



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

**Evaluación de servicios ecosistémicos en diferentes diseños de potreros
en Belén, Rivas, Nicaragua**

Por

Cipriano Rivera Wilson

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de:

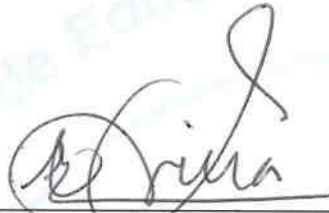
Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2013

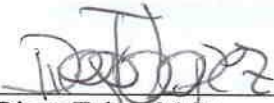
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL

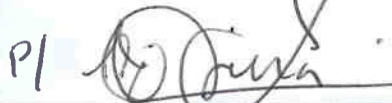
FIRMANTES:



Cristóbal Villanueva, M.Sc.
Director de tesis



Diego Tobar, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

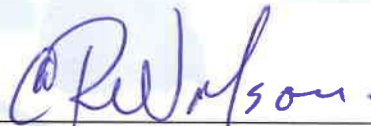


Carlos Cerdán, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Dalia Sánchez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Thomas Dormody, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado



Cipriano Rivera Wilson
Candidato

DEDICATORIA

Al señor todo poderoso el cual ha sido el principal guía en esta travesía, a mi amada esposa Thelma Gaitán quien me ha dado todo su apoyo con tanto sacrificio, ha mis mas preciados tesoros, mis 3 hijos; Daniel, Fátima, Hellen quienes me han inspirado en seguir adelante en esta etapa de la vida, a mis queridos padres que en paz descansen, se que estarían muy felices por este logro y a mi única hermana Elena.

A todos aquellos que me ayudaron y me impulsaron a dar un paso más, ellos tuvieron fe en mí, me brindaron su apoyo y su comprensión de manera incondicional, GRACIAS.

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento a Cristóbal Villanueva que fungió como director de mi tesis por su paciencia, entrega y apoyo de manera desinteresada durante la realización del presente trabajo.

A Diego Tobar que me brindo su mas sincero apoyo y se lleno de paciencia para ayudarme

A Fabrice Declerck y al proyecto FunciTree por darme la oportunidad de poder aportar y trabajar junto a todo el equipo del proyecto.

A Carlos Cerdán por su valiosa orientación y grandes aportes para el desarrollo de la investigación.

A mi gran amigo Julián, parcerero del alma, incondicional por ayudarme como a un hermano, tu apoyo no tiene valor. A mis compañeros del curso de Agroforestería que siempre me alentaron en horas difíciles de trabajo

No puedo dejar de mencionar a los que me aconsejaron y que trabajamos juntos mucho tiempo en investigación, Bruno Rapidel, Jaques Avelino Oliver Rroupsart. A Fernando Casanoves, Sergio Vílchez, por su apoyo en metodologías y análisis estadísticos.

Al CATIE principalmente por darme la oportunidad de estudiar y ser un agroforestal mas para la sociedad Nicaragiense.

A los productores ganaderos de las comunidades de Mata de Caña y Cantimplora, de Belén, Rivas, Nicaragua, por su apoyo desinteresado y paciencia durante la realización del trabajo de campo.

BIOGRAFIA

El autor de esta tesis nació en la RAAN-NICARAGUA el 23 de Diciembre de 1959. En el año 1987 Se graduó como Ingeniero Zootecnista en la Academia de veterinaria de la ciudad de Járkov- Ucrania, desde esa fecha se ha desempeñado en el campo agropecuario con diferentes empresas a lo interno del país ejerciendo diferentes cargos. Durante los años 2008 – 2010, trabajo como asistente de investigación en CATIE con el organismo internacional del Cirad-Francia. Durante los años 2011-2012 realizó su maestría en Agroforestería Tropical en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, Costa Rica.

Contenido

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
BIOGRAFIA.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	X
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
4 MARCO CONCEPTUAL.....	5
4.1 Sistemas silvopastoriles.....	5
4.2 Árboles dispersos en potreros.....	6
4.3 Cercas vivas.....	7
4.4 Caracterización de potreros.....	7
4.5 Composición.....	7
4.6 Estructura a nivel de potreros.....	8
4.7 Provisión de servicios ecosistémicos con los sistemas silvopastoriles.....	8
4.7.1 Conservación de la biodiversidad.....	8
4.7.2 Almacenamiento de carbono.....	9
4.7.3 Nutrición bovina.....	11
4.7.4 Sombra para pasto.....	15
4.7.5 Resiliencia a la época seca.....	17
5 MATERIALES Y METODOS.....	18
5.1 Área de estudio.....	18
5.2 Metodología.....	19
5.2.1 Selección de potreros.....	19

5.3	Análisis de datos.....	21
5.3.1	Diseño de potreros.....	21
5.3.2	Grupos funcionales.....	21
5.3.3	Determinación de los servicios Ecosistémicos.....	21
6	RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
6.1	Descripción de los arreglos espaciales de los árboles en potreros y cercas vivas.....	27
6.2	Diseño de potreros según arreglo espacial de árboles dispersos.....	29
6.3	Agrupaciones de las cercas vivas.....	30
6.4	Relación de los grupos de potreros con los rasgos funcionales.....	32
6.5	Grupos funcionales de leñosas perennes presentes en las pasturas activas.....	33
6.6	Valoración de servicios ecosistémicos en árboles dispersos en potreros.....	37
6.6.1	Conservación de la biodiversidad.....	37
6.6.2	Carbono.....	38
6.6.3	Nutrición bovina.....	39
6.6.4	Sombra para pasto.....	40
6.6.5	Resiliencia a la época seca.....	41
6.7	Valoración de servicios ecosistémicos en cercas vivas.....	43
6.7.1	Conservación de la Biodiversidad.....	43
6.7.2	Carbono.....	43
6.5.4	Sombra para pasto.....	44
6.5.5	Resiliencia a la época seca.....	44
6.8	Índices globales.....	45
7	CONCLUSIONES.....	47
8	RECOMENDACIONES.....	49
9	BIBLIOGRAFIA.....	50
10	ANEXOS.....	59
	Anexo 1. Rasgos nutricionales de 23 especies leñosas.....	59

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) tiene potencial para mejorar el desempeño de los sistemas ganaderos y al mismo tiempo, generan potencialmente servicios ecosistemicos (SE). Este desempeño y generación de SE dependerá del diseño de estos SSP (composición, cobertura arbórea, densidad). El objetivo general del presente trabajo fue, evaluar SE en distintos arreglos de potreros, bajo el esquema de diversidad funcional arbórea en la zona de Belén, Rivas, Nicaragua. Este estudio contribuye a generar conocimientos de los diferentes arreglos de potreros y su relación con los SE que proveen las especies multifuncionales para que los productores puedan establecer sus propios arreglos con la diversificación de especies multifuncionales dentro de sus fincas, aumentar la productividad y así lograr una mayor disponibilidad de forraje en las épocas críticas de la estación seca, y la diversificación de productos en la finca; leña, frutos, madera, sombra, entre otros.

