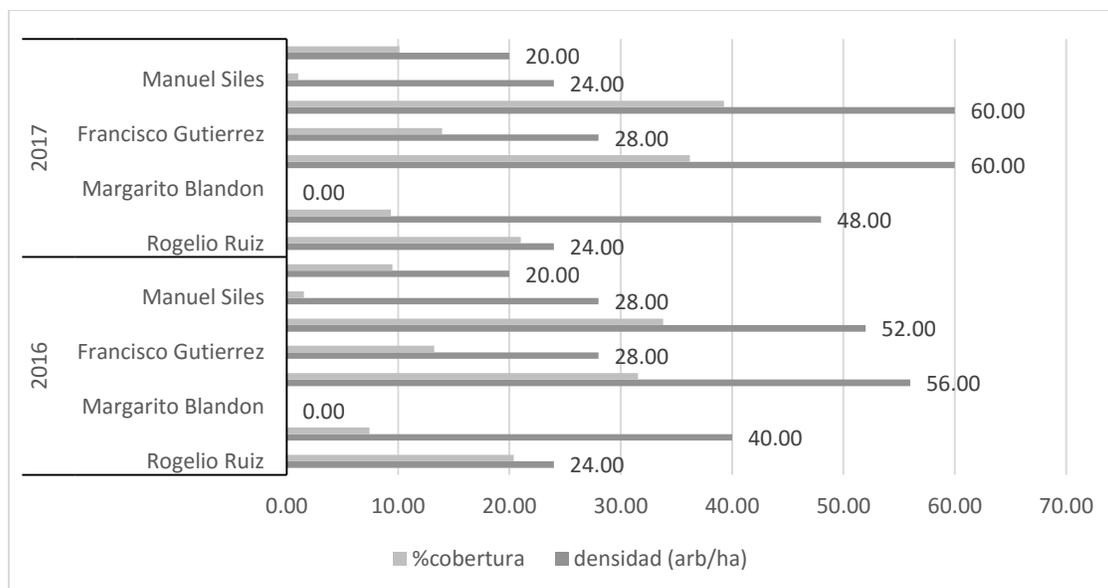


Figura 4. Cobertura y densidad de árboles por hectárea durante el periodo 2016-2017

Por otro lado, es necesario también tener en cuenta la obtención de alimento proporcionado por el forraje fresco total resultante de la cosecha, la que es expresada como materia seca. La media para materia seca corresponde a 1.763% para la parcela ASA, mientras que para la parcela testigo fue una media de 1.178%; y aunque en la mayoría de las parcelas el pasto aún no estaba en su etapa de máximo desarrollo, es un poco mayor. Inicialmente solamente dos productores cultivaban pastos en sus terrenos, pero sin labores de manejo adecuados, mientras que el resto maneja áreas con grama natural.

Al aumentar el contenido de humus, se incrementa la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, sobre todo si es un suelo arenoso; además, mejora, notablemente, las relaciones hídricas del suelo, al mejorar la infiltración y reducir las pérdidas de agua por evaporación; todo lo anterior contribuye a aumentar la actividad química y biológica del suelo y por tanto su evolución Buol S., (1997). Por ellos la humedad es un indicador que influye en el estado de algunas propiedades tal es el caso de la correlación existente entre la influencia que garantiza la humedad sobre el contenido de materia seca de un área específica, mientras que, la materia seca influye en el contenido de cobertura existente sobre la superficie del suelo.

Para esta variable de acuerdo a los resultados de la prueba Mann Whitney se evidencia que los dos tipos de parcelas muestran una diferencia significativa con una p valor de 0.025; determinada por las labores desarrolladas en las parcelas ASA (Agricultura, Suelo y Agua) y en especial por la introducción de un nuevo pasto para la zona y una práctica de manejo adecuada a las condiciones del productor.

Tabla 15. Prueba de Mann Whitney para materia seca

Materia seca	
U de Mann-Whitney	388,500
W de Wilcoxon	1,564,500
Z	-2,240
Sig. asintótica (bilateral)	,025

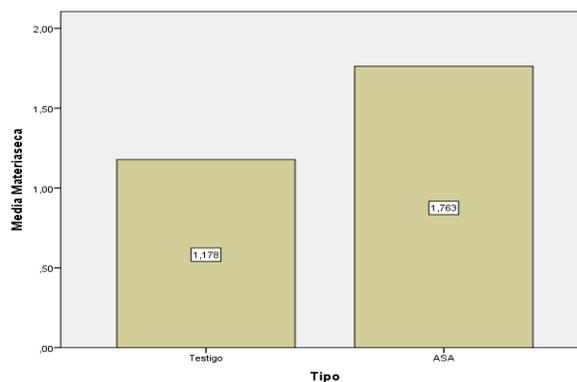


Figura 5. Media para la variable Materia seca según tipo de parcela

Es evidente que un suelo con humedad en su textura permite el desarrollo de especies vegetales e incluso es una fuente de reserva para los periodos en que los niveles de riego o precipitaciones disminuyen y con el desarrollo de biomasa se genera el contenido de materia seca que se puede obtener de un terreno. Pero una mayor cantidad de biomasa con el tiempo aportará material favoreciendo la descomposición y agregando nutrientes esenciales y mayor diversidad de las especies del suelo; potencializando de tal modo la capacidad de un suelo aprovechado eficientemente.

