

Universidad Católica del Trópico Seco

"Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda"



Informe final de tesis de investigación para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario

**Contribución del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles para la
restauración de suelos y la conservación del agua en fincas de Miraflores-
Moropotente, 2017-2018**

Autores

Iván Alejandro Fuentes Medina

Mario Alberto Flores Cano

Tutora

M.Sc. Flavia María Andino Rugama

Estelí, noviembre de 2018

Tutora

M.Sc. Flavia María Andino Rugama

Sínodo Evaluador

M.Sc. Trinidad German Reyes Barreda

M.Sc. Manolo José Valle Mendoza

M.Sc. José Rubén Sanabria Rodríguez

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) que es financiado por The Howard G. Buffet Foundation (HGBF).

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 ejecutores. Los autores son los únicos responsables del contenido y de las opiniones expresadas; la publicación no implica la aprobación por parte de CRS-Nicaragua, ni de la Fundación HGBF.



ÍNDICE

Contenido	Página
INDICE DE TABLAS.....	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1. La ganadería en Nicaragua.....	3
3.2. Los sistemas silvopastoriles.....	4
3.3. Generalidades de los Sistemas silvopastoriles.....	4
3.4. Modelos de sistemas silvopastoriles y tipos árboles que se estudiarán	8
3.5. Tipos de pasto	12
3.6. Los sistemas silvopastoriles para la conservación de suelo y agua	13
3.7. Reciclaje de nutrientes y conservación de la fertilidad del suelo	14
3.8. Conservación y regulación de las aguas	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	17
4.2. Universo y muestra	17
4.3. Definición de variables con su operacionalización.....	19

4.4.	Diseño metodológico	20
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	21
4.6.	Procedimiento para análisis de resultados	25
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
5.1.	Componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles.....	26
5.2.	Componente suelo.....	33
5.3.	Conservación del agua por el sistema.....	36
5.4.	Producción de biomasa del Sistema silvopastoril.....	40
VI.	CONCLUSIONES.....	49
VII.	RECOMENDACIONES	50
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	51
IX.	ANEXOS	60

INDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Principales especies encontradas y número de individuos de acuerdo al tipo de parcela de Sistemas silvopastoriles.....	27
Tabla 2. Principales especies encontradas y número de individuos de acuerdo al tipo de parcela de Sistemas silvopastoriles.....	28
Tabla 3. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable diámetro a la altura del pecho (cm) por tipo de parcela y de sistema silvopastoril.....	30
Tabla 4. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable porcentaje de cobertura.....	31
Tabla 5. Test Duncan para la variable diámetro de copa (m) entre comunidades.....	32
Tabla 6. Prueba T para muestras independientes de la variable diámetro de copa (m) entre sistemas.....	33
Tabla 7. Composición estructural del suelo en comunidades de la Reserva de Mirafior.....	35
Tabla 8. Separación de medias con la prueba de Kruskal Wallis para la variable densidad aparente (g/cm^3) de suelo por comunidad (valores promedios).....	35
Tabla 9. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable densidad aparente (g/cm^3) de suelo por tipo de parcela y de sistema silvopastoril.....	36
Tabla 10. Prueba de Kruskal Wallis para la variable humedad gravimétrica (%) de suelo por comunidad.....	39
Tabla 11. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable humedad gravimétrica (%) de suelo por tipo de parcela y de sistema silvopastoril.....	40
Tabla 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable hojarasca (kg/ha) por comunidad.....	41
Tabla 13. Prueba de Wilcoxon de muestras independientes para la variable hojarasca (kg/ha) por tipo de parcela y de sistema.....	43
Tabla 14. Prueba de Kruskal Wallis para la variable necromasa (Mg/ha) por comunidad ..	43
Tabla 15. Estadístico descriptivo para la variable de necromasa (Mg/ha) por tipo de parcela y de sistema silvopastoril.....	44
Tabla 16. Estadístico descriptivo para la variable necromasa (Mg/ha) por tipo y época.....	45
Tabla 17. Prueba de Kruskal Wallis y Wilcoxon para la variable rendimiento de forraje (Ton/ha) por tipo de pasto.....	48

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Valores para el Diámetro a la Altura del pecho (DAP) por comunidad (en metros)	29
Figura 2. Cobertura de sombra (%) por comunidad	30
Figura 3. Textura del suelo (%) por comunidad	34
Figura 4. Curva de infiltración (mm/h) promedio en parcelas estudiadas.....	37
Figura 5. Taza de infiltración (mm/h) promedio por comunidad	38
Figura 6. Taza de infiltración (mm/h) promedio por parcela	38
Figura 7. Biomasa de la variable hojarasca (Kg/ha) por productor.....	42
Figura 8. Rendimiento de pasto (Ton/ha) por comunidad.....	46
Figura 9. Rendimiento de pasto (Ton/ha) por productor	47

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Paisaje Protegido Miraflores – Moropotente	60
Anexo 2. Hoja de campo para toma de datos de árboles	61
Anexo 3. Hoja de campo para toma de datos diámetro de copa.....	62
Anexo 4. Hoja de campo para toma de datos de humedad de suelo.....	63
Anexo 5. Hoja de campo para recolección de datos de infiltración de agua	64
Anexo 6. Instrumento para tomar datos de infiltración (infiltrómetro doble anillo).....	65
Anexo 7. Toma de datos de las variables del estudio	65
Anexo 8. Hoja de campo de datos de parcela para hojarasca y necromasa.....	68
Anexo 9. Hoja de campo para toma de datos de biomasa del pasto.....	69
Anexo 10. Especies y número de individuos encontrados en las parcelas de estudio.....	70
Anexo 11. Análisis de la Varianza para la variable Diámetro a la altura del pecho (cm) por comunidad	71
Anexo 12. Resumen de las medias y Prueba de Kruskal Wallis para la variable porcentaje de cobertura	71
Anexo 13. Análisis de la varianza para la variable Diámetro de copa entre comunidades ..	71
Anexo 14. Prueba de Kruskal Wallis de la variable densidad aparente (g/cm ³) por comunidad	72
Anexo 15. Medidas de la variable infiltración (mm/h)	72
Anexo 16. Prueba de Kruskal Wallis para la variable humedad gravimétrica (%) por comunidad	72
Anexo 17. Prueba de Kruskal Wallis para la variable de hojarasca (kg/ha) por comunidad	73
Anexo 18. Prueba de Kruskal Wallis para la variable hojarasca (kg/ha) por comunidad ...	73
Anexo 19. Prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento de pasto (Ton/ha) por comunidad	73
Anexo 20. Prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento de forraje (Ton/ha) por tipo de pasto.....	74
Anexo 21. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable rendimiento de pasto Tn/ha por sistema	74

DEDICATORIA

Dedico este estudio de investigación a mi gran Dios todo poderoso por haberme dado las fuerzas y sabiduría para culminar mis estudios con éxitos, por haberme dado su protección y dirección durante todo mi estudio.

A mis madres Ileana María Medina Laguna, Orbelina Pérez Laguna y Yessenia Medina Laguna por haberme brindado su apoyo incondicional en los momentos buenos y difíciles de mi carrera.

A toda mi familia por estar conmigo dándome buenos consejos y apoyándome en todo.

“Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”.

Proverbios 2:6

Iván Alejandro Fuentes Medina

DEDICATORIA

Este estudio está dedicado a Dios por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para realizar esta investigación y porque gracias a Él pudimos concluir.

A mis padres Norma de Jesús Cano Acuña y Mario Alberto Flores Quiroz que me apoyaron incondicionalmente en todo momento.

A mi familia que siempre estuvo brindado su ayuda.

“A ti, Dios de mis padres te alabo y te doy gracias. Me has dado sabiduría y poder, me has dado a conocer lo que te pedimos, me has dado a conocer el sueño del rey”.

Daniel 2:23

Mario Alberto Flores Cano

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro gran Dios con todo nuestro amor por permitirnos culminar nuestra carrera profesional.

A nuestros padres por darnos su confianza, dedicación, amor y apoyo incondicional, que con sus sacrificios y luchas se esforzaron en que llegáramos a ser profesionales.

A nuestra querida tutora y amiga M.Sc. Flavia María Andino Rugama por su gran apoyo, ánimo y dedicación para la elaboración de nuestro trabajo de tesis.

A los docentes quienes aportaron sus conocimientos para nuestra formación profesional.

A los docentes del área de Dirección de Investigación Posgrado y Extensión (DIPE) – UCATSE por brindarnos su apoyo y consejos.

A todas las personas que de una manera u otra nos dieron su apoyo.

Iván Alejandro Fuentes Medina

Mario Alberto Flores Cano

RESUMEN

La investigación se realizó en el paisaje terrestre protegido de Miraflores Moropontense, en seis fincas para analizar la contribución del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles (árboles dispersos y cercas vivas) en la restauración de suelos y la conservación del agua, con 12 parcelas de 2,500 m² bajo un diseño de parcelas pareadas, una de referencia (parcela testigo- grama natural o pasto jaragua asociados con árboles, sin fertilización, técnicas tradicionales) y una parcela de estudio (parcela ASA- pasto mejorado asociados con árboles, fertilización química, prácticas de poda y corte del pasto), dos por productor; midiendo las características del componente arbóreo, las características físicas del suelo (textura, densidad aparente, materia orgánica y pH), humedad gravimétrica e infiltración del suelo y la producción de biomasa (hojarasca, necromasa y rendimiento de pasturas). Se utilizó el Infostat versión estudiantil para comparación de parcelas (ASA y testigo) y sistemas (árboles dispersos y cercas vivas) con T-Student o Mann Whitney (Wilcoxon) y para comparación por comunidad se utilizó el ANOVA con el Test:Duncan o la prueba de KruskalWallis. Se encontraron 14 especies de árboles, 98 individuos, 38% en árboles dispersos y 62% en cercas vivas. Los mayores valores de DAP, diámetro de copa y materia orgánica se encontraron en la comunidad de El Cebollal. Estadísticamente es mejor la parcela ASA para densidad aparente, biomasa de hojarasca y necromasa, y rendimiento, con un mejor comportamiento en infiltración (verano e invierno). La densidad aparente en cercas vivas es más alta mientras la humedad gravimétrica lo es en árboles dispersos, pero los dos sistemas son similares estadísticamente en hojarasca y necromasa. Los rendimientos del pasto Marandú y Mombasa, son estadísticamente similares y responden bien a los sistemas silvopastoriles, los cuales son recomendables porque ayuda con la mejora del suelo y la conservación de agua, contribuyendo a una producción agrícola sostenible.

Palabras clave: Mombaza, Marandú, Árboles dispersos, Cercas vivas, Hojarasca, Necromasa

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años las tierras en la zona de Miraflores-Moropotente han sido explotadas y alteradas por las prácticas productivas de cultivos agrícolas, incrementando la destrucción de bosques, el suelo desnudo y erosionado, afectando la disponibilidad de agua y la absorción de nutrientes de la vegetación, con el consecuente deterioro ambiental, lo que afecta a la ganadería en sus rendimientos de producción de leche y carne; especialmente a la ganadería tradicional, con un sistema de doble propósito, bajo nivel tecnológico, hato pequeño e inadecuado manejo de parámetros productivos y reproductivos. Como estrategias para resolver esto están las fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles de árboles dispersos en las pasturas, bancos forrajeros y cercas vivas, que contribuyen a disminuir el efecto de la contaminación de las aguas, aumentan su capacidad de retención en las praderas, ayudan a la infiltración y protegen el suelo, los manantiales y las quebradas. (Auquilla, Astorga, & Jiménez, 2005)

En estudios realizados en Turrialba, Costa Rica, se encontró que la asociación de *Cynodon plectostachyus* con *Erythrina poeppigiana*, presentó una mayor producción de biomasa, mayores contenidos de proteína y más digestibilidad, además una mayor persistencia de las pasturas a través del tiempo, que aquellos sistemas de pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora* o sin árboles. Esto se debe al aporte de nutrientes con la poda y la caída natural de las hojas; lo que puede considerarse un aporte adecuado de nitrógeno, pero pobre en otros nutrientes. También este sistema en época seca colabora en mantener la humedad del suelo en los primeros 10 cm de la capa superficial y esto probablemente contribuyó a la mayor producción de la pastura. (Bronstein, 1984)

Por eso, con el desarrollo de esta investigación se pretendió brindar información de la contribución de estos sistemas silvopastoriles como estrategia de restauración de suelos y la conservación del agua. Se estudió la descripción del componente arbóreo de los sistemas establecidos por productores de la zona, analizando el aporte que generan estos sistemas para la conservación de suelo y del agua y se realizó un estimado de la producción de biomasa que se obtiene de sistemas con pasto mejorado y árboles.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la contribución del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles para la restauración de suelos y la conservación del agua en fincas ganaderas de la Reserva Natural Miraflor-Moropotente, Estelí.

Objetivos específicos

Describir las características del componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles implementados por productores de la zona de estudio.

Determinar las características físicas (textura, densidad aparente, materia orgánica) y químicas (pH) del suelo en las parcelas de estudio.

Evaluar la contribución del uso de árboles en la humedad gravimétrica e infiltración del suelo en las parcelas estudiadas.

Estimar la producción de biomasa en parcelas con sistemas silvopastoriles y pasto mejorado en comparación a parcelas tradicionales del productor.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. La ganadería en Nicaragua

La ganadería es uno de los rubros más importantes de la economía Nicaragüense como generadora de divisas mediante la exportación de carne y leche, representando una fuente principal de productos lácteos como leche, queso, crema y otros derivados, para el consumo interno. Las prácticas ganaderas implican que la explotación es tradicionalmente extensiva y de subsistencia, las estadísticas brindadas por el MAGFOR son en leche alcanzó un 10.3%, el acopio un 10.8% y las exportaciones de ganado en pie un 21.9% en el 2014, en relación con el Plan de Producción, Consumo y Comercio. El hato nicaragüense es de solo 4.1 millones de reses, con una media de producción de 3.5 litros de leche por vaca al día, produciendo alrededor de 5, 000,000 de litros al día. (Magfor, 2014)

En el transcurso de los años hasta la actualidad en el país se han venido realizando pastoreos excesivos, cultivos en laderas, tumba y quema de vegetación, llevando a la degradación de las tierras. Además, las malas prácticas ganaderas han causado la mala calidad en los productos derivados del ganado siendo afectada la salud de las personas y la economía de los productores, provocando a su vez pérdidas significativas en la productividad de las fincas y daños ambientales a largo plazo. (Ochoa, 2011)

Nicaragua está pasando por una crisis en la alimentación animal, esto debido a la escases en el régimen hídrico, lo que lleva a una falta en la producción de pastos y forrajes, por lo tanto se es necesaria la búsqueda de nuevos métodos alternativos para la nutrición animal. Si no se hace este cambio en el manejo alimenticio se apuesta a una mayor reducción en la producción sea lechera o cárnica o peor aún hasta la muerte de los animales por desnutrición. (FAO, 2012)

3.2. Los sistemas silvopastoriles (SSP)

Es un sistema de producción ganadero con base en una práctica en la cual se integra el pasto, arbustos, árboles y animales en una misma unidad de tierra, el cual, con un manejo racional de todos los componentes, logra diversificar, aumentar y sostener la productividad de la ganadería. La incorporación del componente arbóreo y arbustivo en un potrero ofrece múltiples beneficios al animal, al suelo, al ambiente y al productor. (Cajas, Carvajal, Barragan, & Portillo, 2014)

Desde el punto de vista del componente animal, un sistema silvopastoril ofrece un ambiente confortable al reducir la temperatura y en consecuencia el estrés calórico del animal. Este aspecto es clave, si se tiene en cuenta que el animal emplea un menor tiempo en pastoreo cuando está a pleno sol, gastando más tiempo buscando sombra. Por otro lado, el forraje de los arbustos y los frutos de los árboles aumentan la cantidad y calidad de alimento que dispone el animal.

Con relación al suelo, las raíces, tanto de los árboles como de los arbustos, mejoran su estructura, se recupera y aumenta la fauna, además la descomposición de toneladas de hojas aporta nutrientes contribuyendo a mejorar su fertilidad. Los sistemas silvopastoriles son amigables con el ambiente y contribuyen a mitigar los efectos negativos del calentamiento del planeta. (Cajas, Carvajal, Barragan, & Portillo, 2014)

3.3. Generalidades de los Sistemas silvopastoriles

Los componentes del sistema silvopastoril son aquellos elementos que complementan y sostienen el sistema, incrementando su productividad del recurso del suelo y el beneficio neto del sistema a largo plazo, reduciendo el efecto del estrés climático sobre las plantas y animales. Respecto de éstos, a continuación se explican el componente de árboles y pastos.

3.3.1. Los árboles en potreros

La inclusión de árboles en los potreros ofrece múltiples beneficios al productor, los cuales en muchos de los casos no pueden ser cuantificables económicamente. Estos beneficios se reflejan en el suelo, en la biodiversidad y en el ambiente.

Los árboles producen efectos positivos y negativos en la vegetación que crece bajo su cobertura. Por ejemplo, bajo los árboles las especies herbáceas y arbustivas pueden tener mejores condiciones para crecer porque disminuye la pérdida de agua por transpiración de las hojas, permite la conservación del agua en el suelo al disminuir la evaporación y mejoran las condiciones del suelo por caída de hojarasca y crecimiento de raíces.