Con base en la base de datos de FUNCiTree y SILPAS de inventario de árboles en la región, se tomaron en cuenta la composición, riqueza, abundancia y las variables dasométricas de leñosas perennes para valorar cinco SE, en tres tipos de arreglos espaciales de árboles dispersos en potreros (agrupados, dispersos y cercas vivas). Los resultados reflejaron que los potreros con baja diversidad de especies y abundancia de individuos fueron las encontradas en los arreglos agrupados y dispersos, estos aprovisionaron menor cantidad de SE. Sin embargo, contribuyeron a la productividad de pasto por disponer de copas livianas que favorecen la filtración de la luz solar. Los potreros ubicados en las cercas vivas presentaron especies proveedoras de fruto, forraje y sombra para pasto lo cual mejoró la provisión de SE. Además, el manejo y la selección de las especies son ideales en potreros para mantener la productividad de las pasturas.

Además se evidenció que las especies arbóreas encontradas en cercas vivas, tienen potencial para complementar la alimentación del ganado durante la época seca, sin embargo estos recursos no son utilizados por los productores. Los SE que más se presentaron en los tres tipos de arreglos fueron; 1) conservación de la biodiversidad, (con pequeños remanentes de bosque en los potreros). 2) nutrición bovina y 3) la resiliencia a la época seca, donde están presentes especies arbóreas proveedoras de frutos y forrajes. De igual manera los índices globales de este trabajo indicaron que, la mayoría de los grupos de potreros y sus arreglos en los potreros presentaron más de dos SE, tanto en arboles dispersos como en cercas vivas.

ABSTRACT

The silvopastoral systems (SPS) improve the performance of livestock systems and at the same time potentially generate ecosystem services (ES). This generation performance and SE depend upon the design of these SPS (composition, canopy cover, density). The overall objective of this study was to evaluate ES in different paddocks arrangements under the tree functional diversity scheme in the Bethlehem area, Rivas, Nicaragua. This study contributes to generate knowledge of the different arrangements of pasture and its relationship with the ES that provide multifunctional species that producers can set their own arrangements with multifunctional species diversification on their farms, increase productivity and thus achieve greater availability of forage in critical periods of the dry season, and the diversification of farm products, firewood, fruits, wood, shade, among others.

Based on FUNCiTree and SILPAS database inventory of trees in the region, we took into account the composition, richness, abundance and woody perennial dasométricas variables to assess five ES, in three types of spatial arrangements of dispersed trees in pastures (grouped, scattered and live fences). The results showed that pastures with low species diversity and abundance of individuals were found in clustered and dispersed arrangements, these provisioned lesser amount of ES. However, contributed to pasture productivity by having lightweight cups filtration favoring sunlight. The paddocks located in the live fences presented species providing fruit, fodder and shade for grazing, which improved the provision of ES. In addition, management and species selection are ideal for paddocks to maintain pasture productivity.

On the other hand it was shown that tree species found in live fences, have the potential to supplement livestock feed during the dry season, however these resources are not used by growers. The ES frequently most mentioned in response types of arrangements were, 1) Conservation of biodiversity, with small forest remnants in paddocks, 2) bovine nutrition and 3) resilience to the dry season, where tree species are present providers of fruits and fodder. Similarly global indices of this study indicated that most of the groups and jiggers arrangements presented over two ES, both scattered trees as living fences.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Diferentes usos de suelo en Rivas, Nicaragua.....	18
Cuadro 2.	Distribución de potreros seleccionados en fincas de la zona de Belén, Rivas, Nicaragua.....	20
Cuadro 3.	Servicios ecosistémicos evaluados en los potreros, parámetros y rangos de evaluación.....	22
Cuadro 4.	Especies arbóreas y rasgo nutricional encontradas en potreros de Belén, Rivas.....	24
Cuadro 5.	Especies más comunes en orden de abundancia relativa, número de individuos, frecuencia y usos encontradas en potreros con árboles dispersos.....	27
Cuadro 6.	Especies más comunes en orden de abundancia relativa y frecuencia encontradas en potreros con cercas vivas.....	28
Cuadro 7.	Diversidad, estructura y arreglo espacial de los árboles dispersos en potreros en Rivas, Nicaragua.....	30
Cuadro 8.	Diversidad, estructura y arreglo espacial de los árboles en las cercas vivas en Rivas, Nicaragua.....	31
Cuadro 9.	Relación de los grupos de potreros con las variables dasométricas.....	33
Cuadro 10.	Características de los rasgos funcionales por los tipos funcionales de plantas (TFP).....	35
Cuadro 11.	Grupos e índices de conservación de la biodiversidad en árboles dispersos.....	38
Cuadro 12.	Grupos e índices de carbono en arboles dispersos.....	38
Cuadro 13.	Grupos e índices de nutrición bovina en árboles dispersos.....	39
Cuadro 14.	Grupos e índices de sombra para pasto con árboles dispersos en potreros.....	40
Cuadro 15.	Grupos e índices de resiliencia a la época seca en árboles dispersos.....	41
Cuadro 16.	Índices de los distintos servicios ecosistémicos en cercas vivas y compuestas.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Rol productivo y ecológico de las cercas vivas y árboles en paisajes agrícolas.....	6
Figura 2.	Producción promedio de fruta fresca (kg/árbol) por semana.....	13
Figura 3.	Matriz de rasgos nutricionales de especies arbóreas en potreros.....	15
Figura 4.	Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	19
Figura 5.	Relación entre porcentaje de sombra en potreros sobre el índice de sombra para pasto.....	28
Figura 6.	Agrupaciones de potreros basados en arreglos para árboles dispersos.....	29
Figura 7.	Agrupaciones de potreros basados en arreglos de árboles en cercas vivas.....	31
Figura 8.	Agrupaciones de tipos funcionales de plantas formadas con características morfométricas.....	34
Figura 9.	Descripción de asociaciones de TFP basados en características morfométricas.....	35
Figura 10.	Índices generados por los servicios ecosistémicos en árboles dispersos.....	45
Figura 11.	Índices generados por los servicios ecosistémicos en cercas vivas.....	45
Figura 12.	Índices globales generados por los servicios ecosistémicos en árboles dispersos y cercas vivas.....	46