Esto es lo que explicaría la correlación existente de la humedad gravimétrica con la materia seca que, aunque su correlación es baja, es estadísticamente significativa con una p-valor de 0.028. Esto es, a mayor humedad gravimétrica mayor cantidad de materia seca. También se encontró una relación positiva entre materia seca y cobertura, lo que indica que a mayor cobertura mayor será la materia seca.

Tabla 16. Correlación de Spearman entre las variables Humedad, Materia seca y Cobertura de suelo.

Aspecto		Materia seca	Cobertura suelo
% Humedad gravimétrica	C. Correlación	,260*	,118
	Sig.	,028	,322
Materia seca	C. Correlación	1,000	,404**
	Sig.	.	,000

* La correlación es significativa en el nivel 0.05

** La correlación es significativa en el nivel 0.01

Condiciones de manejo productivo ganadero de las fincas en estudio

Una vez definidas las áreas se observó los recursos presentes con el objeto de posteriormente definir y establecer acciones para el establecimiento de los sistemas y manejos de pastura; en la tabla 17 se especifica y muestra el estado inicial de cada una de las parcelas ASA (Agricultura, suelo y agua) en la que se denotan las condiciones y ciertas prácticas que los productores realizaban en su día a día.

Tabla 17. Estado de las parcelas seleccionadas como ASA de los productores incluidos en la investigación

Productor	Condiciones de la parcela	
Rogelio Ruiz	<p>Al inicio del estudio la parcela denominada ASA presentaba cobertura sobre el suelo, misma proporcionada por las especies arbóreas (Roble) que se encontraban en el terreno, la parcela a pesar de reunir adecuado espacio y condiciones no era aprovechada para el establecimiento de cultivos y pastos, era un lote más dentro del terreno con el que contaba, área destinada para el pastoreo de su ganado. Pese a las condiciones iniciales el contenido de lombrices era abundante en la parcela.</p>	
Bayardo Chavarría	<p>Terreno con presencia de grama y algunas especies de maleza, destinada también como área de descanso del ganado y no cultivada, arboles dispersos en gran proporción del terreno y presencia de macro fauna. Arboles dispersos (roble y reble encino) y presencia de hojarasca sobre la superficie del suelo.</p>	

Productor	Condiciones de la parcela	
Adolfo Moreno	Arboles dispersos (<i>Acacia pennatula</i>) terreno sin perturbar y no aprovechado a través del establecimiento de cultivos o pastos, presencia de piedras, área de pastoreo y grama sobre la superficie sin contenido de hojarascas.	
Eleuterio	Terreno utilizado para descanso del ganado, suelo con pendiente y parte baja sufre de anegamiento, arboles dispersos (<i>Acacia pennatula</i> y <i>Scalesia pedunculata</i>), presencia de grama y poca hojarasca sobre el suelo, buen contenido de lombrices durante monitoreo inicial.	
Francisco Gutiérrez	Parcela con adecuada distribución arbórea (<i>Scalesia pedunculata</i> , <i>Inga vera</i>), tenía inicialmente un pequeño vivero de café en la parcela con cobertura vegetal sobre la superficie, adecuado contenido de sombra y presencia abundante de lombrices, poca introducción del ganado.	

Productor	Condiciones de la parcela	
Margarito Blandón	Sin arboles dispersos, únicamente musáceas en el centro de la parcela, sin intervención en la totalidad del terreno, poca presencia de piedras y de macro fauna del suelo, cercas vivas y presencia de malezas.	
Manuel Siles	Inicialmente terreno sin intervención que antes del establecimiento del pasto se tenía cultivada papa, sin árboles dispersos, presencia de cercas vivas (<i>Guazuma ulmifolia</i>), poco conteo de lombrices y presencia de plagas del suelo (<i>Phillophaga ssp</i> específicamente), sin cobertura de suelo, terreno arado previo al establecimiento del pasto.	
Isabel Luna	Poca presencia de especies arbóreas, grama en la totalidad de la parcela, sin intervención en el terreno, y poca presencia de piedras, macro fauna elevada, poca presencia de hojarasca.	