Pero los árboles también producen efectos de competencia con la vegetación del sotobosque. Si el bosque es muy cerrado hay menos luz y se reduce el crecimiento del pasto y, así mismo, las copas de los árboles interceptan las lluvias suaves. (Hansen N, 2009)

- **Densidad de los árboles**

Con relación a la densidad arbórea permitida en las pasturas, se sabe que la eliminación de los árboles es influenciada por la densidad de árboles presentes y por la demanda de productos como madera y postes por la familia (Harvey & Haber, 1999). Al mismo tiempo, en regiones donde los recursos del suelo son escasos y el objetivo del productor es producir cultivos (o pastos) con alta demanda de radiación solar, los árboles serán establecidos o permitidos en bajas densidades. (García-Barrios & Ong, 2004)

La cantidad de árboles dispersos en el potrero también puede variar de acuerdo con el tamaño del potrero y el objetivo del productor. Por ejemplo, en un estudio realizado en fincas ganaderas en Costa Rica (mayor número de potreros pequeños), los ganaderos mencionaron que la densidad ideal es de 5 a 10 árboles por hectárea (Muñoz, 2004), por otro lado, en un estudio similar realizado en Matiguás, Nicaragua, los productores mencionaron que se puede mantener hasta 70 a 80 árboles/ha, dependiendo del objetivo del productor. (Martínez, 2003)

Además, este mismo estudio relata que la mayoría de los ganaderos mencionaron que la cantidad de murciélagos vampiros y parásitos que afectan el ganado aumenta cuando la sombra en los potreros es más densa o hay presencia de rastrojos o arbustos en alta densidad, como ocurre en los bosques secundarios. Lo anterior probablemente influye a que estos finqueros mantengan una limitada densidad de árboles en sus potreros y a que eviten dejar áreas bajo bosques secundarios en sus fincas.

Con relación a las cercas vivas, la densidad de siembra puede variar según las especies y los objetivos de plantación, siendo influenciada por el tiempo que van a permanecer los árboles en las cercas. En un estudio sobre conocimiento local de la cobertura arbórea en Nicaragua, (Martínez, 2003) relata que si la utilidad de la cerca viva es forraje, leña o para dividir áreas, el distanciamiento puede ser pequeño (1 a 2m) visto que no es necesario que los árboles crezcan mucho, por otro lado, si el objetivo es producir madera, las distancias pueden variar de 3 a 5m para no perjudicar el desarrollo de los mismos.

- **Papel de los árboles**

La frescura que proporciona la sombra de los árboles permite que el ganado consuma los pastos y lleve a cabo su digestión con mayor comodidad, con lo que se logra un mejor aprovechamiento del alimento (mejor eficiencia alimenticia). Muchos de estos árboles pueden ser fuente de alimento en las épocas secas por la gran producción de frutos, los cuales son consumidos por los animales. También pueden funcionar como corredores biológicos para plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños.

Las hojas o frutos de numerosos árboles son consumidos por el ganado; con mucha frecuencia poseen un valor nutricional muy superior al de los pastos y se constituyen en un gran complemento de los mismos. Otra ventaja adicional especialmente en las zonas de fuerte sequía es que muchos árboles conservan sus hojas o producen sus frutos en la época de verano cuando el ganado más lo necesita. Los frutos caen al suelo en forma natural en donde son consumidos por el ganado. (Zuluaga, y otros, 2011)

- **Manejo de los árboles**

El diseño del sistema, así como el tipo, frecuencia e intensidad del manejo que se le da a los sistemas silvopastoriles influyen claramente en el aporte de estos sistemas a la conservación de la biodiversidad. Principalmente con relación a la exclusión del ganado de áreas de remanentes naturales, podas y uso de herbicida, que afectan directamente la densidad, diversidad y regeneración de especies arbóreas presentes en el paisaje y consecuentemente la cantidad de hábitat disponible para la fauna durante el año.

El establecimiento y supervivencia de plántulas son de importancia fundamental ya que después de la muerte de los árboles que se encuentran dispersos actualmente en las pasturas, la existencia de árboles dependerá básicamente de la regeneración natural actual. Estudios como el de Harvey & Haber (1999) indican que pese a la aparente elevada riqueza actual de especies de árboles remanentes dispersos en pasturas de Costa Rica (más de 180 especies), apenas algunas especies (53) estaban representadas por plantas de altura inferiores a 5m.

A su vez, la supervivencia de las plántulas que nacen bajo árboles dispersos o setos vivos depende directamente del tipo de manejo que se emplea al componente arbóreo especialmente con relación a exclusión del ganado, que las comen y/o pisotean, y al uso de herbicidas, que las extinguen (Harvey y Haber, 1999). En este caso, es preferible la limpieza manual (chapea) al uso de herbicidas, ya que estos eliminan totalmente la regeneración natural además de contaminar el suelo y aguas subterráneas.

3.3.2. Pastos

En el trópico latinoamericano, los pastos permanentes ocupan aproximadamente el 23 % del área agrícola (402 millones de ha) y constituyen la fuente fundamental de alimento para bovinos, pues aportan el 90 % de los alimentos que estos consumen (Crespo, 2001). Por lo general, los pastizales se ubican en suelos de baja fertilidad y se explotan, principalmente, con ganado de carne de forma extensiva o con ganado de doble propósito, con bajos niveles tecnológicos de manejo, así como productivos.

Un pasto, para ser de máximo beneficio para las vacas, debe tener las siguientes características: joven y en crecimiento, apetitoso y digerible. Debe estar cerca del establo, de tal manera que permita que el ganado coma en diferentes periodos. Debe tener un cercado apropiado y sombra, puesto que en el trópico, especialmente en los meses de verano, las temperaturas son elevadas. (FAO, S.F)

3.4. Modelos de sistemas silvopastoriles y tipos árboles que se estudiarán

Existen varias alternativas o combinaciones que permiten establecer un sistema silvopastoril, entre las cuales tenemos; intensivos, bancos de forraje, Árboles dispersos en potreros, cercas vivas y cortinas rompe-vientos. Los sistemas de árboles dispersos, cercas vivas y cortinas rompe-vientos se han venido utilizando desde hace muchísimos años y son muy comunes. De los cuales se eligieron dos para realizar este estudio que son los siguientes:

3.4.1. Los árboles dispersos y arbustos en potreros

Los árboles dispersos son aquellas especies arbóreas que el productor ha plantado o retenido deliberadamente dentro de un área agrícola o ganadera y se han dejado cuando se limpia o se prepara un terreno para que provea un beneficio o función específica de interés del productor tales como sombra, alimentos para los animales y generar ingresos, sobre todo si son especies de interés comercial o de consumo (Raintree & Warner, 1986). Entre algunas de las especies encontradas en los potreros se puede mencionar al genízaro (*Samanea saman*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), laurel (*Cordia alliodora*), pilón (*Hyeronima alchornoides*), caobilla (*Carapa guianensis*) jaul (*Alnus acuminata*), guayaba (*Psidium guajaba*), yos (*Sapium glandulosum*), maría (*Conostegia xalapensis*), jioté (*Bursera simaruba*), nance (*Byrsonima classifolia*) entre otras. (Pezo & Ibrahim, 1998, Harvey & Haber, 1999, Zamora, y otros, 2001)

En América Central, los árboles dispersos, al igual que las cercas vivas, se encuentran muy a menudo dentro de las fincas ganaderas, donde un porcentaje comprendido entre 80 y 100% de las fincas estudiadas de la región mantienen este tipo de SSP en sus potreros. (Harvey &

Haber, 1999, Cajas-Giron & Sinclair, 2001, Villanueva, 2001, Cerrud, 2002, Esquivel, y otros, 2003, Villacís, Harvey, Ibrahim, & Villanueva, 2003)

Diversos estudios de caracterización de árboles dispersos en potreros se han realizado en Centroamérica. Así, (Harvey & Haber, 1999, Zamora, y otros, 2001, Esquivel, y otros, 2003) realizaron estudios en Costa Rica y Nicaragua donde encontraron entre 99 y 190 especies de árboles dispersos en potreros demostrando la gran diversidad de especies presentes en este sistema silvopastoril.

Sin embargo, esta importante riqueza puede estar en peligro de disminuir ya que la abundancia (número de individuos) para algunas especies es muy baja, un ejemplo de ello es que entre el 27 y 33% de las especies encontradas tienen menos de 10 individuos. (Harvey & Haber, 1999, Esquivel, y otros, 2003)

3.4.2. Cercas vivas

Dentro de los sistemas silvopastoriles, la cerca viva es el arreglo más conocido y utilizado. Se establece mediante la siembra de líneas de árboles para delimitar potreros o definir límites entre fincas; los árboles se siembran a distancias cortas y hacen las veces de postes, ya sea en cercas con alambre eléctrico o de púas. El costo de la cerca viva puede ser hasta 30% menos en comparación con la cerca muerta (sin árboles). (Cajas, Carvajal, Barragan, & Portillo, 2014)

La siembra de leñosas perennes como postes para la delimitación de potreros o propiedades (cercas vivas) es una práctica tradicional en América Central, con frecuencia en ellas se utilizan leguminosas arbóreas tales como: madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina berteroana*, *E. fusca* y *E. costarricensis*) en las zonas húmedas, mientras que en las zonas secas *Leucaena leucocephala* y especies no leguminosas como *Bursera simaruba* y *Spondias purpurea* son frecuentes. (Budowski, 1993)

En los últimos años el sistema cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales (Holman, Romero, Montenegro, Chana, & Oviedo, 1992), sino, por que constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña, además de que representa una forma de introducir árboles en los potreros.

3.4.3. Tipos de árboles

En la zona de estudio las especies predominantes en estos sistemas silvopastoriles son dos: el roble y el carbón, por lo que se describirán sus principales características.

- **El Roble (*Quercus humboldtii*)**

El Roble (*Q. humboldtii*) es un árbol de crecimiento lento y de gran porte con alturas medias de 40m, presenta una alta tolerancia a las carencias y excesos de los factores físicos, químicos o biológicos que condicionan su desarrollo. Esta especie crece en diferentes tipos de suelos, desde suelos fértiles y profundos hasta suelos con principios de degradación, sin embargo, presenta un mejor desarrollo en suelos con un pH que oscile entre 5.8 y 7.0, pocos profundos, con capas gruesas de humus y de apariencia suelta y con buen drenaje. (Aguilar, 2009)

En cuanto a las interacciones con microorganismos, la especie alberga y permite el establecimiento de bacterias y hongos benéficos, concretamente hongos de micorriza como *Leccinum rugosi*, así como bacterias relacionadas con la promoción del de crecimiento vegetal, tales como *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*, los cuales se reproducen prolíficamente en presencia de humedad, encargándose de la función de descomposición de materia orgánica, el reciclaje y la disponibilidad de nutrientes, y la producción de reguladores de crecimiento vegetal.

El roble produce flores masculinas en largos amentos colgantes y lampiños, de 3 a 6 cm en longitud con flores de 5 a 8 estambres y perigonio de 5-6 divisiones. Las flores femeninas en grupos de 2, lo más 3, insertadas en el extremo de un largo pedúnculo entre las hojas superiores desarrolladas en el año lampiño, erecto-arqueado. Tienen 3 estilos soldados en su

base, cortos y rojos. Las flores son casi coetáneas con las hojas y los frutos maduran en septiembre.

- **Carbón (*Acacia pennatula*)**

Es un árbol decíduo, pequeño y espinoso, de hasta 8-10 m de altura, con un tronco corto raramente mayor de 25 cm de diámetro y una copa que se extiende ampliamente, y es plana en la parte de arriba. Las fuertes y cortas espinas tienen usualmente de 1-1.5 cm de largo, pero pueden ser mucho más largas en brotes juveniles y rebrotes. Las hojas son bipinnadas con numerosos foliolos, con una glándula entre los últimos pares de pinnas.

Las flores se agrupan en cabezas globosas, fragantes y de color amarillo, colgando de característicos pedúnculos amarillos aterciopelados. Las vainas son leñosas, de color marrón púrpura oscuro, de 5-13 cm de largo y cada una contiene unas 8 semillas estas son ampliamente elípticas, café-amarillentas. La especie se puede reconocer porque es un árbol mediano de las leguminosas que se encuentra asociada a pinares y robledales su copa de aspecto hemisférica con estípulas espinescentes. Los frutos maduros poseen un olor muy fuerte y son comidos por el ganado. Esta especie es Común, en vegetación secundaria de bosques de pino-encinos, nebliselvas y pastizales, en todo el país. Crece en climas secos y húmedos en tierras comprendidas 100-900 msnm. Prefiere sitios perturbados y relativamente secos.

Esta especie se distribuye desde el sureste de México a Nicaragua y Ecuador. En Nicaragua se encuentra mayormente en la Región Central, pero ha venido ganando terreno hacia el Pacífico. Su principal producto es la leña y el carbón, mientras que la madera es solo usada localmente para postes y construcciones rurales. Las vainas son nutritivas y agradables al paladar de los animales y pueden usarse para engordar el ganado, como alimento principal o como suplemento durante la estación seca. También se usa para sombra del ganado.

3.5. Tipos de pasto

3.5.1. Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Se desarrolla bien en suelos de mediana a buena fertilidad, con un rango amplio de pH y textura, en zonas tropicales crece desde el nivel del mar hasta 1800 m y con precipitaciones entre 1000 y 3500 mm al año, y mínima de 700 mm/año. Baja resistencia al encharcamiento ya que no aguanta encharcamiento mayor a 30 días. Tolera sequías prolongadas y sombra, con buena persistencia bajo pastoreo y compite con las malezas y algunas accesiones son aptas para corte y acarreo. Mejora los parámetros físicos del suelo y se asocia bien con leguminosas como *Arachis*, *Desmodium*, *Pueraria* y *Centrosema*. (Cerezo V. , 2017)

Es una gramínea perenne, cespitosa, estolonífera, con sistema radicular profundo, posee rizomas cortos y abundantes. Forma macollas gruesas que pueden alcanzar hasta 2 metros de altura, posee hojas erectas, largas y levemente pilosas de color verde intenso. Tiene excelente relación hoja-tallo, palatabilidad y digestibilidad excelentes.

Se adapta bien en suelos de mediana y alta fertilidad, responde bien a la aplicación de fertilizantes. Se adapta bien en suelos con pH bajo y tolera suelos con ligera toxicidad por aluminio. Posee antibiosis que lo hace resistentes a Mosca Pinta. Muy buena resistencia al fuego, excelente resistencia al pisoteo.

Tiempo promedio de establecimiento de 90 a 120 días después de sembrada, la época de siembra es durante la estación lluviosa, con 1 a 2 cm, como máximo de profundidad; al voleo o en surcos separados de 60 cm y de 30 cm entre plantas. Germinación de 4 a 20 días después de la siembra.

Elevada producción de forraje de buena calidad por año. Persistencia al corte y al pastoreo con buena capacidad de rebrote, resistente a la sequía, conservando buena cantidad de materia verde. Produce 50 Ton./Ha./año de materia verde, 15-20 ton MS, carga animal de 2 a 3 cabezas /Ha./año. (Cerezo V. , 2017)

3.5.2. Mombasa (*Panicum maximum*)

Requiere de suelo fértil, bien drenado, se adapta de 0-1500 msnm con una precipitación anual arriba de 1000 mm con densidad de siembra 8 – 10 kilos ha, capacidad de carga de 3-4 animales ha, uso para pastoreo o corte en verano, soporta frío con baja humedad, es tolerante a la sombra. Rendimiento de 4933.33 kg/ ha en estado de madurez. (Conrado Palma, 2015)

Es un cultivar perenne, amacollado, de hasta 165 cm de altura, con hojas anchas largas que se doblan en vertical en la punta. Los tallos son levemente púrpuras. Las hojas representan el 82 % del peso total de la planta, con una digestibilidad mayor al 60 %; haciéndola una excelente alternativa para la engorda de novillos, animales en desarrollo y producción de leche.

Requiere suelos de mediana fertilidad natural, se adapta a un rango de pH entre 5 – 8, se desarrolla de los 0 – a los 2500 msnm, requiere precipitaciones de 800 mm en adelante, tiene un contenido de proteína de 10 – 13 %, digestibilidad de 55 – 62%, producción de materia seca de 33 ton /ha /año producción de materia verde de 165 ton /ha /año. Ganancias por hectárea de hasta 720 kg de carne en pastoreo, utilización para pastoreo y corte. Carga animal 2-4 cb/ha en lluvias y 1.5-2 cb/ha en secas. Densidad de siembra de 8 – 10 kg/ha.

3.6. Los sistemas silvopastoriles para la conservación de suelo y agua

Los sistemas silvopastoriles si bien no son de uso generalizado cada día se están difundiendo más por los beneficios probados que representan para el productor. Los agricultores y ganaderos se han interesado en el manejo de árboles en pasturas debido a su valor para proveer alimento de alto valor nutritivo especialmente durante la época seca, y por su valor económico como madera y fuente de servicios ambientales. (Harvey & Haber, 1999, Souza, Ibrahim, Harvey, & Jiménez, 2000)

En los sistemas pecuarios tradicionales, el uso de prácticas inadecuadas, como el sobrepastoreo y la quema, ha conducido a la degradación de los recursos naturales (degradación de pasturas y suelos, contaminación de fuentes de agua, pérdida de biodiversidad). En estos sistemas, bien pueden hacerse transformaciones tecnológicas que impliquen mejoras en los sistemas y a la vez generen servicios ambientales, mediante el uso y adaptación de prácticas agrícolas mejoradas capaces de: almacenar carbono en suelo y biomasa aérea, disminuir emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso), incrementar biodiversidad en flora y fauna y mantener fuentes de agua potable.