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

AC:	Altura de Copa
ANDEVA:	Análisis de Varianza
CATIE:	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CP:	Componente Principal
CV:	Cerca Viva
A1:	Área de copa del Árbol 1
A2:	Diámetro de copa del Árbol 2
MS:	Materia Seca
DIVMS:	Digestibilidad In vitro de Materia Seca
DAP:	Diámetro a la Altura del Pecho
EN:	Energía Neta
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FUNCITree:	Functional Diversity: An ecological framework for sustainable and adaptable Agroforestry system in landscape of Semi arid and arid ecoregions
FC:	Fibra Cruda
FDA:	Fibra Detergente Acida
FDN:	Fibra Detergente Neutra
INIFOM:	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
IPCC:	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
INEC:	Instituto de Estadísticas y Censos
MS:	Materia Seca
Mg C:	Miligramos de carbono
N:	Nitrógeno
PC:	Proteína Cruda
SE:	Servicios ecosistémicos
SILPAS:	Trees as driver of Silvopastoral System Function
SSP:	Sistemas Silvopastoriles
TC:	Taninos Condensados
TFP:	Tipos Funcionales de Plantas

1 INTRODUCCIÓN

En la zona de Rivas, Nicaragua la ganadería se basa principalmente en sistemas tradicionales de producción, basado en pasturas naturales, los cuales actualmente presentan procesos avanzados de degradación, debido a malas prácticas de manejo. Esta situación tiene relación con la presencia de bajos indicadores en producción, rentabilidad de las fincas y una serie de externalidades negativas para el ambiente, principalmente reducción de los pocos parches de bosques, contaminación de fuentes de agua (Ríos *et al.* 2007), reducción de la biodiversidad (Sáenz *et al.* 2007) y emisión de gases de efecto invernadero (Guerra e Ibrahim 2010). Se ha demostrado que el efecto de la variabilidad climática (especialmente con períodos largos de sequía) puede comprometer el desempeño económico y ecológico de los modelos de ganadería tradicional sino implementan acciones apropiadas para la adaptación además que reducen la producción animal (leche y carne) y la reproducción.

La duración de la época seca, tiende a ser más larga, por ende las temperaturas son mayores, esto afecta la cantidad y calidad de alimento disponible para el ganado en los potreros, reduce la producción animal (leche y carne y reproducción), así como la pérdida de capital en la finca y en algunos casos hasta la muerte del hato. Sin embargo, existen alternativas como los sistemas silvopastoriles (SSP), que son sistemas complejos de producción ganadera, compuestos por combinaciones de los componentes leñosos (árboles y/o arbustos), pastos y animales y que según el diseño (referido a alguno de los criterios como composición, cobertura arbórea o arreglo espacial) y manejo de los SSP, tienen potencial para la adaptación y mitigación del cambio climático, mejorar la productividad de la finca y la provisión de servicios ecosistémicos. Por ejemplo una cobertura arbórea biodiversa en potreros puede ayudar a mitigar el efecto del estrés calórico del ganado, ofrecer una distribución de alimento para el ganado (follajes y frutos) a lo largo de la época seca y contribuir con la generación de otros servicios ecosistémicos como remoción de carbono de la atmósfera, biodiversidad y protección de fuentes de agua. Es importante señalar que una finca ganadera basada en SSP tendrá una mejor respuesta económica y ecológica mediante la adopción e implementen de innovaciones tecnológicas en la parte de genética animal, salud y manejo de residuos de la finca (Villanueva *et al.* 2003a).

Actualmente existe poca información acerca del impacto de diferentes diseños de potreros sobre la generación de servicios ecosistémicos (carbono, biodiversidad, nutrición animal, etc.), y capacidad de resiliencia ante el cambio y variabilidad climática en zonas de trópico seco. La mayoría de estudios se han enfocado en conocer la composición, riqueza, estructura y usos de la cobertura arbórea; además, en otros casos, conocer la

relación de cobertura arbórea con la disponibilidad de pasto, producción estática de madera, carbono o biodiversidad de manera aislada sin considerar un sin número de diseños de potreros (Tobar e Ibrahim 2008). Por tanto, el presente estudio pretende generar conocimiento acerca de cómo caracterizar y clasificar diseños de potreros con árboles y cercas vivas, la relación entre el diseño y la provisión de servicios. Para lo cual se seleccionaron cinco de los diez servicios ecosistémicos (SE) identificados y estudiados por Mosquera (2010), Olivero (2010), Chávez (2011), Pérez (2011), Sotelo (2011), Ramírez (2011), en Rivas Nicaragua. Los SE evaluados fueron: Conservación de la biodiversidad, carbono, nutrición bovina, sombra para pasto, y resiliencia para la época seca, con el fin de identificar las especies multifuncionales para lograr un mejor diseño en los potreros y además de evaluar la provisión de servicios de las especies con la situación actual del potrero.

El presente trabajo pretende contribuir a los objetivos globales del proyecto FUNCiTree, los cuales son mejorar los SSP con la adaptación y mitigación al cambio climático y cobertura arbórea en distintos diseños de potreros de la zona de Belén. En algunos países de Centroamérica, el conocimiento local adquirido por los productores ganaderos toma en cuenta la importancia socioeconómica y ambiental de los SSP. Estos sistemas contribuyen con la conservación de la biodiversidad y resiliencia a los efectos del cambio climático, mediante la incorporación de árboles dispersos en potreros y cercas vivas. Además, dichos arreglos cumplen funciones como fuente de alimento y sombra para mitigar el estrés calórico del ganado en épocas críticas prolongadas (Ibrahim y Murgueitio 2010; Sepúlveda e Ibrahim 2009; Ibrahim *et al.* 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar servicios ecosistémicos de distintos arreglos espaciales de árboles dispersos en pasturas activas de fincas, bajo el esquema de diversidad funcional arbórea de la zona de Belén, Rivas, Nicaragua.

2.2 Objetivos específicos

- Describir arreglos espaciales de los árboles en potrero de fincas ganaderas en Belén, Nicaragua
- Identificar grupos funcionales de leñosas que existen en potreros de la zona de Belén, Nicaragua.
- Cuantificar los grupos de servicios ecosistémicos en los diferentes diseños de potreros basados en árboles dispersos y cercas vivas.

3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Pregunta del objetivo (1)

- ¿Cuáles son los distintos tipos de arreglos espaciales de árboles en potreros?

Pregunta del objetivo (2)

- ¿Cuáles son los distintos grupos funcionales de árboles existentes en los potreros?

Pregunta del objetivo (3)

- ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos encontrados en los distintos diseños de potreros?

4 MARCO CONCEPTUAL

4.1 Sistemas silvopastoriles

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP); son formas de uso de suelo que tiene como fin, intensificar la producción pecuaria Montagnini *et al.* (2003). Además es una opción que involucra la presencia de leñosas (árboles o arbustos), que interactúan con los componentes tradicionales (especies herbáceas y animales), bajo un sistema de manejo integrado, con la finalidad de incrementar la productividad y beneficio del sistema a largo plazo (Pezo e Ibrahim 1996). Entre las prácticas más comunes de SSP están las cercas vivas, bancos energéticos y proteicos, barreras vivas, cultivos en callejones en asocio con leguminosas arbóreas o arbustivas, plantaciones de especies maderables o frutales, cortinas rompevientos, tacotales entre otros (Pezo e Ibrahim 1996).