Planificación de actividades del establecimiento de parcelas de pastura o silvopastoriles

Una vez definidos los sistemas y determinadas las principales problemáticas se diseñó y desarrolló un plan a largo plazo con el objeto de aumentar la productividad y elevar rendimientos del pasto que garantice adecuados niveles energéticos para la alimentación del ganado. Cada una de las prescripciones que se establecieron fueron acordes a las necesidades y tipo de parcela que cada productor tenía en sus terrenos. Durante este primer ciclo se logró obtener cambios en cuanto a la adopción de una cultura y manera de ver los pastos como un cultivo de amplia importancia; permitiendo que los productores generaran un enfoque de fertilidad asociado a pasturas.

De los ocho productores con los que se trabajó se establecieron dos variedades de pasto en las parcelas ASA (Agricultura, suelo y Agua) distribuyendo para el caso del productor 1 pasto marandú y se debió cubrir los requerimientos de N-P los cuales eran bajos y no cubrían los requerimientos nutricionales del pasto por lo que se elaboró un plan de fertilización que incluía aplicaciones de urea 46-0-0, 18-46-0 y fertifrijol (10-20-12-2-13) respectivamente.

Del productor 2 al 8 las necesidades que se deben cubrir fueron para el pasto mombasa presentando las mayores deficiencias el productor 5 y 6 en cuanto a N, P, S; se elaboró un plan de fertilización por productor y una distribución de los fertilizantes por etapas, esto para incorporar lo que necesitaba el pasto para su desarrollo y el suelo no podía cubrir.

Tabla 18. Propuesta de actividades y prácticas para las parcelas ASA en el área de estudio

Productor	Actividades y prácticas por año				
	1	2	3	4	5
Manuel Siles	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a deficiencias de N, Mg, S, Cu, y Zn ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumentar cantidad de árboles en las cercas vivas ✓ Realizar podas a los árboles de las cercas vivas e incorporarlo al suelo ✓ Implementar bancos de proteínas (Maralfalfa, marango, frijol cannavalia) dentro del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles dispersos en el sistema ✓ Dentro del sistema sembrar árboles forestales ✓ Realizar control de malezas ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manejo a los árboles del sistema ✓ Podas de formación a los árboles 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar bancos mixtos de forraje
Margarito Blandon	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, S, Cu y Zn ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar musáceas en el sistema ✓ Plantar árboles nativos de la zona como cortinas rompe vientos ✓ Incorporación de abonos verdes sobre la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas dentro del sistema ✓ Realizar control de malezas ✓ Darle manejo al banco de proteínas 	<ul style="list-style-type: none"> Plantar árboles frutales, proteicos y de sombra de manera dispersa en el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar bancos mixtos de forraje

Productor	Actividades y prácticas por año				
	1	2	3	4	5
Adolfo Moreno	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P, y S ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas en el sistema ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos (lombrí-humus). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles forestales en el sistema ✓ Realizar podas a los árboles 	Manejo a los árboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forraje
Bayardo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto(mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P y S ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas en el sistema ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos (lombrí-humus). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles frutales en el sistema ✓ Realizar podas a los árboles 	Manejo a los arboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forraje

Productor	Actividades y prácticas por año				
	1	2	3	4	5
Eleuterio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (Marandú) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P, S y B. ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas (maralfalfa, frijol caupi, marango) en el sistema ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos (lombri-humus). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles forestales en el sistema ✓ Realizar podas a los árboles 	Manejo a los arboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forraje
Francisco Gutiérrez	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P, S y B ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos (lombri-humus, compost). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles forestales en el sistema ✓ Realizar podas a los árboles 	Manejo a los arboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forrajes.
Rogelio Ruiz	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto(mombaza) ✓ Resiembra 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas (Maralfalfa, 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles forestales en el sistema 	Manejo a los árboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forraje

Productor	Actividades y prácticas por año				
	1	2	3	4	5
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P y B ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> cannnavalia, marango, frijol caupi) en el sistema ✓ Elaboración y uso de abonos orgánicos (lombrihumus, compost, bocashi). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar podas a los arboles 		
María Isabel	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Siembra del pasto (mombaza) ✓ Resiembra ✓ Fertilización del pasto en base a déficit de N, P y B ✓ Realizar el corte de pasto cuando alcance altura de 80 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar bancos de proteínas (frijol caballero, cuapi, mralfalfa, marango) en el sistema ✓ Plantar árboles alrededor como cortinas rompe vientos ✓ Establecimiento de prendones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantar árboles forestales en el sistema ✓ Plantar árboles proteicos (marango) dispersos en el sistema ✓ Dar mantenimiento a los arboles 	Manejo a los árboles del sistema	Implementar bancos mixtos de forraje

VI. CONCLUSIONES

En cuanto a las propiedades físicas determinadas a través de una evaluación visual de suelo, todas las parcelas presentaron las mejores condiciones en cuanto a estructura, porosidad y coloración respectivamente, siendo esos aspectos los que más cerca de los rangos normales establecidos se encontraban; mientras que, los aspectos de menor aproximación a los rangos óptimos fueron la profundidad y compactación.