En sistemas ganaderos tropicales, ya se han probado prácticas que cumplen con este doble fin. Así, la introducción de tecnologías silvopastoriles, como la siembra de árboles en los potreros, el uso de cercas vivas, cortinas rompe vientos, bancos forrajeros, al tiempo que mejoran la calidad de la dieta nutricional (disminuyendo la capacidad de emitir metano de los bovinos), también ayudan a liberar áreas degradadas para permitir en ellas la regeneración natural, constituirse como sumideros de carbono y hábitat de diversos organismos o corredores que permiten la conectividad entre ecosistemas más estables. (Harvey & Haber, 1999)

3.7. Reciclaje de nutrientes y conservación de la fertilidad del suelo

Los árboles además de “cubrir” el suelo cumplen la gran función de extraer nutrientes de las partes profundas del suelo y ponerlos sobre la superficie, a disposición de los pastos o del cultivo asociado. Esta capacidad se denomina reciclaje de nutrientes. El árbol utiliza los nutrientes del suelo para su propio crecimiento y desarrollo; buena parte de esos nutrientes pasan a la superficie del suelo cuando las ramas y hojas caen, se descomponen y se convierten en abono. Nutrientes situados en capas profundas del suelo pasan a la superficie, disponibles para los pastos. Todas esas ramas y hojarasca contribuyen a mejorar la productividad del suelo de forma sostenible y favorecen el crecimiento de las hierbas deseables. (Zuluaga, y otros, 2011)

La inclusión de los árboles en las áreas ganaderas aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, estudios realizados por Hernández, Sánchez, & Guelmes (2008) indican que en sistemas silvopastoriles con diez años de explotación la materia orgánica fue mayor en los sistemas con árboles (4,4 y 4,5%), comparados con sistemas de monocultivo los cuales indicaron un (3%) de materia orgánica. Los contenidos de K y Ca en las áreas con pastoreo fueron mayores, al comparar los sistemas silvopastoriles con el monocultivo se observó que en los primeros hubo una mayor diversidad de organismos.

El empleo de árboles leguminosos y su aporte de hojarasca como mulch o abono verde contribuyen al incremento de la fauna edáfica y a su diversidad, lo que repercute en la calidad biológica de los suelos y en la sostenibilidad económica y ecológica del sistema. Donde se poda y se adiciona el material al suelo se logran los mayores rendimientos de biomasa comestible. (Simón, Hernández, Reyes, & Sánchez, 2005)

Los bosques y su función de protección del suelo ayudan a disminuir la erosión por su asociación con la vegetación pequeña. En fuertes pendientes, el efecto estabilizador de los árboles es generalmente positivo. La cubierta vegetal puede prevenir la aparición de deslizamientos de tierras, pero la reforestación no produce necesariamente un descenso de la erosión, por el impacto del efecto gota de lluvia que incrementa al limpiar material vegetal sobre el terreno. Se ha observado que áreas donde la cobertura del dosel es menor al 10% y mínima cobertura herbácea presenta altos porcentajes de erosión del suelo que es arrastrado a las corrientes. (Auquila, Astorga, & Jiménez, 2005)

3.8. Conservación y regulación de las aguas

Las raíces de los árboles perforan los suelos, los “ablandan”, combaten la compactación, lo que facilita la aireación y la capacidad del suelo de almacenar agua. En la superficie la hojarasca impide el arrastre de la tierra fértil que ocasiona la lluvia cuando el suelo está descubierto.

La hojarasca actúa además como una esponja que retiene y almacena el agua, parte de la cual será liberada durante los periodos secos. El follaje de los árboles, sus copas -y la hojarasca- no permiten que los rayos del sol peguen directamente sobre el suelo con lo que se disminuye la pérdida de agua por evaporación. Todo lo anterior hace que los suelos con una buena cubierta arbórea cumplan una gran función de regulación hídrica y sean menos afectados por los grandes aguaceros o por los periodos de sequía. (Zuluaga, y otros, 2011)

Investigaciones realizadas en sistemas del trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica, se evaluó la infiltración y la escorrentía superficial en pasturas nativas sobre pastoreadas sin árboles, bancos forrajeros, pasturas mejoradas con árboles y tacotales en la época lluviosa (mayo a noviembre). Teniendo como resultados que la cobertura arbórea, más que la herbácea, contribuye a incrementar la infiltración en el suelo. El incremento de la eficiencia de infiltración de agua de lluvia es muy significativo en el balance hídrico, favoreciendo la disponibilidad de agua para la planta y mejorando la recarga hídrica. Se evidencia que los sistemas silvopastoriles brindan beneficios hidrológicos al contribuir a la infiltración y disminuir la escorrentía superficial en los mantos acuíferos de zonas de recarga, lo que beneficia la recarga y sustento del agua subterránea. (Ríos N. , y otros, 2006)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

El estudio se realizó en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior Moropotente (PTP MM), en la Región Central Norte de Nicaragua, entre las coordenadas 13 29'50", 25° 29'15" longitud oeste y 86° 7'30" y 86°3' 22" latitud norte; a 13 kilómetros de la ciudad de Estelí (anexo 1).

Los tacotales ocupan la mayor superficie del área total (26.12 %), los bosques ralos el 23.89 %, pastos con árboles dispersos el 21.46 %, bosque denso con 14.19 %, pastizales 8.25 %, cultivos agrícolas 5.38 % y bosque mixto 0.71 %. Los tacotales presentan la mayor cantidad de parches, seguidamente bosques ralos y pastos con árboles dispersos. Los cultivos, pastizales, bosque denso y mixto, menor número de fragmentos. (Ruiz, Savé, & Herrera, 2011)

4.2. Universo y muestra

El universo lo constituyeron 22 parcelas de pastos que son manejadas por productores del Área Protegida de Mirafior y que están incluidos dentro del Proyecto Agricultura, Suelo y Agua (ASA) que desarrolla UCATSE y CRS. De estas parcelas, se definieron dos parcelas por productor (parcela tradicional y de estudio), para un total de 12 parcelas, cada una de ellas contó con una extensión de 2500 m², donde en siete parcelas se estudiaron árboles dispersos en potreros y en tres parcelas con cercas vivas.

Tabla 1. Información de fincas de productores incluidos en el estudio

Comunidad	Nombre del productor	Coordenadas		Altura (msnm)
		Latitud	Longitud	
El Robledal	Santos Ramón Tremínio	57°63'42''	14°59'667'	1297
El Cebollal I	Francisco Gutiérrez	57°94'84''	1463336	1397
	Adolfo Moreno Gutiérrez	57°92'82''	1462574	1346
El Cebollal II	Rogelio Antonio Ruiz	57°95'28''	1462044	1232
La Pita	Héctor Manuel Siles	57°75'39''	1461922	1157
El Coyolito	Bartolomé Rodríguez Rugama	57°38'62''	14°59'538'	958

4.3. Definición de variables con su operacionalización

Variable	Definición	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Características del componente arbóreo del SSP	Se define como todos los aspectos fisiológicos de cobertura arbórea que presenta un árbol.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).	cm	Parcela	Cinta métrica
		Cobertura de Sombra de los árboles	%	Parcela	Hoja de campo
		Diámetro de copa	m	Parcela	Cinta métrica
Componente suelo	Son todos los aspectos que hacen parte del recubrimiento de la superficie terrestre, de origen natural o cultural, que sean observados y permitan ser medidos.	Densidad aparente	g/cm ³	Parcela	Análisis de laboratorio
		Estructura del suelo	Clase estructural del suelo	Parcela	Análisis de laboratorio
Conservación del agua por el sistema	Es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno.	Infiltración del agua Humedad gravimétrica del suelo	mm/h %	Parcela	Hoja de campo
Producción de biomasa del Sistema silvopastoril	Es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.	Hojarasca	Kg/ha	Parcela	Análisis al laboratorio
		Necromasa	Mg/ha	Parcela	Forcípula
		Biomasa seca	(Ton/ha)	Parcela	Análisis de laboratorio

4.4. Diseño metodológico

Se utilizó el método descriptivo cualitativo y cuantitativo para la toma de datos, con un diseño de parcelas pareadas, una de referencia con manejo tradicional (parcela testigo) y una parcela de estudio (parcela de Agricultura de suelo y agua - ASA); donde se establecen los sistemas de árboles dispersos o cercas vivas. Se definieron dos parcelas por productor (parcela tradicional y de estudio), para un total de 12 parcelas por lo que una de las primeras actividades fue la elección de cada una de las parcelas tanto testigo como de estudio tomando en cuenta que cada parcela contó una extensión de 2,500 m² por cada parcela.

En la parcela de estudio de cada productor se implementó actividades y prácticas para la conservación de suelos y agua, mientras que en la parcela testigo el productor realizó el manejo tradicional que ha hecho durante su vida.

Tabla 2. Especificaciones de las parcelas

Tamaño parcela (m²)	Prácticas que se implementan en la parcela de estudio	Prácticas que se implementan en la parcela con manejo tradicional (testigo)	No de parcelas
2500	Pasto mejorado (Marandú o Mombasa) asociados con árboles dispersos, se realizaron prácticas de podas a los árboles y el corte de pasto cada 45 días, esto dependió del rebrote del pasto. Fertilización bajo 3R para nitrógeno, fósforo y	Gramma natural asociada con árboles dispersos, se implementaron técnicas tradicionales, con animales en pastoreo libre y no se realizaron prácticas de restauración de suelos. No se fertilizó.	Siete parcelas con árboles dispersos en potreros (4 productores)

Tamaño parcela (m²)	Prácticas que se implementan en la parcela de estudio	Prácticas que se implementan en la parcela con manejo tradicional (testigo)	No de parcelas
	microelementos a partir de análisis de suelo.		
2500	Pasto mejorado (Marandú o Mombasa) asociados con cercas vivas, se realizaron prácticas de podas a los árboles y el corte de pasto cada 45 días, dependiendo del rebrote del pasto. Fertilización bajo 3R para nitrógeno, fósforo y microelementos a partir de análisis de suelo.	Gramina natural asociada con cercas vivas o solamente el pasto jaragua, se implementaron técnicas tradicionales, con animales en pastoreo libre. No se realizaron prácticas de restauración de suelos, ni se fertilizó.	Tres parcelas con cercas vivas (dos productores)

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se utilizó como técnica la observación y como instrumentos hojas de campo, donde se registraron la información de acuerdo a las variables en estudio.

4.5.1. Datos de los árboles en el sistema silvopastoril

En los sistemas silvopastoriles se tomó información de los árboles referida a diámetro del tronco (DAP), cobertura de sombra y diámetro de copa, que a continuación se detallan.

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP).** El diámetro del árbol se midió a la altura del pecho o 1.3 m. La medición se realizó con la ayuda de una cinta métrica (cinta cuya unidad está en centímetros). A fin de evitar una estimación excesiva del volumen y compensar los errores de medición, se midió el diámetro en centímetros y se ajustó en sentido decreciente. (FAO, 2004) Se midió una vez durante el estudio (anexo 2).
- **Cobertura de sombra de los árboles.** Primero se calculó el factor de oclusión, se observó bien el follaje y los espacios vacíos de la copa. Calculándolo mentalmente la proporción de follaje y espacio vacío, si el follaje cubría la mitad del área de la copa, la oclusión era de 0,5 (50%). Luego se calculó el diámetro promedio de sombra, calculando el área de proyección vertical de la copa (a) de cada árbol. Se midió una vez durante el estudio.

Área de proyección

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

Ajuste del área de proyección vertical de la copa (a)

$$a * o$$

Área de cobertura/densidad de sombra por árbol

$$(b) = a * o * n$$

% Cobertura de cada árbol =

$$b/ap * 100$$

- **Diámetro de copa.** Se observó la forma de la copa de cada árbol y se delimitó su perímetro visualmente, trazando la cinta métrica de forma vertical y horizontal (anexo 7). Los datos se registraron en una hoja de campo (anexo 3). Este indicador se realizó una vez durante el estudio para ambas parcelas. Cuando la copa fue “regular” se midió al menos 2 diámetros utilizando la fórmula siguiente:

$$D \text{ promedio} = \frac{(D1 + D2)}{2}$$

Cuando la copa fue “irregular” se midió de 3 a 4 diámetros:

$$D \text{ promedio} = \frac{(D1 + D2 + D3 + D4)}{4}$$

4.5.2. Parámetros del suelo

Son cuatro los parámetros del suelo que se midieron durante el estudio, los que a continuación se explican:

- **Densidad aparente.** Para medir esta variable se tomaron tres muestras por cada parcela tanto en la experimental como la testigo en tres diferentes estratos parte alta media y baja de cada una las muestras se tomaron con un cilindro metálico el cual cortó el suelo a medida que se aplicó fuerza, estas muestras se llevaron al laboratorio para que se pudiera determinar la densidad aparente (anexo 4 y 7).
- **Infiltración del agua.** Se realizó una medición de 5 puntos como máximo por cada parcela (ASA y Testigo). Se utilizó un infiltrómetro (cilindro de 6 pulgadas). Se contó el tiempo en que tarda en infiltrar el agua y se promedió el tiempo, los datos se registraron en una hoja de campo (anexo 5, 6 y 7). Esta variable se tomó en temporada de verano y entrada de invierno.
- **Humedad gravimétrica del suelo.** Con lo que respecta a las muestras de suelo, se realizaron 3 monolitos de dimensiones de 30x30x30 cm por cada parcela, tanto experimental como testigo en las partes alta, media y baja, se tomaron las muestras de suelo a una profundidad de 0-10, para totalizar 5 muestras de suelo por cada parcela, los datos se registraron en una hoja de campo (anexo 4 y 7). Se tomaron las muestras tres veces durante el estudio salida del invierno, entrada del verano y entrada del invierno, estas fueron llevadas al laboratorio y posteriormente se secaron en el horno a una temperatura de 105°C por un periodo de 24 horas o hasta que la tierra presento un peso constante, los datos se registraron en una hoja de campo. Luego se pesó y se utilizó la fórmula siguiente para determinar la humedad:

$$\%HG = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

4.5.3. Producción de biomasa en parcelas

Se estudiaron aquellos aspectos que determinan la producción de biomasa del sistema que aporta a la obtención de alimento para el ganado y para el mejoramiento de las condiciones

de suelo, como son la producción de biomasa de los pastos (rendimiento), biomasa procedente de la hojarasca y necromasa.

- **Biomasa de hojarasca.** Se delimitó el área (transepto), dividiéndola en parte alta, media y baja, de cada parte se tomaron 4 muestras para un total de 12 muestras por parcela. Colocando un cuadrante (0.25 m²) recolectando toda materia seca encontrada en el cuadrante por separado, pesadas individualmente, unificando una sola muestra y secando 300 gr para ser enviados al laboratorio.

Luego fue llevada al laboratorio de UCATSE, secándola en horno a 75°C por 24 horas y se pesó para obtener el peso seco, los datos se registraron en una hoja de campo (anexo 7 y 8). Este indicador se realizó dos veces durante el periodo del estudio para ambas parcelas, luego este resultado se tradujo en kilogramos por hectáreas. Para estimar la biomasa de la hojarasca se utilizó la siguiente ecuación según. (López Merchan, 2017)

$$Bh = \frac{Psm}{Pfm} * Pft$$

Bh: Biomasa de la hojarasca Kg/ha

Psm: Peso seco de la muestra colectada (Kg)

Pfm: Peso fresco de la muestra (Kg)

Pft. Peso fresco total por metro cuadrado (Kg)

- **Biomasa de necromasa.** Se delimitó con una cinta métrica horizontal y vertical pasando por el centro, luego se midió con una forcípula digital todas las ramas muertas que atravesaron la cinta y se registró el dato dividiendo la necromasa gruesa: ≥ 2.5 cm y ≤ 10 cm de diámetro y necromasa fina: < 2.5 cm de diámetro. Se realizó dos veces durante el periodo del estudio para ambas parcelas (anexo 7 y 8).
- **Producción de biomasa de los pastos.** Se tomaron 5 puntos al azar y se utilizó una cuadrícula de 0.5 m² y se cortó el pasto a una altura de 20 cm del suelo, luego se pesó el material verde y se llevó al laboratorio donde se secó a 75°C por 24 horas hasta peso constante, luego se volvió a pesar y se secó el resultado en materia verde y materia seca.

Este indicador se realizó dos veces durante el periodo del estudio para ambas parcelas, el resultado se tradujo en toneladas por hectáreas de materia seca (anexo 7 y 8).

4.6. Procedimiento para análisis de resultados

Para el procesamiento de contenido se diseñaron bases en Microsoft Excel para luego proceder al análisis de datos con el programa estadístico Infostat versión estudiantil. Se realizó análisis descriptivo para aquellas variables que se midieron una vez por parcela. Con las variables que fueron medidas en diferentes momentos se utilizó la prueba T-Student o Mann Whitney (Wilcoxon), para valorar y analizar la existencia de diferencias significativas entre ambas parcelas de estudio (ASA y testigo) o entre sistemas (árboles dispersos y cercas vivas), esto se realizó previo al análisis de normalidad por Shapiro Wilks. Para comparar los datos por comunidad se aplicó el ANOVA con la prueba de separación de media del Test:Duncan o la prueba no paramétrica de KruskalWallis para datos no normales.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles

Se encontró un total de 98 individuos en las 12 parcelas estudiadas, entre los cuales un 38 % pertenece a árboles dispersos y un 62% a cercas vivas, siendo mayor el número de individuos y de especies en las parcelas ASA respecto de la testigo (Tabla 1). Las parcelas son diversas, registrándose 14 especies en total, de las cuales las predominantes son el madero negro (*Gliricidia sepium*) y el carbón (*Acacia pennatula*). En árboles dispersos el árbol predominante es el carbón y en cercas vivas es el madero negro, cabe destacar que la parcela testigo presenta mayor cantidad de árboles de madero negro, mientras que la parcela ASA tiene mayor cantidad de carbón (anexo 10).