Los sistemas silvopastoriles han demostrado ser muy exitosos a escalas experimentales en países como Nicaragua, Costa Rica, Colombia y Brasil entre otros. Estos sistemas aumentan el bienestar animal y están encaminados a la producción de derivados vacunos saludables y de alta calidad (Fernández; Mosquera *et al.* 2009), pero los árboles y los pastos deben ser manejados adecuadamente, ya que la cobertura arbórea podría ser un factor limitante para la producción de pastos.

Sin embargo Villanueva *et al.* (2009) encontró que los árboles o arbustos dispersos en potreros pueden jugar un papel importante como estrategia de adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En periodos secos, las leñosas forrajeras tienen la capacidad de producir forraje en calidad y cantidad para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado para mantenerse y producir leche y/o carne de manera satisfactoria o al menos evitar que se mueran; todo dependerá de la cantidad y calidad de la dieta a partir de pasturas.

Es por eso que en Centroamérica, muchos ganaderos mantienen árboles dispersos en sus potreros, con una amplia distribución y composición de especies (Esquivel *et al.* 2003). El papel que desempeñan los árboles como componentes de los SSP no han pasado desapercibidos ante los ojos de los productores, ya que por ejemplo en Rivas Nicaragua, Joya *et al.* (2004) encontraron que los productores son conscientes de las diferentes interacciones entre el componente arbóreo, el ganado, el pasto, el suelo y la biodiversidad; y pueden explicar interacciones complejas entre diferentes componentes (Mosquera, 2010). La forma de cobertura arbórea más predominantes en los paisajes ganaderos como; árboles en potreros y las cercas vivas, cumplen diferentes roles productivos y ecológicos Harvey *et al.* (2003) (Figura 1)

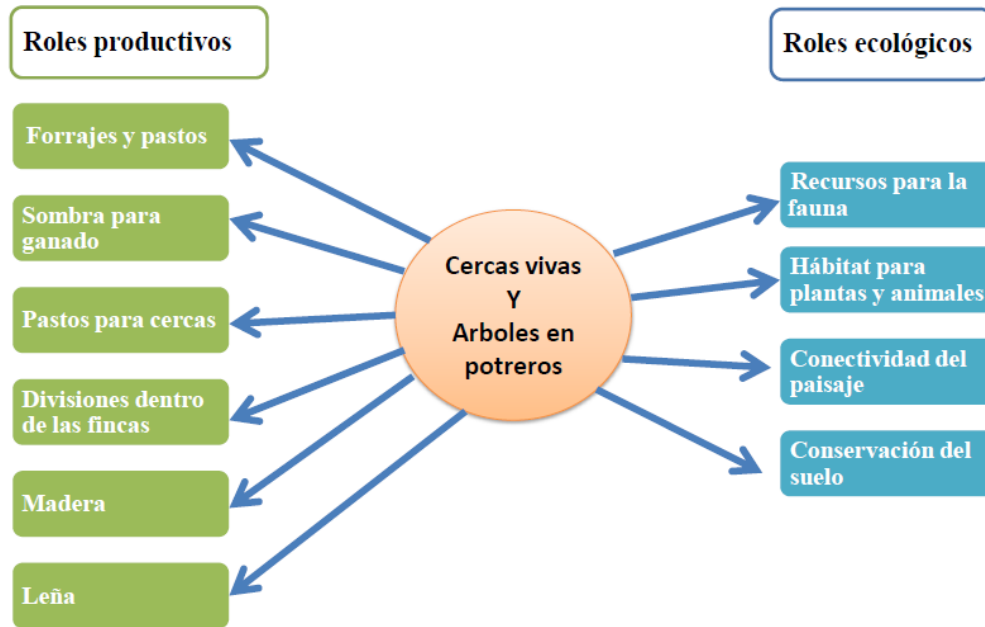


Figura 1. Rol productivo y ecológico de las cercas vivas y árboles en paisajes agrícolas. (Adaptado de Harvey et al. 2003).

Así mismo Martínez (2003) y; Muñoz (2004) consideraron que el productor puede dejar algunos individuos o especies remanentes de la cobertura boscosa original en sus potreros o manejar los árboles de tal manera que se establezcan a través de la regeneración natural, seleccionando aquellas especies que tengan características de interés para un determinado uso como: crecimiento erecto, sombra alta y poca densidad, buena calidad de leña entre otros, sin afectar la productividad del pasto. Por tanto este estudio consideró los elementos más comunes de los SSP de la zona de Belén, como son: árboles en potreros y cercas vivas, con el fin de evaluar SE, en cada uno de los sitios.

4.2 Árboles dispersos en potreros

Según Guevara *et al.* (1994) manifestó que la estrategia de asociar árboles con pastos en un sistema de producción ganadera, constituye una práctica común en las diferentes regiones tropicales, formando parte del paisaje agrícola. Sin embargo estudios realizados en Colombia concluyeron que, los árboles dispersos en potreros pueden ser una estrategia apropiada para acelerar el enriquecimiento de la vegetación arbórea, puesto que la regeneración natural bajo árboles dispersos en potreros, puede ser cinco veces más alta y tres veces más rica en especies que la detectada en potreros abiertos sin cobertura arbórea (Esquivel y; Calle 2002). Por otra parte Harvey y; Haber (1999), plantearon que la lluvia de semillas bajo los árboles es considerablemente mayor que en las pasturas sin árboles, por lo cual la dispersión de árboles nativos ocurre mayormente en pasturas

arboladas. Asimismo, Camargo *et al.* (2000) consideraron que entre los factores de mayor relevancia que determinan la densidad de los árboles se encuentran; el control de malezas y la historia de uso de los suelos.

4.3 Cercas vivas

El establecimiento de cercas vivas, es una práctica tradicional en América Central, con el fin de delimitar campos agrícolas, pasturas y fincas, además de ser utilizadas para la obtención de postes y de leña (Pezo *et al.* 1999). La composición de especies en las cercas vivas depende de las condiciones ecológicas locales, así como de las preferencias de los ganaderos. Este tipo de cercas también puede funcionar potencialmente como corredores biológicos en paisajes agropecuarios caracterizados por la fragmentación de los hábitats naturales (Harvey *et al.* 2008).

Braudry *et al.* (2003) y; Harvey *et al.* (2003) demostraron que las cercas vivas son utilizadas por muchos animales silvestres en algún momento de su ciclo de vida, proveyendo hábitats para la reproducción y alimento (flores, semillas, frutos y follaje), igualmente sirven a la protección de plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños y pueden contribuir a la conectividad estructural del agropaisaje (Harvey *et al.* 2003). Por su parte Santiváñez (2005) afirmó que la influencia de las cercas vivas sobre la abundancia y la riqueza de la avifauna dependen de la composición y de la estructura de su vegetación.