Para propiedades químicas las principales deficiencias radicaron en los contenidos de N, P, S, Cu, B y Zn respectivamente los demás elementos estaban en rangos medios y altos. En el caso del número de individuos de lombrices (especie 1, las dos parcelas (ASA y testigo) no fueron diferentes estadísticamente. Esto pudo estar relacionado con el hecho de que las prácticas hasta ahora desarrolladas y la cobertura vegetal en las parcelas, no habían generado todavía cambios suficientes en el ecosistema.

De las parcelas estudiadas, las del Cebollal presentaron el mayor valor en las medias (45.49 %) respecto de la humedad gravimétrica. Además, se notó una diferencia de humedad en las parcelas, con una media de 38.14 para la parcela testigo y 45.37 para la parcela ASA con una diferencia del 7% entre ambas parcelas. Esa diferencia estuvo influenciada por las precipitaciones registradas para esa comunidad, las que crean un ambiente particular, facilitando que la biomasa y cobertura arbórea de los sistemas en estudio facilite la conservación de la humedad.

De las especies presentes en los sistemas, se encontró que tres de ellas eran indicadas para establecer un SSP (*Guazuma ulmifolia*, *Inga vera*, *Lippia myriocephala*), dentro de las cualidades que hacen de estas especies deseables se destacan sus hojas y frutos que son palatables y comestibles para el ganado.

Se elaboró un plan de manejo a largo plazo partiendo de la fertilización para suplir las necesidades del pasto marandú y mombasa cubriendo así los requerimientos de N-P-B-S-Cu-Zn que incluía aplicaciones de urea 46-0-0, 18-46-0 y fertifrijol (10-20-12-2-13).

VII. RECOMENDACIONES

Para continuidad de labores en las parcelas ASA (Agricultura, suelo, agua).

Realizar los cortes del pasto en el momento óptimo para el mejor aprovechamiento del mismo.

Establecer bancos energéticos y proteicos (Marango, Maralfalfa, caupi) para abastecer de alimento al ganado y garantizar una buena recuperación y rebrote del pasto.

Implementar alternativas de fertilización orgánica a través de la elaboración de abonos orgánicos (compost, lombri-humus, bocashi, purin) ya que los productores cuentan con la materia prima para generarlos.

En las parcelas cuyas poblaciones de árboles son escasas establecer especies de rápido crecimiento y adaptabilidad (Manpas, cuajinicuil, Guácimo) para garantizar un buen sistema silvopastoril.

Para continuidad de labores en UCATSE respecto a las parcelas.

Coordinar mediante registros los periodos de corte realizados por productor a fin de que el pasto no se lignifique.

Coordinar ECA sobre elaboración de abonos orgánicos para instruir a mayor profundidad a los productores en ámbitos de agricultura sostenible.

Coordinar ECA sobre establecimiento de bancos proteicos y energéticos para explicar a los productores la sostenibilidad que se puede desarrollar en un sistema.

Colocar pluviómetros en cada comunidad para proporcionar información a futuros cambios en los comportamientos de las propiedades del suelo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Bellows, B. (2001). *Nutrient cycling in pasture*. Livestock Systems Guide. ATTRA. 64p.
- Benavides, J. (1994). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. . CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 236.
- Bernal J y Espinosa J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Potash and phosphate Institute of Canada 94 p.
- Bernal, E. (2003). *Pastos y Forrajes Tropicales Producción y Manejo*. Ed. Bogotá, Colombia. 700 p.
- Betancourt, H. (2007). *Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala*. *Pastos y forrajes* 30(1):169-177. Guatemala.
- Brink G. (2006). *A quick lesson in plant structure, growth and regrowth for pasture-based dairy systems*. *US Dairy forage Research Center, USDA*. Madison, Wisconsin.
- Brown, G. (2001). *Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos*. *Acta Zoológica Mexicana, Número espe*. Mexico.
- Buol, S. e. (1997). *Soil Genesis and Classification*. . Iowa U. S. A. 527 p.: Ed. Iowa State University Press.
- Buol, S. e. (1997). *Soil Genesis and Classification*. 4ª. Ed. Iowa State University Press. Iowa U. S. A. . 527 p.
- Cabalчета, G. (1999). *Fertilización y nutrición de forrajes de altura*. *XI Congreso Agronómico Nacional, III congreso de suelos*. UCR. San Jose, Costa Rica.
- Campos B, e. a. (1995). *Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo*. 19(1):1. *Rev. Bras. Ciência do Solo (Campinas)*.
- CATIE, S. (1986). *Silvicultura de especies promisorias para la producción de lena en América Central*. *Serie Técnica. Informe Técnico No 86*. Turrialba. Costa Rica.