Al respecto, se puede destacar que hay muchas especies que se pueden utilizar como cercas vivas en América Central, y al igual que en la zona de estudio, la más utilizada y recomendada es el madero negro que crece mejor en el trópico seco y en suelos del tipo franco-arcilloso con buen drenaje; aunque también prospera bajo otras condiciones edáficas y climáticas. Esta especie es relevante por su contribución con la recuperación de la fertilidad natural del suelo, por la producción de hojarasca y la fijación de nitrógeno. (Otarola A. , 1995)

Estudio realizado en Costa Rica y Nicaragua con 124 y 131 fincas ganaderas respectivamente, explica que los potreros con alta cobertura arbórea han mostrado resultados significativos en la conservación de la biodiversidad en términos de riqueza y abundancia (Ibrahim, Villanueva , & Casasola, 2007). Lo que tiene un valor en las parcelas estudiadas, donde se contabilizaron 14 especies.

Tabla 1. Principales especies encontradas y número de individuos de acuerdo al tipo de parcela de Sistemas silvopastoriles

Nombre común	Nombre científico	no indiv.	árboles dispersos	cercas vivas	ASA	Testigo
carbón	<i>Acacia pennatula</i>	19	19	0	17	2
madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	51	0	51	17	34
majague	<i>Hampea platanifolia</i>	4	4	0	4	0
matapalo	<i>Clusia rosea</i>	5	2	3	5	0
roble	<i>Quercus humboldtii</i>	6	6	0	0	6
Total individuos		98	37	61	54	44
Porcentaje (%)			38	62	53	45
# especies		14	9	7	12	5
Porcentaje (%)			64	50	86	36

Se encontró un total de 33 individuos por hectárea en los sistemas de producción estudiados. Las especies predominantes en árboles dispersos son el carbón, roble y majague, mientras que en cercas vivas predominan el madero negro y matapalo. De estas el roble (*Quercus humboldtii*) es una especie propia de la zona y al estar en un área protegida, los productores lo han dejado en las áreas productivas estructurando el sistema de árboles dispersos.

La mayor dominancia de carbón (*A. pennatula*) en los potreros se explica por la dispersión del ganado de las semillas de esta especie que, al ser colonizadora de hábitats abiertos, puede establecerse con relativa facilidad, con la menor inversión de mano de obra y en condiciones de baja presión de pastoreo. (Ramírez, Rueda, Ferguson, & Jiménez, 2012)

Tabla 2. Principales especies encontradas y número de individuos de acuerdo al tipo de parcela de Sistemas silvopastoriles

Sistema	No. individuos/ha	Especies dominantes	No. individuos/ha
Árboles dispersos	12	carbón	6
		roble	2
		majague	1
Cercas vivas	20	madero negro	17
		matapalo	2

Con relación al Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), de la figura 1, se observa que las parcelas de El Cebollal (con parcelas de tres productores) son las que presentan los valores más altos con 51.62 cm, con los más bajos en El Robledal con 15.04 cm (un productor). Pero según el análisis de varianza, las medias por comunidad son similares estadísticamente con una p valor de 0.2394 (anexo 11).

El DAP se ha relacionado con el radio de acción de las raíces, de tal manera que de acuerdo a esto, las parcelas de los productores con los valores más altos de DAP, pueden tener un radio de acción de las raíces entre 2 y 4 m, mientras que los más pequeños entre 1 y 2 m (Schlegel, Gayoso, & Guerra, 2000). Esto es importante, ya que como lo explican Cajas, et al. (2014) las raíces, tanto de los árboles como de los arbustos, mejoran la estructura del suelo, se recupera y aumenta la fauna, lo que favorece que los sistemas silvopastoriles sean amigables con el ambiente y contribuyan a mitigar los efectos negativos del calentamiento del planeta, por lo que se puede afirmar que todas las parcelas de los dos sistemas estudiados están contribuyendo con la mejora del suelo, teniendo en cuenta lo dicho por estos autores.

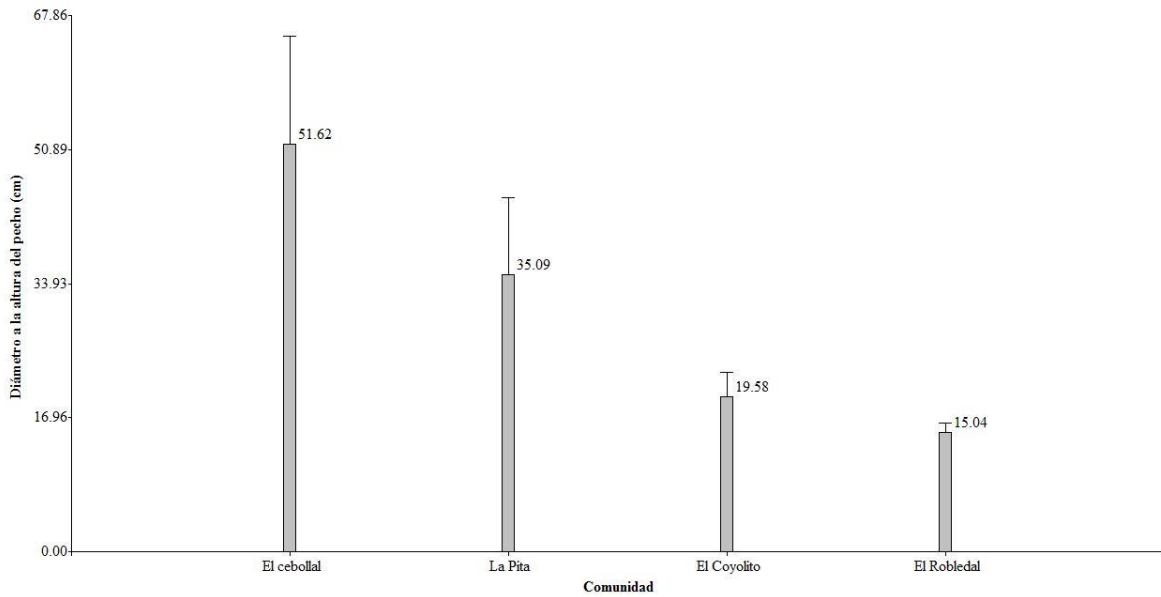


Figura 1. Valores para el Diámetro a la Altura del pecho (DAP) por comunidad (en metros)

El análisis realizado para esta variable con la prueba de Wilcoxon para muestras independientes considerando el tipo de parcela (ASA y testigo) establece medias de 31.77 cm y 36.34 cm para ASA y testigo respectivamente, siendo estadísticamente similares. De igual manera se comporta la variable dependiendo del tipo de sistema, ya que aunque las parcelas de árboles dispersos presentan valores mayores con 37.55 cm de DAP, son estadísticamente similares a las parcelas con cercas vivas. Esto indica que sobre el DAP no influyen los sistemas silvopastoriles, a pesar de que su conformación está limitada a especies existentes en la zona y de fácil dispersión, con especies de roble y matapalo propios de la zona, que tienen fustes más grandes, mientras el madero negro tiene un fuste más pequeño.

El DAP está determinado por el crecimiento del árbol, ya que como lo explica (Ferrere, Lupi, & Boca) en investigación con *Eucalyptus viminalis* Labilla, a medida que el árbol crece se produce una mayor acumulación de biomasa en el fuste, lo que está reflejado en las asociaciones positivas del DAP con las proporciones de hojas y fuste. Además, se indica que los árboles más jóvenes tienen una mayor proporción de hojas que decrece a medida que la edad aumenta, pero no se encontró relación satisfactoria entre la variación de la proporción de las ramas con el tamaño de los individuos.

Tabla 3. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable diámetro a la altura del pecho (cm) por tipo de parcela y de sistema silvopastoril

		Grupo 1: ASA		Grupo 2: Testigo			
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
16	6	31.77	36.34	28.49	31.17	66.00	0.8248
		Grupo 1: árboles dispersos		Grupo 2: cercas vivas			
13	9	37.55	26.47	34.89	15.28	100.50	0.8411

Por su parte, el porcentaje de cobertura según la figura 2, presenta el mayor valor con 32.45% en las parcelas de la comunidad La Pita (un productor), a diferencia de las parcelas del Coyolito (un productor) con 2.54%, como el valor más bajo. Pero según el análisis de varianza, las medias por comunidad son similares estadísticamente con una p valor de 0.1201 (anexo 12), esto puede explicarse por el hecho de que La Pita presenta un sistema de cercas vivas, con una alta densidad de árboles dentro de las parcelas.

Al respecto, estudio realizado en Costa Rica y Nicaragua por Ibrahim, et al. (2007), indica que, en la generación de servicios ecológicos, los potreros con alta cobertura arbórea han mostrado resultados significativos en la protección del suelo (reduciendo la erosión) y el secuestro de carbono.

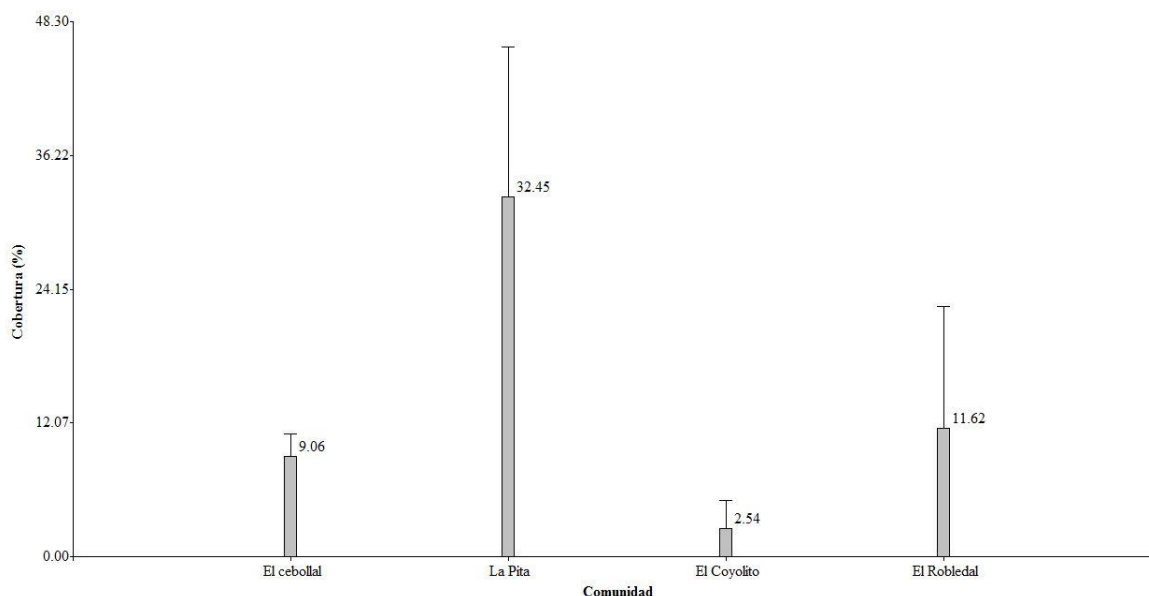


Figura 2. Cobertura de sombra (%) por comunidad

Tal como se muestra en la tabla 4, al comparar los resultados para la variable porcentaje de cobertura por tipo de parcela, las ASA presentan medias más bajas respecto de las testigo con 4.18% y 6.27% respectivamente, mientras que por tipo de sistema, son similares (4.83% y 4.63%). Se observó una cobertura de sombra promedio mínima de 0.06% y máxima de 18.89% (anexo 12). No obstante, los resultados de las pruebas de Wilcoxon indican resultados similares estadísticamente con una p-valor de 0.6583 y 0.9734 para tipos de parcela (ASA y Testigo) y de sistema (árboles dispersos y cercas vivas) respectivamente.

Estos valores de cobertura no afectan el desarrollo del pasto y se considera que están en rangos bajos en áreas de potreros, tal como lo indican estudios realizados del efecto de la cobertura de sombra sobre especies de pastos mejorados, principalmente *Brachiaria brizantha* y *Panicum maximum*, que mostraron que no hubo efecto de sombra, considerando que son valores bajos aquellas coberturas de árboles en potrero entre 0 y 20% y se sugiere que la cobertura de árboles podría incrementarse por encima del 25%, sin afectar la respuesta animal, ni la producción de forraje. (Restrepo Sáenz, 2002)

Tabla 4. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable porcentaje de cobertura

		Grupo 1:ASA		Grupo 2: Testigo			
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	P (2 colas)
16	6	4.18	6.27	4.65	7.44	75.00	0.6583
		Grupo 1: Árboles dispersos		Grupo 2: Cercas vivas			
13	9	4.83	4.63	5.18	6.11	104.00	0.9734

Finalmente, para el diámetro de copa se encontró que la comunidad con la media más alta es El Cebollal (11.19), lo cual se puede relacionar al tipo de especies que se encuentran en la zona (roble y matapalo). Es de tener en cuenta que en las parcelas de esta comunidad se tienen los valores de DAP más altos (tabla 5), lo que indica árboles de mayor tamaño. Según el análisis de varianza las comunidades se diferencian estadísticamente de acuerdo a esta variable (p valor = 0.0422), conformándose tres grupos estadísticos según el test Duncan, en los cuales el Robledal presenta los valores más bajos (anexo 13).

Es de tener en cuenta que los árboles cumplen una función de protección del suelo ya que ayudan a disminuir la erosión por su asociación con la vegetación pequeña. En fuertes pendientes, el efecto estabilizador de los árboles es generalmente positivo. Se ha observado que en áreas donde la cobertura del dosel es menor al 10% y mínima cobertura herbácea presenta altos porcentajes de erosión del suelo que es arrastrado a las corrientes. (Auquilla, 2005)

Tabla 5. Test Duncan para la variable diámetro de copa (m) entre comunidades

Comunidad	Medias	n	E.E.	Grupo estadístico	
El Robledal	5.78	5	1.39	a	
El Coyolito	7.79	5	1.39	a	b
La Pita	9.34	4	1.56	a	b
El Cebollal	11.19	8	1.10	b	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No obstante, el análisis de la prueba T para muestras independientes de esta variable indica que las medias son estadísticamente similares para tipo de parcela (ASA y testigo), con medias de 9.11 y 8.15 m para ASA y testigo respectivamente, como para tipo de sistema, presentando las parcelas de árboles dispersos valores de 9.11 y 8.48 m en cercas vivas. Esto significa que ambos tipos de sistemas están aportando a la mejora de los potreros de la zona.

El diámetro de copa es relevante por su rol amortiguador de la temperatura y humedad, además del papel en el reciclaje de nutrientes hacia la superficie a través de las hojas y otros desechos del árbol. También la zona del suelo bajo el área de la copa del árbol tiene mayor abundancia de nutrientes que fuera de él. Además, el árbol reduce las temperaturas máximas en su entorno ayudando a crear una sensación de bienestar en el animal en pastoreo. (Pérego, 2002)

Tabla 6. Prueba T para muestras independientes de la variable diámetro de copa (m) entre sistemas

		Grupo 1:ASA			Grupo 2: Testigo			
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	T	p-valor prueba	
16	6	9.11	8.15	4.62	0.2747	20	0.5887 Bilateral	
		Grupo 1: Árboles dispersos			Grupo 2: Cercas vivas			
13	9	9.11	8.48	3.55	0.0113	17	0.6543 Bilateral	

Estudios indican que un árbol con mayor DAP y diámetro de copa, presentará un incremento de porcentaje de cobertura de sombra. Con altos niveles de sombra las decisiones de manejo del sistema dependerán del deseo de obtener mayor producción forestal o bien mantener una cubierta herbácea mínima. (Fassola, Lacorte, Pachas, & Pezzutti, 2006)

5.2. Componente suelo

La inclusión de los árboles en las áreas ganaderas aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, tal como lo indican estudios realizados por Hernández, et al. (2008), en donde en sistemas silvopastoriles con diez años de explotación la materia orgánica fue mayor en los sistemas con árboles (4,4 y 4,5%), comparados con sistemas de monocultivo, los cuales indicaron un 3% de materia orgánica.