4.4 Caracterización de potreros

La caracterización de los potreros permite entender su estructura, evaluar las interacciones y la condición de los elementos que lo componen (Forman 1995). Además, de conocer los distintos diseños y usos que los potreros han tenido, los cambios a través del tiempo y compararlos. En este estudio se evaluaron seis SE (biodiversidad, carbono, nutrición bovina, sombra para pasto y ganado y resiliencia ala época seca) en potreros de la zona de Belén, teniendo en cuenta los distintos diseños encontrados y considerando tres características principales, de acuerdo a lo propuesto por Forman (1995): 1) composición, 2) riqueza y 3) abundancia. Los potreros analizados están dominados por pasturas naturales y por cobertura arbórea altamente fragmentada y heterogénea.

4.5 Composición

Para describir este concepto dentro de un paisaje, la composición debe de determinarse como la cantidad relativa de sus elementos, que puede ser descrita con varios indicadores como la presencia, la ausencia o las proporciones relativas de los

elementos del paisaje como cercas vivas, árboles dispersos en potreros y árboles en línea (en los límites de las fincas, a orillas de quebradas y caminos) entre otros, así como por medio de índices de dominancia, de riqueza relativa y de diversidad para mejorar la conectividad entre los paisajes. Dentro de los componentes del paisaje están los parches, los corredores y la matriz circundante (área de uso de suelo dominante en el Paisaje (Forman 1995). Un parche es considerado como la unidad espacial relativamente pequeña a la escala de Paisaje, inserta en la matriz. Los parches pueden estar conectados o no por corredores. Estos parches se caracterizan por el tamaño, la forma y su naturaleza (Zamora 2006).

4.6 Estructura a nivel de potreros

En un agropaisaje, la estructura se refiere al arreglo espacial de sus elementos como por ejemplo los diferentes tipos de uso de suelo y la ubicación de los elementos silvopastoriles como cercas vivas, árboles dispersos en potreros y árboles en línea (en los límites de las fincas, a orillas de quebradas y caminos). El nivel de conectividad de los fragmentos de bosques y los procesos ecológicos asociados (ej. la polinización y la dispersión de semillas) dentro de este paisaje dependerá de la forma y cantidad de estos componentes (Zamora 2006). Un cambio en la estructura, básicamente, implica la alteración espacial y funcional del potrero en el tiempo, por la pérdida de hábitat, lo cual limita el movimiento de animales y el proceso de las interacciones entre los elementos del potrero (Turner *et al.* 2001).

4.7 Provisión de servicios ecosistémicos con los sistemas silvopastoriles

Mosquera (2010) logró identificar diez diferentes servicios prestados por la cobertura arbórea en la zona de Rivas, Nicaragua: 1) producción de frutos, 2) producción de forrajes para alimentación animal (nutrición bovina), 3) sombra para el ganado, 4) sombra para pasto, 5) mejoramiento de suelos, 6) control de erosión, 7) resistencia a la sequía, 8) protección de fuentes de agua, 9) árboles rompevientos y 10) conservación de biodiversidad.

Para el estudio de evaluación se tomaron seis SE identificados por estudios anteriores y que se caracterizaron de manera individual.

4.7.1 Conservación de la biodiversidad

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa de manejo sostenible, los cuales tienen un potencial para proveer hábitat y recursos e incrementar la conectividad del paisaje agropecuario. Además, pueden permitir el movimiento animal a través de áreas

agropecuarias, al mismo tiempo ayudar a incrementar la productividad y diversificación de productos como: frutas, leña, madera y forrajes en las fincas ganaderas (Harvey y; Haber 1999; Beer *et al.* 2003; Harvey *et al.* 2005; 2008).

Las especies arbóreas y arbustivas que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, son aquellas que por su aporte de frutas dulces y jugosas, promueven la llegada de los diferentes animales, ya que les proporcionan alimento, como: mango (*Mangifera indica*), papaturro negro (*Coccoloba* spp), jocote (*Spondias mombin*), jícaro (*Crescentia alata*), entre otros (Mosquera 2010). De igual manera estas especies ayudan a la polinización de cultivos de importancia (Campos *et al.* 2006).

Tobar e Ibrahim (2008) consideran que en Centroamérica el manejo y establecimiento de las cercas vivas, así como el manejo de árboles dispersos en las pasturas son elementos importantes para la conservación de la biodiversidad por que incrementan la conectividad del paisaje y proveen hábitats, recursos alimenticios y sitios de descanso. También indican que los bosques ribereños, bosques secundarios y tacotales, son los más importantes para la conservación de la biodiversidad para las taxas de murciélagos, aves, monos y mariposas.

De igual forma, otros estudios han demostrado la importancia de la permanencia de cierta cobertura arbórea dentro de áreas productivas (Estrada *et al.* 1997; Vélchez-Mendoza *et al.* 2008). Las cercas vivas y potreros con alta y baja densidad de árboles (Sánchez *et al.* 2004) así como también, los diferentes arreglos espaciales, sirven para lograr una mayor riqueza de animales silvestres (Harvey *et al.* 2006).

4.7.2 Almacenamiento de carbono

Los SSP en explotaciones ganaderas pueden contribuir a mitigar la emisión de gases principalmente de dióxido de carbono a través del “secuestro” del mismo en sus diferentes estratos; árbol, pasto y suelo. Estos sistemas bien manejados, permiten mejorar tanto la calidad ambiental como la productividad pecuaria (FAO 2007). Uno de los principales beneficios ambientales que podemos mencionar es la fijación del carbono a través de los árboles y los arbustos, los cuales funcionan como “sumideros de carbono” porque absorben el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, que eleva la temperatura del clima, y lo depositan en el suelo y en el tejido leñoso.

El incremento de temperatura en la atmósfera debido al incremento del CO₂, ha provocado el efecto invernadero y se debe principalmente a la utilización de combustibles fósiles y a los cambios de uso del suelo. Según cifras reportadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), se estima que la emisión de

Carbono por deforestación es de 1,6 billones de toneladas por año (1 t C = 3,67 t CO₂) (Houghton 1991).

La concentración de gases de invernadero, CO₂, metano y óxidos nitrosos en la atmósfera, ha aumentado considerablemente, lo cual fortalece el efecto invernadero, con el consecuente sobrecalentamiento del planeta. Los sistemas ganaderos tradicionales han sido culpados de aportar grandes cantidades de metano a la atmósfera, debido al proceso digestivo de los bovinos y otros rumiantes (Cielsa 1996).

Adicionalmente, la degradación de pasturas contribuye de manera significativa al aumento del CO₂ atmosférico, ya que en estos sistemas hay una rápida descomposición del carbono de la materia orgánica y, por ende, mayor emisión (Houghton 1991). Los gases de invernadero podrían reducirse a través de dos procesos: reducción de emisiones antropogénicas de CO₂ o creación y/o mejoramiento de los sumideros de carbono en la biosfera. De igual manera, los sistemas agroforestales podrían remover cantidades significativas de carbono de la atmósfera, ya que las especies arbóreas pueden retener carbono por un tiempo prolongado, principalmente en su madera. Algunos autores consideran que estos sistemas podrían acumular entre 1,1 y 2,2 Mg de carbono en los próximos 50 años en todo el mundo (Albrecht; Kandji 2003).