- Cerdas, R. (2010). *Fertilización de forrajes*. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, 8p.
- Cortés, A., & Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Bogota.
- De Aquino A, e. a. (2008). *Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil*. Em: *Biodiversidade do solo em Ecossistemas Brasileiros*. (Eds. Fátima M.S. Moreira, J.O. Siqueira y Lijbert Brussaard). . Lavras, Brasil. p. 143: Ed. UFLA.
- DEFOSSEZ, P. y. (2002.). Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. *Soil and Tillage Research*. pp 67: 41-64.
- Defossez, P., & Richard, G. (2002.). Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. *Soil and Tillage Research*. pp 67: 41-64.
- FAO. (2001). *Lecture Notes on the Major Soils of the World*. . Roma, June (2001). ISBN 925- 104637-9.
- Fassbender, H. (1982). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperación para Agricultura (IICA).
- FASSBENDER, H. (1982). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de cooperación para Agricultura (IICA). San Jose, Costa Rica. 398 p.
- Franco , Q. (2005). *Evaluación de tecnologías por métodos participativos para la implementación desistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento del Valle del Cauca*. CIAT. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira 27p.
- Giraldo, L. (1966). *Efecto de tres Densidades de Arboles en el Potencial Forrajero de un Sistema Silvopastoril Natural*. IN: *Memorias Seminario Internacional Sistemas Silvopastoriles: Casos Exitosos y su Potencial en Colombia*. Santafé de Bogotá, La Dorada.
- Gobierno de Nicaragua. (1991). *La Gaceta*. 04 de noviembre. Managua, Nicaragua.

- Guerrero, R. (1991). *La acidez del suelo: Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelo, plantas y agua para riego*. Bogotá.
- Guerrero, R. (1993). *Fertilización de pastos mejorados. Fertilización de cultivos de clima frío. 2ed. monomeros*. Colombo, Venezolanos, p 157-175.
- Handeh, N. (2003). Compaction and Subsoiling Effect on Corn Growth and Soil Bulk Density. *Revista ambiental Agua, Aire y Suelo.*, 67, 1213-1219.
- HANDEH, N. (2003). Compaction and Subsoiling Effect on Corn Growth and Soil Bulk Density. *Soil Sci. Soc. Of Am. J.* 67: 1213-1219.
- Hillel, D. (1998). *Environmental soil physics*. Academic Press. San Diego. U.S.A. . pp 771.
- IICA. (1992). *Fertilización en diversos cultivos. 5ª. aproximación. Manual de asistencia técnica*. Bogota.
- Iraola, J. (2008). *Intercalamiento de maíz (Zea mays) en un sistema silvopastoril de Brachiaria híbrido vc. Mulato y Leucaena leucocephala vc. Perú*. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Kabir E, e. a. (2009). Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh? *Biotropica* 40:95.
- Kang, B. (1994.). *Cultivos en callejones: Logros y perspectivas. Agroforestería en Desarrollo. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible*. UACH. Chapingo. Mexico. pp.61-82.
- Lavelle, B. (1989). *Soil Macrofauna and land management in Peruvian Amazonia*. Yurimaguas, Loreto. *Pedobiologia* 33:283.
- Malagón, D. a. (1995). Origen, evolución, Clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). . *Suelos de Colombia, Bogotá.*, 632 p.
- Miranda, L. (1992). *Memoria Curso Taller: Conservación de Suelos Agrícolas y Productividad. Cooperación Técnica Suiza (COTESU)*. 54 p. Cochabamba, Bolivia.

- Montenegro, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá. 813 p.*
- Pezo , M. (1996). *Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos In: FIRA. 1er Foro Internacional sobre “Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales”*. Veracruz, México.
- Pezo D, e. a. (1998). *Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. CATIE. . Turrialba, Costa Rica. 258 p.*
- Porta, J. e. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid. 807: Ediciones Mundi Prensa.
- Primavesi A, e. a. (2006). En Brasil, optimizandolas interacciones entre el clima, el suelo, los pastizales y el ganado LEISA . *Revista de Agroecología, 18(1)*.
- Saturnino, H. (1997). *O meio ambiente e o plantio direto. 18p*. Ed. APDC (Goiânia).
- Siqueira R, e. a. (1993). *Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In : I Encontro Latino Americano de Plantio Direto na Pequena Propriedade*. Ponta Grossa. Brasil. Anais, p 221-237.
- Souza de Abreu, M. e. (2000). *Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 7(26):5356*. San Carlos, Costa Rica.
- Staff, S. S. (2006). *Keys to Soil Taxonomy, Tenth ed.* . United States Department of Agriculture, Washington.
- Szott, L. (2000). *The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. CATIEDANIDA-GTZ.*, Turrialba, Costa Rica. 71 p.
- UCC, A. (16 de Noviembre de 2016). *suelo*. Obtenido de <http://referentealsuelo.blogspot.com/2013/04/macronutrientes-del-suelo.html>
- Worthen, E. (1949). *Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización.* . México. 463 p.