Al respecto, el suelo en las parcelas estudiadas presentan datos que describen su estructura como franco arenoso (figura 3), teniendo bajos porcentajes de limo y arcilla, esto se puede atribuir a la zona, caracterizada por poseer un clima frío. La literatura indica que en general, los horizontes superficiales de los suelos de montaña, principalmente aquellos formados en provincias húmedas de los pisos térmicos medio, frío y muy frío, presentan acumulación significativa de materia orgánica, lo cual favorece la formación de agregados granulares finos estables. (Codazzi, 2003)

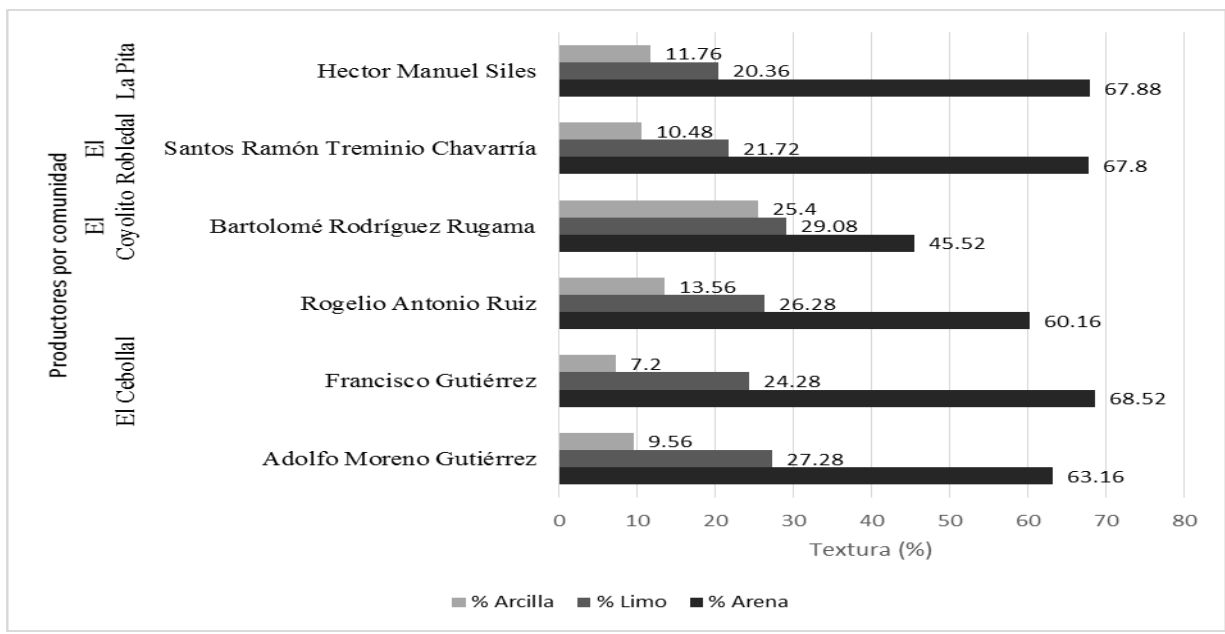


Figura 3. Textura del suelo (%) por comunidad

Los contenidos de materia orgánica en el suelo están influidos por varios factores como el material parental, el clima, la acidez y el tipo de vegetación. La composición orgánica en los suelos de las parcelas estudiadas varía de 3.87 % a 9.98 %, lo cual indica que los pisos térmicos más altos presentan la mayor acumulación de materia orgánica. Investigaciones realizadas por Codazzi (2003) describe que los horizontes superficiales de suelos con porcentajes de humedad alta presentan acumulación significativa de materia orgánica. Las variaciones en las tasas de incorporación y desintegración de la materia orgánica son debido a la mayor actividad microbiana en altas temperaturas y humedad adecuada para estas. (Linares Arias , 2006)

Los suelos de las comunidades presentan un pH moderadamente ácido entre 5.1 y 5.7 en las diferentes parcelas. Estudios realizados por (Labrador Moreno, Guiberteau Cabanillas, López Benitez, & Reyes Pablos, 1996) señalan que el aumento de la materia orgánica conduce a un descenso de los valores de pH, pues al aumentar el proceso de su descomposición se generan ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, estos últimos, debido a su elevado contenido en cargas aniónicas, les confiere una gran aptitud para formar complejos estables con cationes polivalentes (Fe, Al, Cu, etc.). La abundancia de estos complejos es en parte responsable de su floculación a pH moderadamente ácidos.

Tabla 7. Composición estructural del suelo en comunidades de la Reserva de Miraflores

Comunidad	Nombre del productor	pH	Materia orgánica (%)
El Cebollal	Adolfo Moreno	5.5	9.98
	Francisco Gutiérrez	5.2	10.23
	Rogelio Ruiz	5.2	8.02
El Robledal	Santos Treminio	5.1	8.3
El Coyalito	Bartolomé Rodríguez	5.7	4.95
La Pita	Hector Siles	5.4	3.87

Para la variable de Densidad aparente (DA) se encontraron diferencias entre las medias de las comunidades, siendo las parcelas del Robledal las que presentan la más baja con 0.73 g/cm³. Según la tabla 8, el análisis de Kruskal Wallis con una p valor de <0.0001 demuestra diferencias estadísticas entre comunidades, conformándose tres grupos, en los cuales las parcelas del Coyalito presentan los valores más altos (anexo 14).

La DA está relacionada con los contenidos de materia orgánica y humedad, los suelos que presentan los mayores valores, son aquellos que tienden a mostrar menores contenidos de materia orgánica y retienen menos humedad. Estudios realizados en un agroecosistema presentaron promedios de materia orgánica de 5.87 y 16.33 % y densidades aparentes de 0.2 y 1.6 g/cm³, donde en zonas con altos contenidos de materia orgánica fue menor la densidad aparente. (Alveiro Salamanca & Sadeghian Khalajabadi, 2005)

Tabla 8. Separación de medias con la prueba de Kruskal Wallis para la variable densidad aparente (g/cm³) de suelo por comunidad (valores promedios)

Comunidad	Medias	Ranks	Grupo estadístico
El Robledal	0.73	15.67	a
La Pita	0.88	32.83	b
El Cebollal	1.02	36.36	b
El Coyalito	1.51	61.42	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

El análisis realizado para la variable densidad aparente (g/cm^3) con la prueba de Wilcoxon para muestras independientes considerando el tipo de parcela (ASA y testigo) establece medias de 0.99 y 1.07 g/cm^3 para ASA y testigo respectivamente, siendo estadísticamente similares. Pero se hace referencia que entre sistema existe diferencia estadísticamente con una p valor de 0.0023, las cercas vivas presentan valores mayores con 1.20 g/cm^3 y árboles dispersos valores menores con 0.94 g/cm^3 de DA, lo que podría estar influenciado por las propiedades físicas descritas anteriormente y la vegetación arbórea (tabla 9).

Esto es coincidente con las diferencias significativas encontradas en un estudio, entre los valores de los suelos situados bajo los distintos tipos de dosel especialmente, entre los sitios con dosel leñoso denso y buenos aportes de hojarasca (sobre todo situados bajo *Quercus*) y sitios con solo cubierta leñosa, que presentaron valores significativamente más alto de densidad aparente. (Rubio Gutiérrez , 2010)

Tabla 9. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable densidad aparente (g/cm^3) de suelo por tipo de parcela y de sistema silvopastoril

Grupo 1: ASA Grupo 2: Testigo							
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p (2 colas)
36	36	0.99	1.07	0.32	0.38	1220.00	0.2896
Grupo 1: árboles dispersos				Grupo 2: cercas vivas			
48	24	0.94	1.20	0.33	0.34	1131.00	0.0023

5.3. Conservación del agua por el sistema

Las mediciones realizadas para determinar la infiltración en las parcelas estudiadas indican una variabilidad muy alta (figura 4), demostrando durante el primer muestreo (febrero y marzo) velocidades relativamente altas (superior a los 2000 mm/h) y pasando después a disminuir paulatinamente hasta la estabilización (menor a 100 mm/h), manteniéndose constante a lo largo del tiempo. Esa alta variabilidad no se puede explicar a partir de los altos porcentajes de arena y la textura en general, por lo que sugiere que se requiere una mayor

frecuencia de muestreo y dar más tiempo con la estabilización de la infiltración en el momento del muestreo, lo que implica una mayor inversión de tiempo por cada sitio y parcela.

Gráficamente, se puede observar la velocidad de infiltración básica cuando la curva de la velocidad de infiltración se vuelve asintótica con respecto a la horizontal. La velocidad de infiltración básica, depende fuertemente de la textura del suelo, así el tiempo para alcanzar esta velocidad y su valor dependerá de la textura. (Delgadillo & Pérez, 2016)

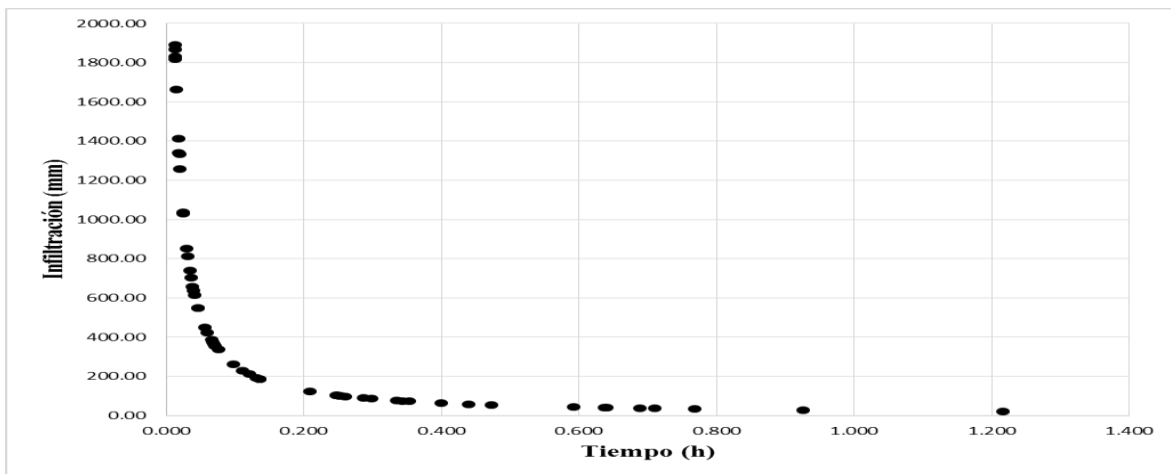


Figura 4. Curva de infiltración (mm/h) promedio en parcelas estudiadas

Respecto del comportamiento de la infiltración en las parcelas por comunidad, la figura 5 indica una mayor infiltración en El Cebollal, presentado una media de 724. 26 mm/h con respecto a la más baja que fue en La Pita con una media de 119.31 mm/h (anexo 15), con una alta variación en la primera comunidad. También se observan variaciones entre las parcelas en estudio (ASA) y las de referencia (testigo), siendo las más altas en la comunidad El Cebollal

Estudios realizados por Zapata Sierra & Manzano Aguglarío (2008), consideraron la relación entre la altura de un árbol (15 a 20 m) y el alcance horizontal de sus raíces, observándose que la infiltración aumentó con el tamaño del árbol y su densidad. Podría considerarse esta relación para explicar lo encontrado en el presente estudio, en donde es en El Cebollal donde están las parcelas con los valores más altos de infiltración y a su vez son las que presentan los árboles con mayor DAP y diámetro de copa.

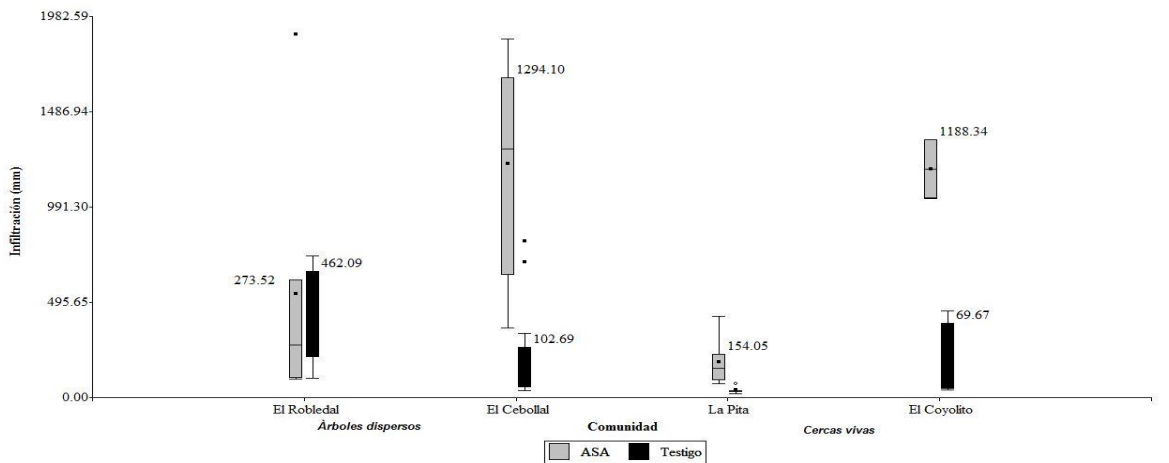


Figura 5. Taza de infiltración (mm/h) promedio por comunidad

Tal como se ha mencionado anteriormente, y se observa en la figura 6, entre tipo de parcelas la infiltración es mayor en la ASA, presentando variaciones muy altas entre épocas con medias en verano (febrero-marzo) de 806.13 mm/h y en invierno (agosto) 839.62 mm/h con respecto a la testigo que presentaron medias muy bajas 332.40 mm/h en verano y 166.80 mm/h en invierno (anexo 15). Estas variaciones podrían reducirse con un mayor número de muestreos en el año y un mayor número de muestras.

En resumen, los resultados en parcela ASA no coinciden cualitativamente con lo que habría que esperar, ya que las capas del suelo se van saturando, nunca totalmente, durante invierno, ya que durante esta época, la evaporación está limitada por la aportación de energía mientras que en verano el agua es el factor limitativo. (Galarza, Carrera, Alfageme, & Andrés, 2001)

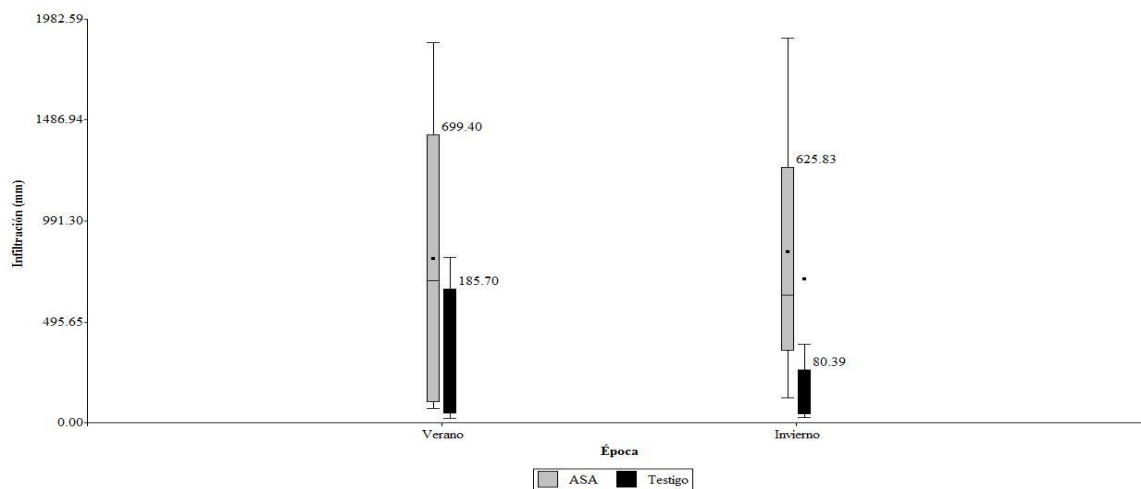


Figura 6. Taza de infiltración (mm/h) promedio por parcela

También se estudió la humedad gravimétrica del suelo, encontrándose que la comunidad con los porcentajes más altos es El Cebollal 2 (46.12%). Según el análisis de la prueba de Kruskal Wallis las comunidades se diferencian estadísticamente (p valor = <0.0001), conformándose tres grupos estadísticos, en los cuales El Coyolito presenta los valores más bajos y se diferencia del resto (anexo 16). Esto se puede atribuir a la localización de las parcelas (msnm) y la precipitación de las zonas en que se encuentran distribuidas, donde los datos más altos se dan a mayor altura, siendo una zona montañosa.

La humedad está influenciada por la cobertura vegetal del suelo y también por la sombra de los árboles que ayudan a regular la temperatura del suelo y el ambiente. El papel regulador de temperatura del árbol está determinado por su diámetro de copa, valores que son más altos en El Cebollal, jugando ésta un rol amortiguador de la temperatura y humedad, lo que provoca una reducción de las temperaturas máximas en su entorno (Pérego, 2002) y por lo tanto mayor humedad del suelo.

Tabla 10. Prueba de Kruskal Wallis para la variable humedad gravimétrica (%) de suelo por comunidad

Comunidad	Medias	Ranks	Grupo estadístico
El Coyolito	14.96	23.95	a
La Pita	32.24	56.33	b
El Robledal	36.52	67.88	b c
El Cebollal 1	44.06	82.48	c
El Cebollal 2	46.12	86.83	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al comparar los resultados de la variable humedad gravimétrica por tipo de parcela, no se encontró diferencias estadísticas, las ASA presentan medias similares respecto de las testigo con 38.75% y 37.80% respectivamente. Pero sí se observan diferencias estadísticas por tipo de sistema, con una p valor de <0.0001 para la prueba Wilcoxon, presentando medias diferentes entre árboles dispersos y cercas vivas con 42.42% y 27.92%. Esto último corrobora lo dicho anteriormente con respecto al rol de los árboles en el sistema, ya que en árboles

dispersos, los árboles se encuentran dentro de la parcela, mientras que en cercas vivas, al estar alrededor, su influencia en el área es menor.