En el caso de secuestro de carbono, Ibrahim *et al.* (2007) encontraron en Costa Rica, que los usos de la tierra con alta cobertura arbórea como: bosques, plantaciones forestales y pasturas mejoradas con alta densidad de árboles, presentaron los mayores valores en secuestro de carbono en comparación a las pasturas degradadas y aquellas con menor cobertura de árboles. Es importante tener presente que la capacidad de almacenamiento y captura de carbono por los diferentes usos de la tierra dependerá de las condiciones de fertilidad del suelo, clima, edad del sistema, composición y densidad de especies leñosas.

El carbono almacenado se puede estimar a partir de los inventarios de la biomasa del ecosistema utilizando para ello, la fracción de carbono, que representa el porcentaje de carbono en la biomasa. Las estimaciones de carbono almacenado en sistemas arbóreos asumen en su mayoría un valor de 100 a 150 ton c/ha. La cantidad de carbono capturado en SSP puede ser muy variable de acuerdo a sus diferentes estratos y composición. Algunas estimaciones refieren que una hectárea de terreno bajo silvopastoreo es capaz de fijar entre 2 y 3 ton c/ año (Silvapastoril 2007).

4.7.3 Nutrición bovina

El conocimiento del valor nutricional de los diferentes árboles permite el manejo de la cobertura arbórea con el fin de obtener forraje variado que sirva para complementar la dieta del ganado en términos de proteínas, minerales y vitaminas (Le Houerou 1996). Estos conocimientos a la vez se convierten en una alternativa para la gestión del medio ambiente y para hacer más rentable la producción animal principalmente en ecosistemas frágiles como el de Rivas (Sanon *et al.* 2005).

Sobre nutrición bovina es importante señalar que un árbol es forrajero cuando presenta ventajas de tipo nutricional, de producción y de fácil adaptación al sitio, especies rústicas y de fácil establecimiento, por eso debemos considerar a un árbol como potencial forrajero, por su contenido de nutrientes y el consumo adecuado para esperar cambios en los parámetros de respuesta animal, la especie debe ser resistente a la poda o ramoneo y así producir abundante biomasa comestible por unidad de área (Benavides 1994).

Uno de los principales problemas que enfrenta la ganadería del trópico es la producción de forrajes en cantidad y calidad en la época seca. Este fenómeno ha ocasionado pérdidas de animales, baja en la producción de leche y una disminución en los ingresos de los productores (Holguín e Ibrahim 2005). Es por eso que se considera fundamental el uso de alternativas tecnológicas que aseguren el equilibrio nutricional y ambiental, por tanto las especies forrajeras, podrían ser una alternativa para el diseño de SSP, que ayuden o faciliten la producción y conservación de forraje de buena calidad (nutrición y resistencia a la sequía), que permita mantener la producción pecuaria durante periodos críticos de alimentación en las fincas ganaderas (Palma 2006).

Algunas investigaciones desarrolladas en SSP, han descubierto aspectos muy diversos; que van desde la identificación y caracterización de los sistemas predominantes, otras con énfasis en el papel de las especies leñosas forrajeras en dichos sistemas, la evaluación de la calidad nutritiva de las especies arbóreas y arbustivas de uso más frecuente tanto en términos de nutrimentos, digestibilidad y consumo, así como en la presencia de metabolitos secundarios, además que podrían afectar su utilización en los animales (Benavides 1994 y; Pezo e Ibrahim 1996). Los aportes nutritivos más importantes para asegurar la nutrición animal son: materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía neta (EN), fibra detergente acida (FDA), fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), materia seca (MS), digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) (Tilley y; Terry 1963).

Las especies forrajeras se clasifican en cuatro categorías basadas en la selectividad y nivel de preferencia: 1) las especies altamente seleccionadas son muy palatables, lo cual se evidencia porque su contribución a la dieta que supera a la encontrada en la biomasa

disponible; 2) las especies medianamente apetecibles; 3) las especies neutras que son aquellas que dan volumen a la dieta con mayor aporte proporcional; 4) las especies rechazadas, las cuales son consumidas en periodos críticos por escasos de alimento o muy baja calidad, o son consumidos al mezclarse con especies más palatables. Velásquez (2005).

La calidad nutricional depende del tipo de planta, parte de la planta, edad, época de crecimiento, clima, suelo, sitio, carga animal y compuestos anti nutricionales. Algunas de las especies con sabor menos agradable pueden ser al final las más sabrosas de la escala (Lion *et al.* 2001). El hecho de que las especies leñosas presenten una cantidad aceptable de proteína cruda (PC), moderados niveles de fracciones de fibra, bajo contenido de taninos condensados (TC) y valores de degradación aceptables, hacen que el uso de estas especies en la ganadería sea promisorio.

Por otro lado, investigaciones realizadas por Esquivel (2003) sobre la producción de frutos en la zona de Cañas, Guanacaste, Costa Rica, de árboles dispersos en potreros, en siete individuos de cuatro especies multipropósito (guanacaste, genízaro, guácimo y coyol), encontró que durante este período, el coyol fue la especie que presentó mayor consistencia en la producción de frutos, mientras que el guácimo, obtuvo el mayor porcentaje de producción en el momento más fuerte de la estación seca, por su parte el genízaro y guanacaste obtuvieron su mayor porcentaje a mediados y final del periodo seco, respectivamente; así mismo la media de la producción total de fruta fresca (kg/árbol) fue de 3 a 10 veces mayor ($p < 0,05$) para los árboles de guanacaste, con respecto a las demás especies. En la figura 2 se muestra ejemplo de la producción promedio de frutos de cuatro especies seleccionadas durante este estudio.