- Worthen, E. M. (1949). *Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización*. U.T.E.H.A. 463 p.
- Yamamoto, W. (2004). *Effects of Silvopastoral Areas on Dual-purpose Cattle Production at the Semi-humid Old Agricultural Fronteir in Central Nicaragua*. Tesis Phd Philosophy. Turrialba, CR, CATIE. 306p.
- Zamora, S. e. (2001). *Como utilizar los frutos de Guanacaste (Enterolobium cyclocarpum), guácimo (Guazuma ulmifolia), genizaro (Pithecellobium saman) y jicaro (Crescentia alata) en alimentación animal*.
- Zeledón M. (2007). *Adaptación y productividad de seis gramíneas forrajeras en Puerto Díaz,, . Chontales, Nicaragua*.
- Zerbino S, e. a. (2008). *Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo*. . Agrociencia, 12 (1): 44- 55. 34.
- Zerbino, S. e. (2008). *Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo*. Agrociencia,.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Definición de los separados del suelo (Generalizado parcialmente de Montenegro y Malagón, 1990)

SEPARADO	RANGO DE DIAMETRO DE PARTÍCULA (mm)		
	USDA	ISSS*	DIN y BSI**
ARENA	2 - 0.05	2 - 0.02	2 - 0.08
LIMO	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002	0.08 - 0.002
ARCILLA	< 0.002	< 0.002	< 0.002

* Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

** DIN: Instituto Alemán de Estándares; BSI: Instituto Británico de Estándares.

Anexo 2. Guía para la evaluación de la salud y sostenibilidad de suelos forrajeros (Adaptado de Bellows 2009, Sullivan y Sharp 2010)

(adaptado de Bellows 2001, Sullivan y Sharp 2010)

Indicador	BUENO	MEDIO	POBRE
Cobertura del pasto	Potrerros totalmente cubiertos de forraje con material senescente visible.	Algunos parches sin vegetación, parches pequeños cerca de áreas de drenaje.	Parches grandes sin vegetación, especialmente en abrevaderos y áreas con sombra.
Composición botánica.	Gran diversidad de plantas, que incluye arvenses, pastos y leguminosas con diferentes hábitos de crecimiento.	Limitado número de especies y hábitos de crecimiento. Algunas especies invasoras se presentan.	Menos de tres especies diferentes o plantas invasoras conforman la mayoría del pastizal.
Desarrollo de raíces	Abundantes raíces verticales y horizontales, rizomas y estolones.	Más raíces horizontales que verticales.	Pocas raíces, casi solo horizontales.
Macroorganismos del suelo	Muchos escarabajos del estiércol y lombrices presentes.	Pocos escarabajos y lombrices en el suelo.	Ningún escarabajo o lombrices presentes.
Compactación del suelo	Varilla de metal o medidor de compactación penetra fácilmente el suelo.	Varilla de metal penetra con dificultad y encuentra áreas duras dentro del suelo.	Varilla de metal no penetra el suelo.
Erosión	No se observan cárcavas, el agua que sale del potrero es clara.	Se observan pequeñas escorrentías, sale del potrero agua con poco lodo.	Cárcavas presentes y sale del potrero agua con mucho lodo.
Estructura del suelo	Mantiene la estabilidad de los agregados luego de cambios bruscos de humedad y bajo lluvia intensa.	El suelo se rompe y separa con lluvia moderada.	El suelo se rompe y separa luego de un minuto en agua.
Infiltración del agua	El agua se absorbe durante lluvia moderada, poca escorrentía o charcos de agua en la superficie del suelo.	Algo de escorrentía con lluvia moderada y varios charcos sobre el suelo.	Fuerte escorrentía durante lluvia moderada y muchos charcos sobre la superficie del suelo.