De tal manera que, la transpiración del árbol durante el verano reduce las temperaturas máximas en su entorno y en el balance hídrico final del suelo, el árbol influye positivamente, reduciendo la evapotranspiración, a través de las reducciones que provoca en la temperatura del suelo y en los aumentos que provoca en la humedad relativa del aire. Es por ello que las áreas arboladas son más húmedas que las desprovistas de árboles, lo cual se expresa por la vegetación que crece bajo su área de influencia. En los sectores sin árboles el suelo pierde agua con mayor rapidez por que la tasa de evapotranspiración es más elevada en dicha condición. (Pérego, 2002)

Tabla 11. Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable humedad gravimétrica (%) de suelo por tipo de parcela y de sistema silvopastoril

		Grupo 1: ASA		Grupo 2: Testigo			
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
70	70	38.75	37.80	21.59	22.28	5017.50	0.7310
		Grupo 1: árboles dispersos		Grupo 2: cercas vivas			
100	40	42.42	27.92	19.03	25.10	1929.50	<0.0001

5.4. Producción de biomasa del Sistema silvopastoril

Se analizó la cantidad de biomasa que aporta la hojarasca al sistema, encontrando valores de 0.01 Kg/ha hasta 0.15 Kg/ha en El Coyolito y El Robledal respectivamente. Con la prueba Kruskal Wallis (anexo 17) se evidencian dos grupos estadísticos, siendo las parcelas de la comunidad El Coyolito estadísticamente inferiores al resto (p valor < 0.0001). La comunidad El Coyolito está ubicado en una zona más baja respecto del resto de parcelas, lo que podría indicar un clima más caliente (tabla 12).

Una de las capacidades de la hojarasca es la de absorber grandes cantidades de agua (ordinariamente más del 150% en peso), por ello, si en las zonas permanentemente húmedas el factor limitante es temperatura, en las zonas semiáridas el factor limitante pasa a ser la humedad. (González M & Gallardo, 1982)

La cantidad de hojarasca en el suelo y el grosor de los horizontes “O” y “A”, que dependen directamente del tipo de vegetación, favorecen al suelo con una menor pérdida de humedad en la temporada seca y una mayor retención de humedad en la temporada de lluvias, lo que ha sido mostrado experimentalmente, indicándose una correlación significativa entre el incremento de humedad y la altitud $r = 0.50$, puesto que sitios de vegetación con mayor categoría (encinos) se ubicaron en zonas de mayor altitud. (Martinez Gonzales , Sosa Pérez, & Ortiz Medel, 2010)

Tabla 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable hojarasca (kg/ha) por comunidad

Comunidad	Medias	Ranks	Grupo estadístico
El Coyolito	0.01	57.21	a
El Cebollal 2	0.05	136.80	b
Cebollal 1	0.08	135.41	b
La Pita	0.08	159.11	b
El Robledal	0.15	133.42	b

Las parcelas de El Robledal presentan la mayor producción de hojarasca en verano, mientras que las parcelas de un productor de El Cebollal tiene los valores más altos en ambas épocas (verano e invierno) siendo su producción muy similar (0.10 y 0.09 Kg/ha). Los valores en verano se presentaron en un rango de 0.07 a 0.28 Kg/ha con dos grupos estadísticos (El Cebollal 1 y 2 en el primer grupo, y La Pita y El Robledal en el segundo), mientras que en invierno fueron menores, entre 0.01 y 0.06 Kg/ha con dos grupos estadísticos también (anexo 18).

Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran que la producción de la hojarasca, cumple con una función en un escenario fluctuante y complejo que cada vez

requiere más atención para entender el funcionamiento de los ecosistemas y ciclaje de nutrientes, ya que por medio de la hojarasca se regenera el suelo, se evita la erosión, se mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, y se mantiene la fertilidad del mismo, además que ayuda a sostener la vida de la fauna heterótrofa. (López Hernández, y otros, 2013)

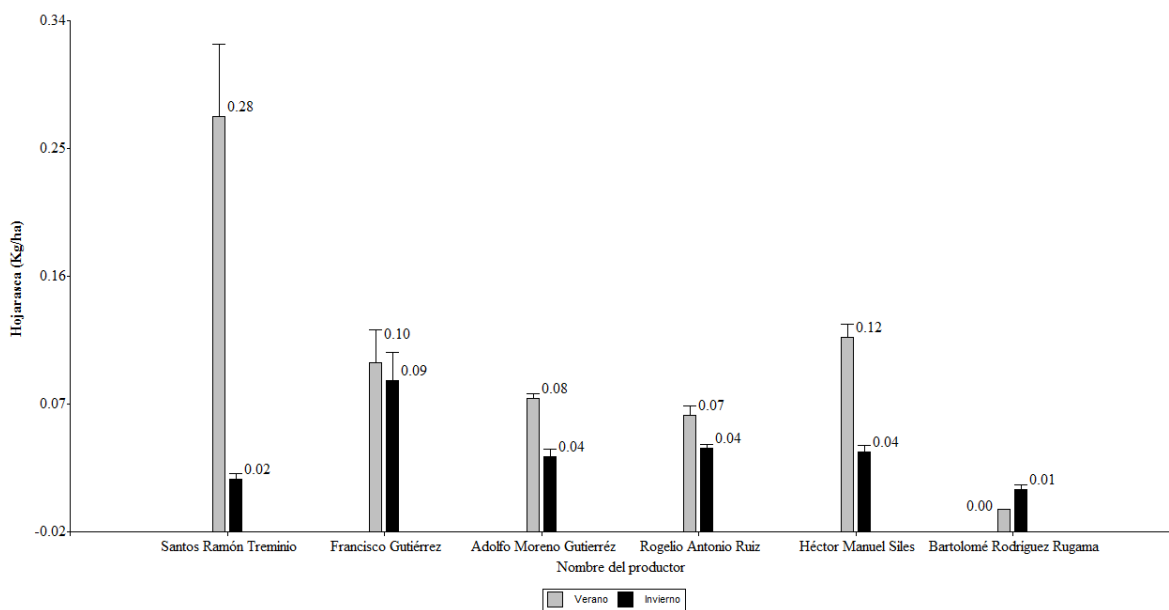


Figura 7. Biomasa de la variable hojarasca (Kg/ha) por productor

Al realizar comparaciones por tipo de parcela y sistema, la prueba de Wilcoxon refleja que entre tipos de parcelas y de sistema existen diferencias estadísticas con una p valor <0.0001 , donde la parcela ASA presenta las medias más altas en ambas épocas (verano e invierno), al igual que el sistema de árboles dispersos con valores más altos respecto de cercas vivas. Esto puede estar relacionado con la composición arbórea de estas parcelas, en donde más que la cantidad de árboles por unidad de área, influye en el aporte de hojarasca su conformación respecto de la diversidad, ya que las parcelas ASA y el sistema de árboles dispersos, con menor cantidad de árboles estadísticamente son superiores a las parcelas testigo y de cercas vivas, porque presentan una mayor diversidad con dominancia de roble, carbón y madero negro sobre parcelas con dominancia de madero negro.

La producción de hojarasca está determinada por diversos factores, tal como lo explican Arrigo, Jiménez, Diana, & Defrieri (2001), quienes afirman que la variación existente por

época entre la producción de hojarasca y sus componentes puede estar asociado al periodo del ciclo vegetativo con la sucesión de las etapas fenológicas características de cada especie vegetal. Asimismo, se ha observado que la producción de hojarasca y producción de minerales en los ecosistemas forestales está determinadas por la edad de las plantas, la precipitación, la composición de especies, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y por la etapa de sucesión.

Tabla 13. Prueba de Wilcoxon de muestras independientes para la variable hojarasca (kg/ha) por tipo de parcela y de sistema

Época	Grupo 1: ASA		Grupo 2: Testigo		DE(1)	DE(2)	W	p (2 colas)
	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)				
Verano	48	24	0.19	0.07	0.19	0.07	1410.50	<0.0001
Invierno	48	24	0.08	0.04	0.07	0.02	1562.50	<0.0001
	Grupo 1: árboles dispersos				Grupo 2: cercas vivas			
Verano	48	24	0.19	0.07	0.19	0.07	1410.50	<0.0001
Invierno	48	24	0.08	0.04	0.07	0.02	1562.50	<0.0001

Con relación a necromasa (Mg/ha), (tabla 14) se observa que las parcelas de El Cebollal son las que presentan los valores más altos con 0.53 Mg/ha, con los más bajos en El Robledal con 0.11 Mg/ha. Pero según la prueba de Kruskal Wallis, las medias por comunidad son similares estadísticamente con una p valor de 0.2904. La necromasa es uno de los componentes que aporta la mayor cantidad de carbono en el suelo con su descomposición.

Tabla 14. Prueba de Kruskal Wallis para la variable necromasa (Mg/ha) por comunidad

Comunidad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
El Cebollal	24	0.53	0.96	0.14	3.44	0.2904
El Coyolito	4	0.29	0.58	0.00		
El Robledal	8	0.11	0.22	0.00		
La Pita	8	0.30	0.31	0.25		

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de la variable de necromasa para identificar las diferencias entre parcelas y tipos de sistemas. La parcela ASA y árboles dispersos presentaron diferencias significativas en las medias con respecto a la parcela testigo y sistema de cercas vivas respectivamente.

Esto se puede relacionar a que la composición de especies se relaciona con las cargas de necromasa, y que alteraciones en el régimen natural, cambios climáticos y acción antropogénica pueden alterar la composición de estos ecosistemas. (Rubio Camacho, González Tagle, Benavides Solorio, Chávez Durán , & Xelhuantzi Carmona, 2016)

Tabla 15. Estadístico descriptivo para la variable de necromasa (Mg/ha) por tipo de parcela y de sistema silvopastoril

Descripción		n	Media	D.E.	Mín	Máx
Tipo parcela	ASA	22	0.53	0.95	0.00	4.17
	Testigo	22	0.25	0.46	0.00	1.72
Tipo SSP	Árboles dispersos	32	0.42	0.85	0.00	4.17
	Cercas vivas	12	0.30	0.39	0.00	1.16

El análisis estadístico describe que existe una mayor aportación de necromasa fina con una media de 0.71 Mg/ha en comparación a la necromasa gruesa con una media de 0.07 Mg/ha, así mismo el mayor aporte se registra en invierno con una media de 0.57 y verano 0.17 Mg/ha.

En una investigación que tuvo como objetivo determinar y comparar el contenido de carbono asociado a la biomasa, necromasa y carbono almacenado en el suelo, se encontró que los mayores contenidos de carbono asociados al mantillo se encontraron en la necromasa fina y gruesa del hábitat con 0.75 Mg/ha y 0.95 Mg/ha, en promedio, el mayor reservorio de carbono de la necromasa se encontró en la necromasa gruesa y por último en la necromasa fina. (Sánchez Rodríguez, 2016)

Tabla 16. Estadístico descriptivo para la variable necromasa (Mg/ha) por tipo y época

Descripción		n	Media	D.E.	Mín	Máx
Tipo necromasa	fina	22	0.71	0.96	0.00	4.17
	gruesa	22	0.07	0.18	0.00	0.82
Época	Invierno	24	0.57	0.97	0.00	4.17
	verano	20	0.17	0.19	0.00	0.82

En las parcelas de estudio los productores tienen sembrado cuatro gramíneas forrajeras, entre las cuales están dos pastos mejorados de corte, Mombasa (*Panicum maximum*) y Marandú (*Brachiaria brizantha*), cabe destacar que estos solamente se encuentran en la parcela ASA y en la testigo jaragua (*Hyparrhenia rufa*) o grama natural.

El rendimiento de pasto por comunidad indica que el Cebollal 2 presenta los valores más altos con una media de 74.52 Ton/ha de materia seca, una explicación para estas diferencias entre comunidades puede ser que el efecto de condiciones particulares de una comunidad a otra por la humedad, sombra de otros árboles, tipo de suelo, tipo de pasto, etc. (Joya, López, Gómez, & Harvey, 2004)

Pero según el análisis de Kruskal Wallis, las medias por comunidad son similares estadísticamente con una p valor de 0.5829 (anexo 19). La relación que existe entre la producción de biomasa del componente arbóreo y el pasto es un indicador de lo que realiza el sistema en su conjunto, tal como lo explica Simón, et al., (2005) el empleo de árboles y su aporte de hojarasca como mulch o abono verde contribuyen al incremento de la fauna edáfica y a su diversidad, lo que repercute en la calidad biológica de los suelos y en la sostenibilidad económica y ecológica del sistema. Donde se poda y se adiciona el material al suelo se logran los mayores rendimientos de biomasa comestible.

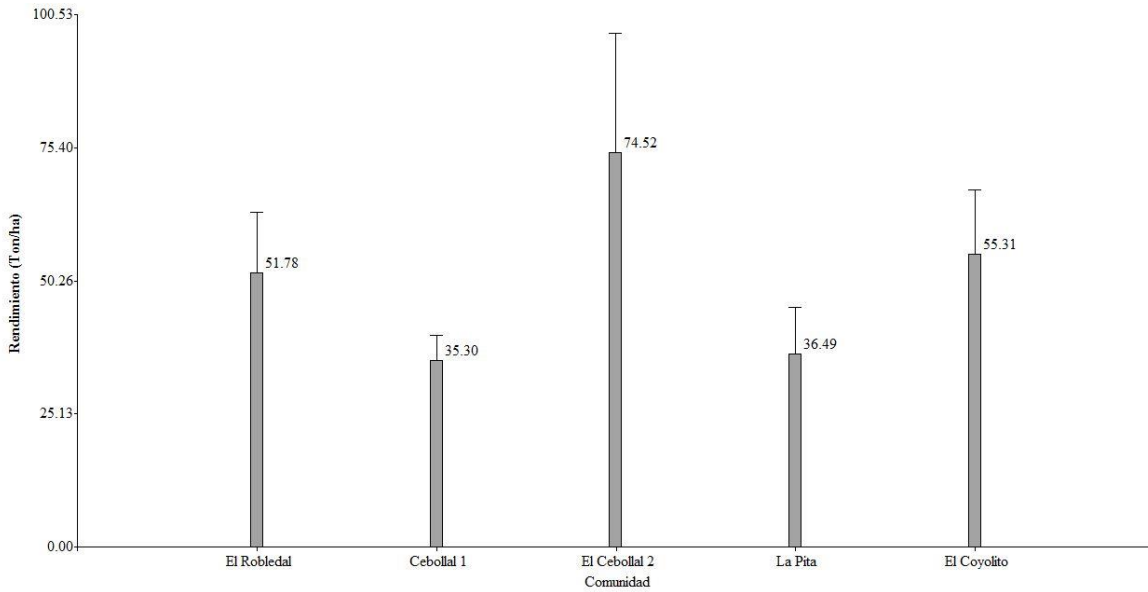


Figura 8. Rendimiento de pasto (Ton/ha) por comunidad

El comportamiento del pasto por época fue muy variado, teniendo un mayor rendimiento en época de invierno, destacando la parcela de El Cebollal 2 (Rogelio Ruiz), con un aumento de la producción de pasto en invierno que los demás productores, aunque los mejores datos en épocas diferentes es la parcela del productor de El Robledal (Santos Treminio), que demostró tener una producción similar en ambas épocas.

La producción de biomasa del pasto se ve determinada por las condiciones del ambiente que son favorecidas por los componentes del sistema. El sistema arbóreo produce una cierta cantidad de hojarasca en la parcela, que como lo indica Zuluaga, et al., (2011) actúa como una esponja que retiene y almacena el agua, parte de la cual será liberada durante los periodos secos. El follaje de los árboles, sus copas y la hojarasca no permiten que los rayos del sol peguen directamente sobre el suelo con lo que se disminuye la pérdida de agua por evaporación y esto hará que el pasto tenga disponibilidad de agua.

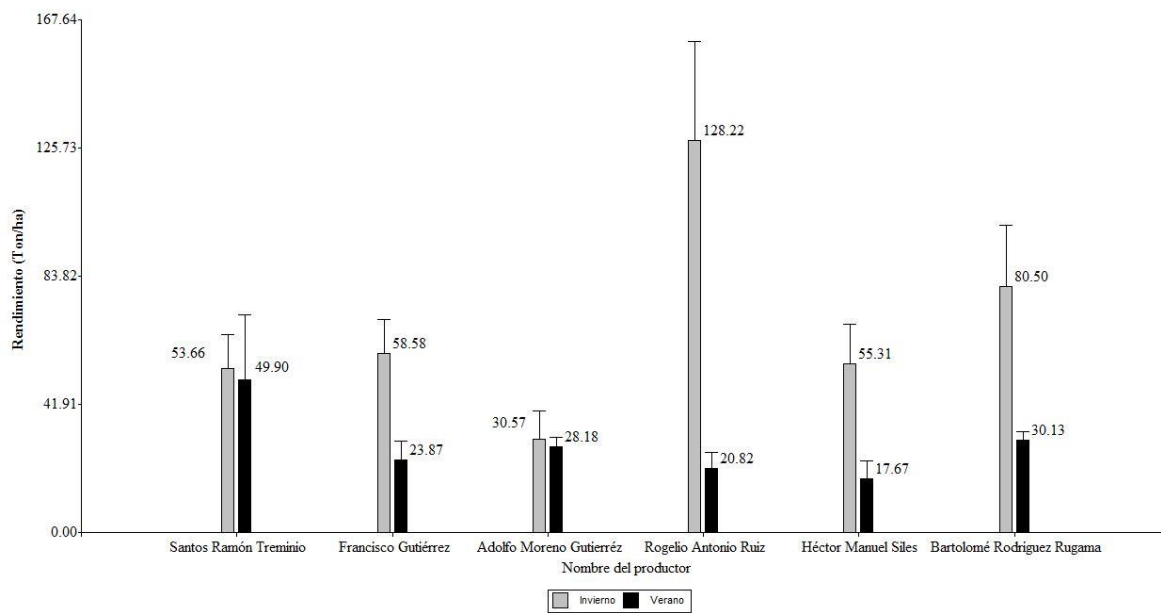


Figura 9. Rendimiento de pasto (Ton/ha) por productor

El pasto que mostró un mayor rendimiento fue el Marandú con una media de 65.93 Ton/ha en comparación al Mombasa que presentó una media de 59.48 Tn/ha, según la prueba de Krsukal Wallis hubo diferencia estadística entre los pastos con una p valor de 0.0001 (anexo 20).