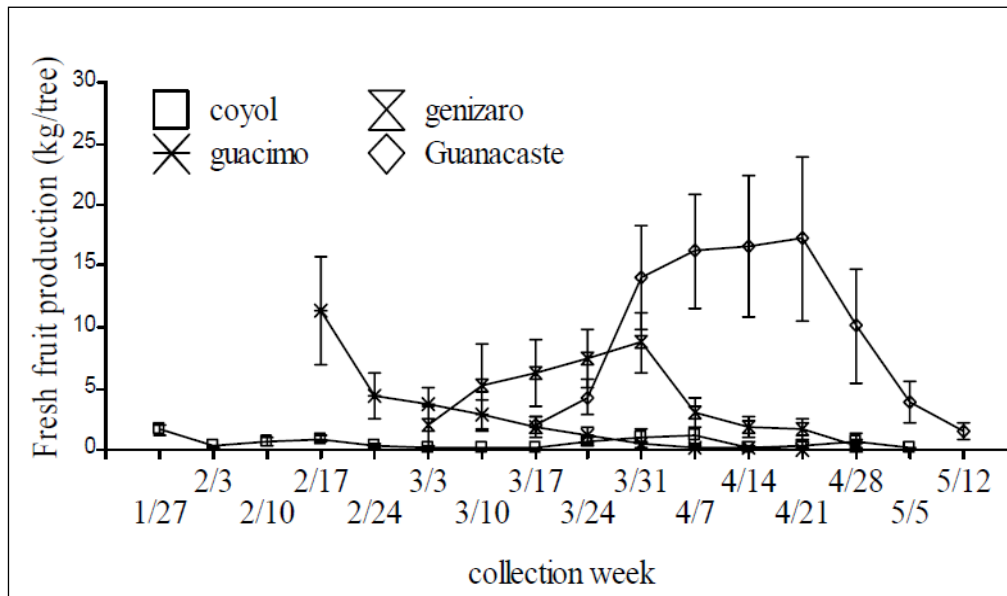


Figura 2. Producción promedio de cada semana de fruta fresca (kg/árbol) de enero a mayo 2003 de cuatro especies multipropósito en cultivos aislados de pasto *Brachiaria brizantha* en un ecosistema tropical seco en Cañas, Guanacaste, Costa Rica, 2007. Las líneas verticales representan los errores estándar. Fuente: Esquivel (2007).

De igual manera Mosquera (2010) mencionó que entre los frutos más utilizados para la alimentación animal se encuentran: guácimo (*Guazuma ulmifolia*), coyol (*Acrocomia mexicana*), genízaro (*Albizia saman*), mango (*Mangifera indica*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), jícaro (*Crescentia alata*) y carao (*Cassia grandis*). Así mismo es necesario tomar en cuenta que la diversidad de especies frutales de todo tipo de leguminosas, y no leguminosas, son importantes para lograr una oferta variada de alimento en el periodo seco. Es importante mencionar que entre los rasgos de las especies frutales que consume el ganado, está el contenido de proteínas (concentración de nitrógeno del fruto y la hoja), sabor dulce, olor a miel o fuerte olor dulce. Los productores reconocen el consumo moderado de algunas especies como el jobo (*Spondias mombin*) y limón agrio (*Citrus limon*) y limón dulce (*Citrus sp.*) que el ganado las consume en épocas de sequía y que también estas especies contienen olor y sabor dulce.

Dentro de las especies forrajeras se destacaron: madero negro (*Gliricidia sepium*), carao (*Cassia grandis*), marango (*Moringa oleifera*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), genízaro (*Albizia saman*), de igual manera se considera que los árboles que producen vainas (especies leguminosas), son considerados los mejores forrajes. Además de las especies ya mencionadas, hay otras no leguminosas que son consideradas como buenas forrajeras como el jícaro (*Crescentia alata*), tigüillote (*Cordia dentata*), entre otros. En el siguiente dendograma, (Figura 3) se muestran los grupos funcionales de especies por

rasgos nutricionales, encontrados en potreros de Belén, Rivas, Nicaragua. Además se mostraron tres grupos funcionales de especies: grupo a) especies de mayor consumo animal ejemplo: tigüilote (*Crescentia dentata*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), ojoche (*Brosimum alicastrum*): grupo b) especies de consumo intermedio: marango (*Moringa oleifera*), leucaena (*Leucaena. leucocephala*), madero negro (*Gliricidia. sepium*) y el grupo c) formado por especies de menor consumo: genízaro (*Albizia saman*), gallinazo (*Albizia niopoides*), mimosa (*Mimosa pigra*), espino blanco (*Acacia farnesiana*). Este dendograma facilita la identificación de los grupos en cuanto a rasgos nutricionales, abundancia en potreros y rasgos con características propias de las especies arbóreas.

Según Pérez (2011) las especies gavilán (*Albiziaguachapele*), poró (*Erythrina berteroana*), madero negro, leucaena, sopa maggi (*Leucaena shannonii*) y marango, son especies que presentan los valores más altos de nitrógeno foliar, favoreciendo así la calidad de su forraje y que se debe de tomar en cuenta en programas de alimentación animal.

Otras especies contienen menor valor de nitrógeno foliar como; acacia (*Acacia pennatula*), pata de venado (*Bauhinia unguolata*), ojoche y jobo. De la misma manera, las especies con mejor porcentaje de digestibilidad (DIVMS), correspondió a las especies ojoche, madero negro, guácimo, leucaena y marango, lo que indica que estas especies se manifestaron con excelente degradación y asimilación de los nutrientes en el rumen de los animales bovinos.

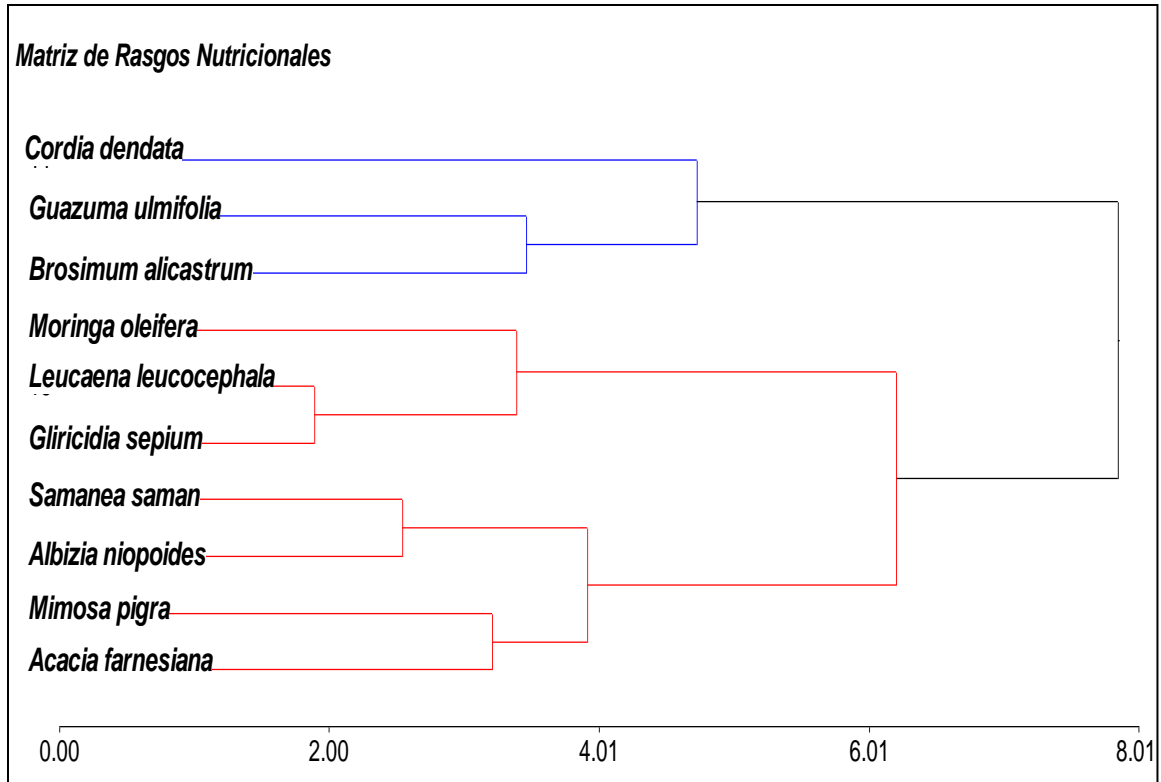


Figura 3. Dendograma de matriz de rasgos nutricionales de especies arbóreas en potreros de la zona de Belén, Rivas, Nicaragua. Fuente: Pérez (2011).