Anexo 3. Consumo y excreción de nutrientes de los rumiantes en pastoreo (Adaptado de Beetz, 2002)

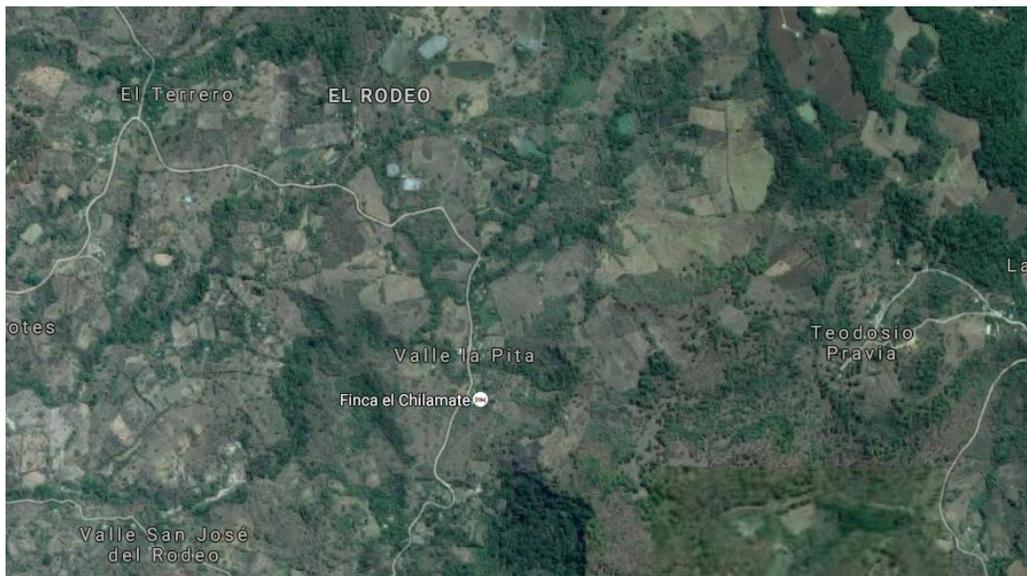
(adaptado de Beetz 2002, Bellows 2001, Detling 1988, Klausner 1995, Russelle 1992, Wells y Dougherty 1997)

Especie de rumiante	Vacas Lecheras	Ganado de Carne / Ovejas
Alimento consumido por día	10-18 kg MS	8-11 kg MS / 1.5-2.5 kg MS
Nutrientes utilizados para crecimiento y reproducción	17% N 26% P	15-25% N 20% P, 15% K
Nutrientes removidos de los potreros como leche y carne	N 38 kg por vaca P 7 kg por vaca K 10 kg por vaca	N 4.5 kg por vaca-ternero P 1.4 kg por vaca-ternero K 0.5 kg por vaca-ternero
Nutrientes por tonelada de boñiga	3-8 kg de N 1.4-5.5 kg de P ₂ O ₅ 1-7 kg de K ₂ O	
Nitrógeno contenido en las heces	2.0-3.6%	3.4-3.6%
Nitrógeno excretado en las heces	25 kg por año	
Nitrógeno contenido en la orina	0.42-2.16%	0.30-1.37%
Nitrógeno excretado en la orina	75 kg por año	

Anexo 4. Geo referencia comunidad en Cebollal, Miraflores Moropotente, Estelí.



Anexo 5. Geo referencia comunidad la Pita, Miraflores Moropotente, Estelí.



Anexo 6. Hoja para recolección de datos de la evaluación visual de suelo.

Evaluación Visual del Suelo			
Tarjeta de Calificación			
Indicadores de Calidad del Suelo			
Uso del Suelo:			
Comarca:			Municipio:
Finca / Lote:			Fecha:
Tipo de suelo			
Textura	Arenoso	Arcilloso	Franco
Humedad	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo
Clima	Invierno	Verano	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia		x 3	
Porosidad		x 2	
Coloración		x 2	
Numero y color de moteado		x 1	
Conteo de lombrices		x 2	
Compactación		x 1	
Cobertura		x 3	
Profundidad		x 3	
Promedio de Indicadores			
Interpretación de Calidad del Suelo		Puntos	
Suelo Pobre		<10	
Suelo Moderado		10 a 25	
Suelo Bueno		> 25	

Anexo 10. Diagnóstico retrospectivo.

ENCUESTA

I. DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR

- a. Nombre del productor(a): _____ Sexo: _____
- b. Número de cédula(a) (# Identificación oficial de país): _____
- c. Estado civil: _____
- d. Nivel de estudio: _____
- e. Número de teléfono: _____
- f. Fecha de nacimiento: _____
- g. Comunidad, caserío / sector: _____
- h. Municipio: _____
- i. Departamento: _____
- j. País: _____ - _____
- k. Coordenadas (World Mercator): X: _____; Y: _____; Altura (Z): _____
- l. Está organizado: Cooperativa: _____ Asociación de productores: _____
Privado: _____ Otros: _____