Al comparar los pastos en los tipos de parcelas con la prueba Mann Whitney se evidencia que son similares estadísticamente el jaragua y la grama (p-valor = 0.0506), así como el Mombasa y Marandú (p-valor = 0.5580). Esto implica que el uso del jaragua no mejora los rendimientos respecto al uso de grama natural. Mientras que, es viable el uso de cualquiera de las dos variedades mejoradas estudiadas porque producen resultados similares respecto del rendimiento.

Para la comparación de los sistemas silvopastoriles (anexo 21), esta misma prueba demuestra que no hay diferencias significativas para rendimiento de pasto (p-valor= 0.9619). No obstante, el pasto mejorado Mombasa puede alcanzar un mayor rendimiento estando por debajo de su máximo potencial, pudiendo llegar a producir hasta 165 ton/ha/año (Conrado Palma, 2015). Esto sugiere que las actividades corte deben planificarse mejor.

Entre las variedades de hierba aptas para los sistemas de producción silvopastoriles, tanto por su tolerancia al sombreado como por su valor nutricional, se encuentran diferentes tipos de *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y otras) *Panicum* (*Panicum maximum*), *Axonopus* (*Axonopus catharinensi*) así como variedades de Tanzania y pasto elefante. (Braun, Van Dijk, & Grulke, 2016)

Tabla 17. Prueba de Kruskal Wallis y Wilcoxon para la variable rendimiento de forraje (Ton/ha) por tipo de pasto

Tipo parcela	Tipo de pastos	Medias	Ranks	Grupo estadístico	Prueba Wilcoxon por parcela
Testigo	Gramma	32.67	23.37	a	p-valor = 0.0506
	Jaragua	37.81	37.67	a b	
ASA	Mombasa	59.48	45.64	b	p-valor = 0.5580
	Marandú	65.93	48.86	b	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

VI. CONCLUSIONES

En los sistemas silvopastoriles se contabilizaron 14 especies, con cuatro especies relevantes en el sistema de árboles dispersos (*Acacia pennatula*, *Hampea platanifolia*, *Clusia rosea* y *Quercus humboldtii*), y el mayor número de individuos para el carbón; mientras que *Gliricidia sepium* y *Clusia rosea* son importantes en cercas vivas, con un mayor número de individuos de madero negro. En la comunidad El Cebollal se encontraron los mayores valores de DAP, diámetro de copa y materia orgánica, con árboles de un radio de acción de raíces mayor, suelos con pH ligeramente ácidos, valores intermedios para densidad aparente, mayor infiltración en verano e invierno y valores más altos de humedad gravimétrica del suelo.

Hay diferencias por tipo de parcelas, siendo estadísticamente mejor la parcela ASA para la densidad aparente, biomasa de hojarasca y necromasa, y rendimiento. También mostró un mejor comportamiento en infiltración para ambas épocas (verano e invierno). No obstante, demostró similitudes estadísticas para humedad gravimétrica del suelo. Las diferencias entre ambas parcelas pueden estar determinadas por el establecimiento y manejo del pasto mejorado en las parcelas ASA, lo que tiene un efecto positivo sobre las variables estudiadas.

Los árboles dispersos y cercas vivas en sistemas silvopastoriles contribuyen a la restauración del suelo y el reciclaje de nutrientes a través del componente arbóreo. La densidad aparente en cercas vivas es más alta con respecto a los árboles dispersos, esto influye en la infiltración de agua y la humedad gravimétrica, donde árboles dispersos presenta valores más altos. La hojarasca y necromasa aportan materia orgánica y la cobertura de la sombra ayuda a la descomposición e influye en la temperatura y humedad del suelo. Con relación al aporte de hojarasca y necromasa, los dos tipos de sistemas son similares estadísticamente.

Los rendimientos del pasto mejorado Marandú y Mombasa, son estadísticamente similares, generan mayor biomasa y responden bien a los sistemas silvopastoriles con árboles dispersos y cercas vivas, en cambio los rendimientos del pasto jaragua y grama natural con manejo tradicional son similares estadísticamente entre ellos, pero son menores al de los pastos mejorados.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a productores de ganado de la zona de Miraflor a que adopten estos tipos de sistemas ya que mantienen un ambiente agroecológico que ayuda con la mejora del suelo y la conservación de agua, contribuyendo a una producción agrícola sostenible.

Continuar esta línea de investigación ampliando los estudios sobre la tasa de infiltración y el manejo del carbono orgánico en estos sistemas, que complementen los hallazgos de la presente investigación y brinden evidencias del impacto de estos sistemas en el ambiente. Para lo cual se debe considerar un mayor número de parcelas o una mayor periodicidad para el caso de la infiltración.

Aplicar prácticas de manejo del componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles que permitan una mayor diversidad de especies, regular la sombra y garanticen un aporte constante de biomasa por hojarasca y necromasa.

De igual manera, validar el uso de la fertilización orgánica en el manejo de las pasturas mejoradas, así como incrementar la frecuencia de corte del pasto que preserve su calidad nutricional y que aumente el rendimiento por año.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. (2009). Plan de restitución poblacional de *quercus humboldtii* bonpl. en la reserva forestal protectora El Robledal, Cundinamarca-Colombia. *Restitución poblacional de Q. humboldtii*, 1-32.
- Alonso, J. (2011). Los Sistemas Silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Cubana de Ciencia Agrícola*, 45.
- Alveiro Salamanca, J., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetalera de Colombia. *Cenicafe*, 56(4), 381-397. Recuperado el 25 de Octubre de 2018
- Arrigo, N., Jiménez, M., Diana, E., & Defrieri, R. (6 de febrero de 2001). CARBONO DE RESPIRACIÓN DE UN SUELO FORESTAL Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LA HOJARASCA. *Agricultura técnica*, 62(2). Recuperado el 22 de octubre de octubre 2018, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000200015
- Auquila, R. A. (2005). Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* .
- Barrera Viva de Madero Negro. (S.F). *PASOLAC*.
- Blandon, S. &. (agosto de 20012). Caracterización de las especies arbóreas presentes en el bosque seco tropical en el norte de Nicaragua del Paisaje Terrestre Miraflor-Moropotente. Estelí.
- Braun, A., Van Dijk, S., & Grulke, M. (2016). *Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del sur*. Banco Interamericano de Desarrollo, . Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7928/Incremento-de-los-Sistemas-Silvopastoriles-en-America-del-Sur.PDF?sequence=4&isAllowed=y>
- Bronstein, G. E. (1984). Producción comparada de una pastura *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

- Bronstein, G. E. (1984). *Producción comparada de una pastura Cynodon plectostachyus asociada con árboles de Cordia alliodora, Erythrina poeppigiana y sin árboles*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical para la Investigación y la Enseñanza, CATIE. Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/54>
- Budowski, G. (1993). The scope and potential of agroforestry in Central America. *Agroforestry Systems*(23), 121-131.
- Cajas, Y., Carvajal, C., Barragan, W., & Portillo, D. (2014). *MODELOS SILVOPASTORILES PARA EL SUR DEL ATLÁNTICO. CORPOICA*.
- Cajas-Giron, Y., & Sinclair, F. (2001). Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry. *Agroforestry Systems*, 215-225.
- Casasola, F. (2000). Productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Esteli, Nicaragua. Turrialba , Costa Rica: CATIE.
- Casco López, J. L., & Guevara Casco, O. R. (2017). *Caracterización de suelo en ocho fincas ganaderas de mirafior bajo sistemas silvopastoriles y manejo de pasturas*. Estelí, Nicaragua.
- Cerda, A., Bodi, M., Lasanta, T., Mataix Solera, J., & Doerr, S. (2014). *Infiltración, estabilidad de agregados y erosión de suelos afectados por incendios forestales*. Universidad de Valencia, Valencia. Recuperado el 27 de Octubre de 2018
- Cerezo, V. (2017). “*Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa en los pastos Piata y Marandú (Brachiaria brizantha) en la zona de Babahoyo*”.
- Cerezo, V. A. (2017). “Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa en los pastos Piata y Marandú (Brachiaria brizantha) en la zona de Babahoyo”.
- Cerrud, R. (2002). Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el distrito de Bugaba, Panama. *CATIE*, 95.
- COAG, C. d. (2007). Conciliar la ganadería con el medio ambiente. (FAO, Ed.) *Enfoques*, 4, 1-12.
- Codazzi, A. (2003). Estudio general de suelos y zonificación de tierras Departamento de Santander. *WorldCat.org*.

- Conrado Palma, C. A. (Abril de 2015). “Comportamiento agronómico y valor nutricional del pasto mombasa (*panicum maximun cv.*) con abonos orgánicos en diferentes estados de madurez en el campo experimental la playita utc – la maná”. Ecuador.
- Crespo, G. (2001). Manejo sostenible de la fertilidad del suelo en los sistemas ganaderos. *I Foro Iberoamericano de Pastos y XLI Reunión Científica de la Sociedad Española de Estudio de los Pastos.*, (pág. 645). Alicante.
- Crespo, G. (2001). Manejo sostenible de la fertilidad del suelo en los sistemas ganaderos. *I Foro Iberoamericano de Pastos y XLI Reunión Científica de la Sociedad Española de Estudio de los Pastos.*, (pág. 645). Alicante.
- Danilo Pezo, M. I. (1999). *Sistemas Silvopastoriles* (Vol. 2). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). *Medición de la infiltración del agua en el suelo*. Universidad Mayor de San Simón. Recuperado el 28 de Octubre de 2018
- Espinoza, A. (2014). *Indicadores de Suelo- Biologicos* . Nicaragua.
- Esquivel, H., Ibrahim, M., Harvey, C., Villanueva, C., Benjamin, T., & Sinclair, F. (2003). Árboles dispersos en potreros de finca ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 24-29.
- FAO. (Guatemala de 2004). INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MANUAL DE CAMPO MODELO.
- FAO. (2012). Crisis Alimentaria en el corredor seco de nicaragua. *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*.
- FAO. (S.F). GANADERÍA TROPICAL.
- FAO. (S.F). GANADERÍA TROPICAL.
- Fassola, H., Lacorte, S., Pachas, N., & Pezzutti, R. (2006). Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de *Pinus taeda L.* sobre la acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. *Revista Argentina de Producción de Animal*.
- Ferrere, P., Lupi, A. M., & Boca, R. T. (s.f.). Estimación de la biomasa aérea en árboles y rodales de *Eucalyptus viminalis* Labill. *Quebracho*, 22(1,2), 100-113.
- FIDEG. (16 de Noviembre de 2009). Bosques en peligro de extencion. *Fundacion Internacional para el Desafio Economico Global*.

- Fischer, M., Rao, I., Ayarza, M., Lascano, C., Saenz, J., Thomas, J., & Vara, R. (1994). Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American Sabannas. *Nature*, 236-238.
- Galarza, G., Carrera, J., Alfageme, H., & Andrés, M. (2001). Simulación de los procesos de infiltración en zonas áridas y semiáridas. Aplicación al diseño de la cobertera de la FUA. *Boletín Geológico y Minero*, 112, 37-50. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de http://www.igme.es/boletin/2001/112_esp_1-2001/2-SIMULACION.pdf
- García-Barrios, L., & Ong, C. (2004). Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 221-236.
- González M, I. M., & Gallardo, J. F. (1982). *El efecto hojarasca: Una revisión*. Madrid: Anales de edafología y agrobiología. Recuperado el 21 de octubre de 2018, de http://digital.csic.es/bitstream/10261/57227/3/efecto_hojarasca_Gutierrez.pdf
- Hansen N, F. M. (2009). Componentes de los sistemas silvopastoriles en bosques de ñire. *INTA*.
- Harvey, C., & Haber, W. (1999). Remnant trees and conservation of biodiversity in Costa Rica. *Ecological*, 155-173.
- Harvey, C., & Haber, W. (1999). Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*, 44, 37-68.
- Hernandez, M., & Guenni, O. (2008). *Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (Samanea saman (Jacq) Merr)* (Vol. 26). Venezuela. Recuperado el 21 de Octubre de 2018
- Hernández, M., Sánchez, S., & Guelmes, L. (2008). Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *SCIELO*.
- Holman, F., Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., & Oviedo, E. y. (1992). Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximacion. 79-89.
- Ibrahim, M., Villanueva , C., & Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 15. Recuperado el 23 de octubre de 2018

- Joya, M., López, M., Gómez, R., & Harvey, C. (2004). *Conocimiento local sobre el uso y manejo de los árboles en las fincas ganaderas del municipio de Belén, Rivas*. Rivas, Nicaragua. Recuperado el 21 de octubre de 2018
- Labrador Moreno, J., Guiberteau Cabanillas, A., Lopez Benitez, L., & Reyes Pablos, J. L. (1996). La materia organica en los sistemas agricolas. Manejo y utilización. *Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*(3-93). Recuperado el 25 de octubre de 2018, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf
- Lara, L. (Noviembre de 2007). ¿Cómo medir la sombra de un cafetal? *EXPORTADORA ATLANTIC, S.A.*
- Linares Arias , J. (2006). *Evaluacion de algunas propiedades del suelo como indicadoras de sostenibilidad para pastoreo rotacional en silvopastoreo en un endoacuept del valle medio del rio Sinu Colombia*. Univerisdad de Colombia y Univeridad de Cordoba . pdfMachine. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co/718/1/juancarloslinaresarias.2006.pdf>
- López Hernández, J. M., González Rodríguez, H., Ramírez Lozano, R. G., Cantú Silva, I., Gómez Meza, M. V., Pando Moreno, M., & Estrada Castellón, A. E. (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*.
- López Merchan, R. (2017). *Valoración del carbono en la necromasa y suelo del bosque protector Aguarongo, Provincia del Azuay, Ecuador*. Trabajo In. Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 31 de Octubre de 2018, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14329/1/UPS-CT007037.pdf>
- López, R. (2000). Modelo alternativo de Producción-conservación en equilibrio para el área protegida de Mirafior del municipio de Estelí, Nicaragua. *PROARCA*.
- Magfor. (2014). produccion de leche en Nicaragua 2013-2014.
- Martinez Gonzales , F., Sosa Pérez, F., & Ortiz Medel, J. (octubre-diciembre de 2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. *Scielo, 1*(4). Recuperado el 18 de octubre de 2018, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v1n4/v1n4a5.pdf>

- Martínez, J. (2003). Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del Río Bulbul en Matiguás, Nicaragua. *CATIE*, 158.
- Muñoz, D. (2004). Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades e Costa Rica. *CATIE*, 206.
- Ochoa, D. (2011). Analisis del grado de cumplimiento y estimacion de costos.
- Oliva, M., Culqui Mirano, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., & Maicelo Quintana, J. L. (Diciembre de 2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patulay* herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149-157. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/3576/357651874007/>
- Ospina, A. (Marzo de 2012). Aproximación al estudio y manejo de los árboles en pasturas en America Tropical. *Agroforesteria Ecologica*.
- Otarola, A. (enero-marzo de 1995). Cercas vivas de madero negro: Práctica agroforestal para sitios con estación seca marcada. *Agroforesteria en la Americas*.
- Otarola, A. (Enero-Marzo de 1995). Cercas vivas de madero negro: Práctica agroforestal para sitios con estación seca marcada. *Agroforesteria en las Americas*, 2(6), 24-30. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7555>
- Peralta, J., & Calero, P. (Junio de 2016). *Caracterización de tres diferentes sistemas silvopastoriles en comunidades Santa Teresa, Potrerillo, Los Cerritos del municipio de Condega*. Esteli, Nicaragua.
- Pérego, J. L. (2002). Sistemas sivopastoriles en el centro sur de la provincia de Corrientes. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-7. Recuperado el 23 de octubre de 2018, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/30-silvopastoril_en_centro_sur_corrientes.pdf
- Pérez, M. (s.f.). *La ganadería en el trópico*.
- Pezo, D., & Ibrahim, M. (1998). Sistemas silvopastoriles. *CATIE*, 2, 275.
- PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL ROBLE (*Quercus humboldtii* Bonpl.) EN LA JURISDICCIÓN CAR CUNDINAMARCA. (2016). *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*, 41.