II. DATOS GENERALES DE LA FINCA

- a. Tenencia de la finca: Propia: _____ Alquilada: _____ A medias: _____ Comunal: _____
- b. Si es alquilada la tierra el tiempo en: Meses: _____
- c. Propiedad de la tierra o responsable del arrendamiento: Hombre _____, Mujer _____
- d. Área total : _____ has (colectar la información en las unidades de medida expresadas por el productor para tener el registro y luego hacer la conversión a has)
- | | | | | |
|----------|---|-------|-------|-----|
| Agrícola | : | _____ | _____ | has |
| Pecuaria | : | _____ | _____ | has |
| Forestal | : | _____ | _____ | has |
| Otros | : | _____ | _____ | has |
- Observación (anotar la relación de conversión entre la medida expresada por el productor y la hectárea): _____
- e. Tipo de suelo (textura) (¿con base al análisis o por observación?)
- | | | |
|--------|---|-------|
| Fino | : | _____ |
| Medio | : | _____ |
| Grueso | : | _____ |

f. Profundidad efectiva del suelo:

- i. ____ 00-10 cms
- ii. ____ 10-20 cms
- iii. ____ 20-30 cms
- iv. ____ 30-40 cms
- v. ____ >40 cms

g. Fuentes de agua, ubicación (dentro y fuera de la finca) y uso

	En la finca	Fuera de la finca	Uso		
			Riego	Consumo humano	Ganado
Pozo	: _____	_____	_____	_____	_____
Río	: _____	_____	_____	_____	_____
Quebrada	: _____	_____	_____	_____	_____
Ojo de agua	: _____	_____	_____	_____	_____
Estanque Reservorio:	_____	_____	_____	_____	_____
Ninguno	: _____	_____	_____	_____	_____

III. PRÁCTICAS DE FERTILIZACIÓN Y DE MANEJO DEL SUELO

a. Fertilización de cultivos

Cultivo	Área mz	1ra fertilización				2da fertilización				3ra fertilización			
		Producto	Días	Dosis	Costo CS\$	Producto	Días	Dosis	Costo US\$	Producto	Días	Dosis	Costo US\$
Maíz													
Frijol													
Maicillo													
Café													
Cacao													

IV. ACTIVIDADES PECUARIAS

a. ¿Tiene animales? Sí: _____ No: _____ (en caso “No” ir a la pregunta d)

Tipo

Cantidad

Ganado vacuno : _____
Cerdos : _____
Gallinas : _____
Abejas : _____
Cabras : _____
Ovejas : _____
Otras especies : _____

b. ¿Cómo alimenta sus animales vacunos?

Hace pastoreo de sus animales: Sí ____ No ____

Área (mz) pastos: ____

Usa el rastrojo de los granos básicos: Sí ____ No ____

Otra forma de alimentación: _____, _____, _____

c. Para alimentar su ganado que otro tipo de actividades realiza

_____, _____, _____, _____

d. ¿Tiene otros usos para el rastrojo de sus cosechas? Sí ____ No ____

e. ¿Cuáles? _____

f. ¿cómo utiliza el estiércol de ganado? _____

V. CAMBIOS RETROSPECTIVO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

a. Desde cuándo cultiva este terreno: _____

b. Cómo lo ha venido cultivando (manual, tracción animal, mecanizado, insumos, sin insumos, riego, otros.):

c. Cambió sus prácticas de como lo hacía hace 5 años, como las hace hoy? : _____

d. Por qué y cómo realizó los cambios en sus sistema de producción?

e. Estos cambios han mejorado su sistema de producción, porque sí o porque no?: Sí No
 Razone la respuesta: _____

f. Quién le ayudó a realizar estos cambios o quién lo asesoró?: _____

g. _____

Anexo 11. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las variables Humedad, Materia seca y Cobertura de suelo.

		% Humedad Gravimétrica	Materia seca	Cobertura suelo
N		72	72	72
Parámetros normales ^{a,b}	Media	366,478	13,729	68,75
	Desviación estándar	1,423,042	187,739	19,351
	Absoluta	,084	,260	,137
Máximas diferencias extremas	Positivo	,084	,260	,114
	Negativo	-,084	-,249	-,137
Estadístico de prueba		,084	,260	,137
Sig. asintótica (bilateral)		,200 ^{c,d}	,000 ^c	,002 ^c

Anexo 12. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variable Humedad gravimétrica.

		% Humedad Gravimétrica
N		240
Parámetros normales ^{a,b}	Media	410,360
	Desviación estándar	1,855,525
	Absoluta	,091
Máximas diferencias extremas	Positivo	,091
	Negativo	-,085
Estadístico de prueba		,091
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c

Anexo 13. Parcelas ASA al ser seleccionadas y en la actualidad.



Comunidad el Cebollal-Francisco Gutiérrez.



Comunidad la Pita- Manuel Siles.



Comunidad el Cebollal- Rogelio Ruiz.



Comunidad el Cebollal- Adolfo Moreno.