- Raintree, J., & Warner, K. (1986). Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. *Agroforestry System* , 39-54.
- Ramírez, M. N., Rueda, P. M., Ferguson, B. G., & Jiménez, F. G. (2012). Caracterización del sistema agrosilvopastoril en la Depresión Central de Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 7-22. Recuperado el 17 de octubre de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/837/83723532001/>
- Restrepo Sáenz, C. (2002). *Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, cañas, Costa Rica* . tesis , centro agronómico tropical de investigación y enseñanza , Turrialba. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3814/Relaciones_entre_la_cobertura_arborea_en_potreros.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ríos, N., Cárdenas , A., Andrade, H., Muhammad, I., Jimenez , F., Sancho, F., . . . Woo, A. (2006). Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 69-70. Recuperado el 18 de octubre de 2018, de <http://www.sidalc.net/repdoc/A6009E/A6009E.PDF>
- Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, J., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., . . . Woo, A. (2006). Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45, 69-70. Recuperado el 18 de octubre de 2018, de <http://www.sidalc.net/repdoc/A6009E/A6009E.PDF>
- Rubio Camacho, E., González Tagle, M., Benavides Solorio, J., Chávez Durán , Á., & Xelhuantzi Carmona, J. (2016). Relación entre necromasa, composición de especies leñosas y posibles implicaciones del cambio climático en bosques templados. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(13), 2601-2614. Recuperado el 29 de Octubre de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263144472013.pdf>
- Rubio Gutiérrez , A. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales*. Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de

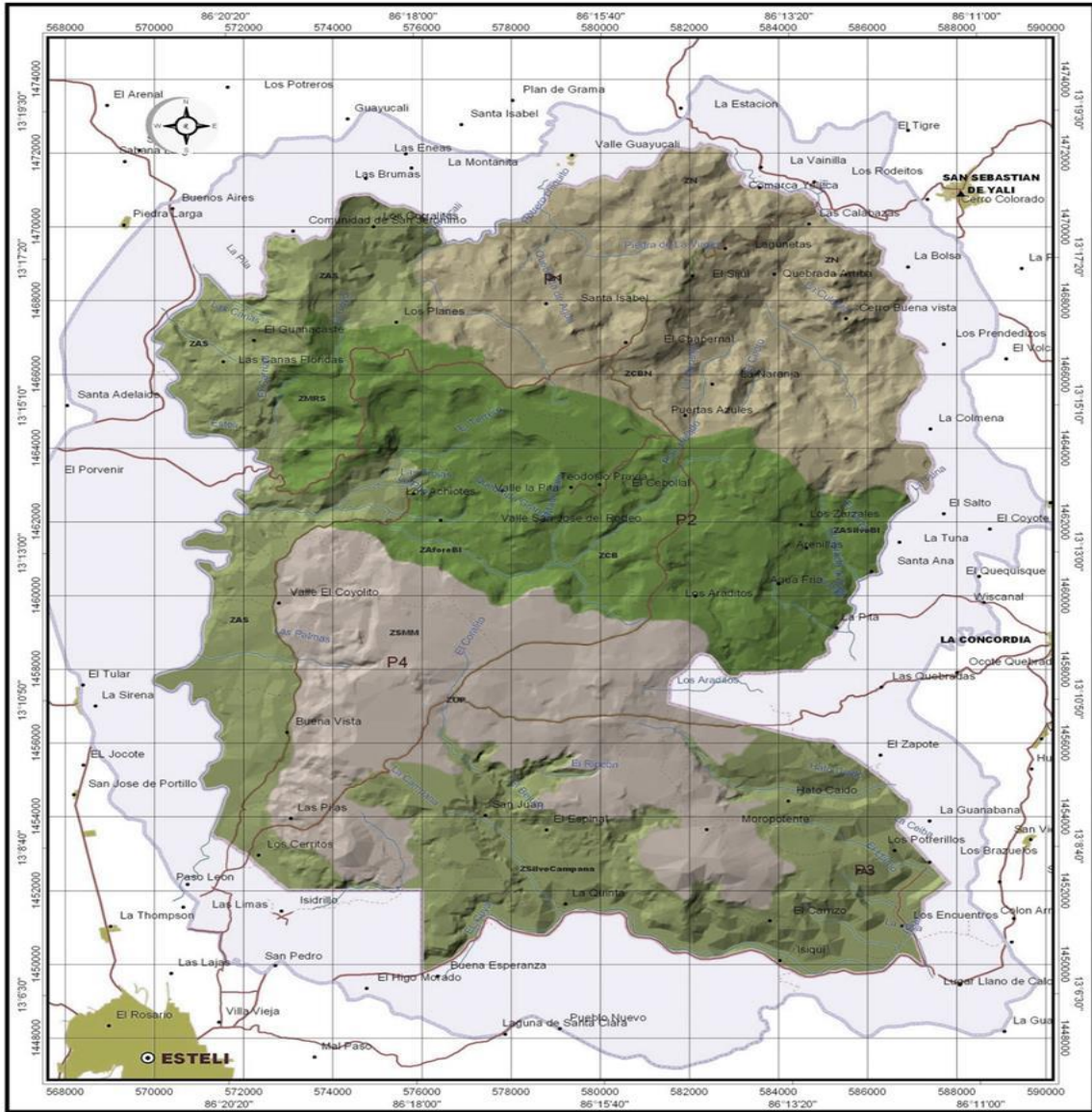
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2011). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, 1-7.
- Sánchez Rodríguez, F. D. (2016). *Evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats en la península de Osa, Costa Rica*. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal, UNIVERSIDAD NACIONAL FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES, Heredia. Recuperado el 21 de octubre de 2018, de http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13491/Tesis_Dami%C3%A1n_Felipe_S%C3%A1nchez_Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2000). *Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos. Muestreo de masa forestal*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_destructivo.pdf
- Serrano, J. (2017). Diseño De Sistemas Silvopastoriles . *PROSEGAN*.
- Simón, L., Hernández, M., Reyes, F., & Sánchez, S. (2005). *Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes*. (Vol. 28). Matanzas, Cuba: Pastos y Forrajes.
- Souza, M., Ibrahim, M., Harvey, C., & Jiménez, F. (2000). Souza de Abreu, M; Ibrahim, M; Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7(26), 53-56.
- Stern, Eduardo; Nicolayevsky, Andrei. (s.f.). Manual de actualización técnica. México.
- Villacís, J., Harvey, C., Ibrahim, M., & Villanueva, C. (2003). Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 17-23.

- Villanueva, C. (2001). Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del río virilla, San Jose Costa Rica. *CATIE*, 107.
- Zamora, S., J. G., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C., & Ibrahim, M. (2001). Agroforestería en las Américas . 31-38.
- Zapata Sierra, A., & Manzano Aguglario, F. (2008). Influencia de seis especies arbóreas en la infiltración de agua en el suelo. *Agrociencia*, 42(7). Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700010
- ZAPATA, A. M. (2010). Reconversion ganadera y sistemas silvopastoriles en el rama tropico humedo de NICARAGUA. *PADESAF*.
- Zuluaga, A., Zapata, A., Uribe, F., Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J., . . . Valencia, L. (2011). Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles. *FEDEGAN*.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Paisaje Protegido Miraflores – Moropotente



LEYENDA:		Codificación		Area (Ha)
		PA		9,318.3398
		PD		7,816.1483
		PM		6,663.4662
		PS		6,402.6564
		PA		17,415.7911
TOTAL				46,796.6069

UBICACION:	

PLAN DE MANEJO DEL AREA PROTEGIDA MIRAFLORES - MOROPOTENTE MARENA / POSAF II	
MAPA DE PAISAJES	
Escala 1: 95,000	
Fuente: Instituto Geográfico de Estudios Territoriales (IGETE) Imágenes Satelitales 1:50,000 (1987) Modificación de Tachón con Spatial Analyst de ArcInfo 9.1	
Algunas Mapas y Cartas de las Asociaciones Centro River (2002)	
Moropotente, Julio 2004	

Anexo 2. Hoja de campo para toma de datos de árboles

Nombre del productor: _____

Parcela: _____

Diámetro a la altura del pecho			Sombra de los árboles		Cobertura del árbol		
Nombre del árbol	Diámetro	Altura	Punto	Radiación Fotosintéticamente Activa de la parcela	Punto	No. cuadrículas cubiertas	% C
			1		1		
			2		2		
			3		3		
			4		4		
			5		Promedio		
			Cielo				
			abierto				

Anexo 3. Hoja de campo para toma de datos diámetro de copa

Área de la parcela (ap)		m2										
#	Nombre árbol	n	d1	d2	d3	d4	d (prom)	o	a	ao	b	%COBERTURA
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
% COBERTURA VEGETAL AEREA												

Anexo 4. Hoja de campo para toma de datos de humedad de suelo

PROGRAMA AGRICULTURA, SUELO Y AGUA (ASA)					Vol. Cilin: $3.1416 \cdot r^2 \cdot h$		Datos para Humedad y Densidad Aparente									1. % Humedad Gravimetrica (%HG)				2. Densidad Aparente									
STA DE PRODUCTORES PARCELAS CON 14 INDICADORES					Tara o Peso Cilindro (gr)	Vol. Cilindro (cm ³)	Peso Suelo Humedo (PSH), en gr			Peso Suelo Seco (PSS), en gr						%HG				Da (gr/cm ³)									
No.	Nombre completo	Comunidad	Tipo de Parcela	Fecha			PSH+Tara			PSS+Tara			PSS-Tara			%HG				Da (gr/cm ³)									
							1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	%HG Prom.	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	Da Prom.						
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													

Anexo 5. Hoja de campo para recolección de datos de infiltración de agua

Nombre:									
Comunidad:									
Municipio:									
Departamento:									
Fecha:									
ASA O Testigo									
Lectura	Tiempo					Volumen de agua ml	Nivel del agua cm	Infiltración mm	Tasa de infiltración mm/hr
	Min	Seg	Min	Acumulado min	Hora				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Tasa de infiltración promedio mm/hr									

Anexo 6. Instrumento para tomar datos de infiltración (infiltrómetro doble anillo)



A la izquierda infiltrómetro doble anillo y a la derecha infiltrómetro de un anillo

Anexo 7. Toma de datos de las variables del estudio



Toma de la variable diámetro de copa (m)



Toma de la variable necromasa (Mg/ha)



Toma de muestra de la variable hojarasca (Kg/ha)



Toma de rendimiento de pasto (Ton/ha)



Toma de muestra de la variable de humedad (%) y densidad aparente (g/cm^3)



Toma de la variable de infiltración (mm/h)

Anexo 8. Hoja de campo de datos de parcela para hojarasca y necromasa

Nombre del productor: _____

Parcela: Estudio

Hojarasca		Necromasa		
Punto	Hojarasca (gr)	Parte	Punto	Necromasa (gr)
1		Alta	1	
2			2	
3			3	
4		Media	1	
			2	
			3	
		Baja	1	
			2	
			3	

Parcela: Referencia

Hojarasca		Necromasa		
Punto	Hojarasca (gr)	Parte	Punto	Necromasa (gr)
1		Alta	1	
2			2	
3			3	
4		Media	1	
			2	
			3	
		Baja	1	
			2	
			3	

Anexo 9. Hoja de campo para toma de datos de biomasa del pasto

No.	Nombre completo	Comunidad	Fecha de muestreo	PARCELA ASA										PARCELA TESTIGO										
				Datos de Biomasa de pasto										Datos peso de Biomasa de Rastrojo (Ton/Ha), 75 °C durante 24 horas. * Muestra húmeda va al horno de secado										
				Peso Húmedo (kg) en 0.5 m ² biomasa fresca					Peso Seco (gramos) muestra sacada del horno biomasa seca					Peso Húmedo (kg) en 0.5 m ² biomasa fresca					Peso Seco (gramos) muestra sacada del horno biomasa seca					
				1. Parte Alta	2. Parte Alta	3. Parte Media	4. Parte Baja	5. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Alta	3. Parte Media	4. Parte Baja	5. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Alta	3. Parte Media	4. Parte Baja	5. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Alta	3. Parte Media	4. Parte Baja	5. Parte Baja	
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								

Anexo 10. Especies y número de individuos encontrados en las parcelas de estudio

Nombre común	Nombre científico	no Individuo	árboles dispersos	cercas vivas	ASA	Testigo
	<i>Alvaradoa</i>					
caratillo	<i>amorphides</i>	2	0	2	2	0
carbón	<i>Acacia pennatula</i>	19	19	0	17	2
chilamate	<i>Ficus insipida</i>	2	2	0	2	0
	<i>Platymiscium</i>					
coyote	<i>pinnatum</i>	1	0	1	1	0
	<i>Luehea</i>					
guasimo	<i>seemannii</i>	1	0	1	1	0
guayaba	<i>Psidium guajava</i>	1	1	0	0	1
	<i>Bursera</i>					
jiñocuabo	<i>simaruba L.</i>	1	1	0	1	0
laurel	<i>Cordia alliodora</i>	2	1	1	1	1
	<i>Siparuna</i>					
limonsillo	<i>gesnerioides</i>	2	0	2	2	0
madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	51	0	51	17	34
	<i>Hampea</i>					
majague	<i>platanifolia</i>	4	4	0	4	0
matapalo	<i>Clusia rosea</i>	5	2	3	5	0
	<i>Karwinskia</i>					
miliguisti	<i>calderonii</i>	1	1	0	1	0
roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	6	0	0	6

Anexo 11. Análisis de la Varianza para la variable Diámetro a la altura del pecho (cm) por comunidad

N	R ²	R ² Aj	CV
10	0.48	0.22	52.51

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2004.21	3	668.07	1.85	0.2394
Comunidad	2004.21	3	668.07	1.85	0.2394
Error	2170.72	6	361.79		
Total	4174.93	9			

Anexo 12. Resumen de las medias y Prueba de Kruskal Wallis para la variable porcentaje de cobertura

N	Media	D.E.	Mín	Máx
22	4.75	5.44	0.06	18.89

Comunidad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
El cebollal	6	9.06	4.87	10.81	5.40	0.1201
El Coyolito	2	2.54	3.59	2.54		
El Robledal	2	11.62	15.53	11.62		
La Pita	2	32.45	19.17	32.45		

Anexo 13. Análisis de la varianza para la variable Diámetro de copa entre comunidades

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de Copa promedio (m)	22	0.36	0.25	35.17

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97.37	3	32.46	3.35	0.0422
Comunidad	97.37	3	32.46	3.35	0.0422

Error	174.38	18	9.69
Total	271.75	21	

Anexo 14. Prueba de Kruskal Wallis de la variable densidad aparente (g/cm³) por comunidad

Comunidad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
El Cebollal	36	1.02	0.35	0.88	29.27	<0.0001
El Coyolito	12	1.51	0.10	1.52		
El Robledal	12	0.73	0.11	0.68		
La Pita	12	0.88	0.11	0.88		

Anexo 15. Medidas de la variable infiltración (mm/h)

Por tipo de comunidad

Comunidad	n	Media	D.E.	Mín	Máx
El Cebollal	24	724.66	649.60	35.79	1866.88
El Coyolito	8	429.35	501.58	39.84	1341.35
El Robledal	12	490.08	498.07	97.72	1891.60
La Pita	11	119.31	121.18	20.88	424.35

Por tipo de parcela

Parcela	Época	n	Media	D.E.	Mín	Máx
ASA	Verano	14	806.13	707.26	71.77	1866.88
	Invierno	12	839.62	613.51	121.53	1891.60
Testigo	Verano	11	332.40	312.92	20.88	813.52
	Invierno	18	166.80	181.97	27.46	704.58

Anexo 16. Prueba de Kruskal Wallis para la variable humedad gravimétrica (%) por comunidad

Comunidad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
El Cebollal 1	40	44.06	18.67	38.12	25.31	<0.0001
El Cebollal 2	30	46.12	18.16	43.70		

El Coyolito	10	14.96	1.34	14.64
El Robledal	30	36.52	19.60	39.75
La Pita	30	32.24	27.74	20.46

Anexo 17. Prueba de Kruskal Wallis para la variable de hojarasca (kg/ha) por comunidad

Comunidad	N	Medias	D.E.	H	p
Cebollal 1	96	0.08	0.08	29.47	<0.0001
El Cebollal 2	48	0.05	0.03		
El Coyolito	24	0.01	0.02		
El Robledal	48	0.15	0.22		
La Pita	48	0.08	0.05		

Anexo 18. Prueba de Kruskal Wallis para la variable hojarasca (kg/ha) por comunidad

Comunidad	Medias	Ranks	Grupo estadístico	Medias		Grupo estadístico
				Verano	Invierno	
El Coyolito	s/d	s/d	-	0.01	42.33	a
El Cebollal 2	0.07	66.25	a	0.04	94.96	b
Cebollal 1	0.09	72.93	a	0.06	78.19	b
La Pita	0.12	97.35	b	0.04	85.71	b
El Robledal	0.28	104.04	b	0.02	55.63	a

s/d: sin datos

Anexo 19. Prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento de pasto (Ton/ha) por comunidad

Comunidad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
El Cebollal 1	24	35.30	22.81	33.89	2.85	0.5829
El Cebollal 2	12	74.52	78.09	36.80		
El Coyolito	12	55.31	42.23	36.25		
El Robledal	12	51.78	39.78	44.11		

La Pita	12	36.49	30.39	31.44
---------	----	-------	-------	-------

Anexo 20. Prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento de forraje (Ton/ha) por tipo de pasto

Tipo pasto	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
grama	30	32.67	49.76	17.45	21.54	0.0001
jaragua	6	37.81	11.99	36.25		
marandú	18	65.93	39.09	55.57		
mombaza	18	59.48	39.55	44.42		

Anexo 21 Prueba de Wilcoxon para muestras independientes de la variable rendimiento de pasto Tn/ha por sistema

		Grupo 1: árboles dispersos			Grupo 2: cercas vivas		
n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
48	24	49.22	45.90	48.13	37.24	872.00	0.9619