4.7.4 Sombra para pasto

Belsky *et al.* (1989 y 1992) manifestaron que bajo condiciones de estrés de humedad, la sombra de la copa de los árboles puede mejorar el balance hídrico de la vegetación herbácea, aunado con una disponibilidad de nutrientes relativamente más alta, la que puede aumentar la productividad del componente herbáceo que está debajo de la copa de los árboles con respecto al pastizal abierto, particularmente si la densidad de árboles es baja o intermedia.

Es importante mencionar que existen diferentes especies de árboles que proveen sombra, las cuales según sus características pueden ser utilizadas dentro de los potreros. Por ejemplo, Mosquera (2010) encontró que: los productores consideran que la especie madero negro presenta una sombra caliente, la que causa una drástica disminución de la producción del pasto, por tal motivo los productores optan por mantener esta especie en las cercas vivas, donde se realizan labores de rondas alrededor de las cercas y así prevenir que el fuego las queme, aquí el pasto no es tan necesario, por tanto la sombra del madero

negro no representa perjuicios para la producción ganadera. De igual manera, los productores consideran que la sombra densa de árboles como el higuierón causa un microclima muy húmedo (Cerdán *et al.*, 2012), lo que ocasionó que el ganado, con heridas, sea muy susceptible al contagio por el tétano (Mosquera, 2010).

Esta concepción de sombras malas es similar a la reportada por (Muñoz *et al.* 2003) en Cañas y Río Frio en Costa Rica, donde los productores atribuyen enfermedades como tétanos y deformidades a especies como el chilamate (*Ficus costaricana*) y el higuierón (*Ficus sp.*). El efecto entre los árboles y el pasto pueden darse como relaciones de interferencia y facilitación, donde la competencia por radiación solar, por agua y por nutrientes, así como posibles relaciones alelopáticas entre componentes son manifestaciones de interferencia.

Esquivel (2003) en su trabajo destacó que especies como: guanacaste, jenízaro y guácimo, son usados principalmente como sombra para el ganado. En el Cuadro 2 se muestran resultados encontrados de especies más comunes en la zona de Cañas Costa Rica, donde el autor encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre especies para las variables dasométricas y el área de copa medidas en los árboles individuales, además, las especies que presentaron mayores dap fueron guanacaste, jenízaro y guácimo, mientras que coyol, roble y corteza amarilla presentaron los menores dap.

Por otra parte, el nance y el canelo (*Cinnamomum zeylanicum*), fueron las especies de menor altura y menor tamaño de fuste. Guanacaste y jenízaro fueron las especies que presentaron mayor tamaño de copa, seguidas por canelo, guácimo y almendro; sin embargo el roble y el coyol fueron las especies de árboles de menor área de copa. Además Esquivel (2003) consideró en ese estudio que la cobertura y densidad de árboles fue baja, irregular y dispersa en los potreros, ya que la mayoría de los árboles fueron eliminados durante el establecimiento de pasturas en monocultivos, pero los rangos de dap observados constituyen un indicador de la regeneración natural de árboles en potreros, sin embargo los ganaderos tienden a manejar una amplia diversidad de especies en sus potreros para satisfacer diferentes necesidades. Las especies con grandes copas como guanacaste y jenízaro son mantenidas en bajas densidades mientras que las especies con áreas de copa menor como coyol, laurel y roble se encuentran en mayores densidades.

Otro aspecto a señalar es la selección de las especies por parte de los productores Mosquera (2010) encontró, que los productores seleccionan las especies con sombra rala y de hojas pequeñas que permiten el paso de los rayos solares, evitando así la muerte del pasto que crece bajo los árboles. Por otro lado, Andrade (2007) encontró en la zona seca de Guanacaste, Costa Rica, que en SSP con jenízaro admite a través de su copa una transmitancia del 68% de la radiación, permitiendo el crecimiento de algunos tipos de pastos para el ganado, en especial en la época seca. De la misma manera, Saucedo (2010) mencionó que el jenízaro y guanacaste presentan altos valores de área de copa con mayor

sombra proyectada en el potrero, lo cual interviene en la cantidad de luz que recibe la pastura. Por otra parte, árboles como laurel (*Cordia alliodora*), espino de playa (*Pithecellobium dulce*), ñambar (*Dalbergia retusa*), chiquirín (*Myrospermum frutescens*), jocote (*Spondias purpurea*), güiligiüste (*Karwinskia calderonii*) y jiñote (*Bursera simaruba*) interceptaron poca luz, lo que significa que hay una mayor transmisión de la luz hacia la vegetación herbácea en el suelo.

4.7.5 Resiliencia a la época seca

Resiliencia se define como la capacidad de un ecosistema de absorber cambios y así mantener aun esencialmente las mismas funciones y servicios. Uno de los principales problema que enfrenta la zona de Belén año con año, es la sequía. Además es una de las limitantes para diseñar sistemas silvopastoriles en el trópico seco por la escasez de agua durante los seis meses que dura la época seca (Rojas *et al.* 2009). Sin embargo, Mosquera (2010) mencionó que los productores acorde a su conocimiento infieren que los árboles de raíces profundas pueden sobrevivir a largos periodos sin lluvias, ya que pueden alcanzar el agua a niveles profundos dentro del manto freático. Dentro de este grupo podríamos mencionar especies como espavel (*Anacardium excelsum*), genízaro y guanacaste. Otro rasgo distintivo, es el carácter caducifolio de algunos árboles, ya que es un mecanismo que le permite a las especies, ahorrar agua y sobrevivir en la sequía donde se destacan especies como carao, madero negro y jocote.

Otro aspecto mencionado por Mosquera (2010) es la alta producción de semillas, especialmente en la época de sequía, la cual sirve como estrategia de supervivencia, ya que estos árboles podrían multiplicarse tan pronto comience el período de lluvias: Mosquera (2010) agrega que las semillas depositadas en el suelo, contribuyen al almacenamiento de humedad alrededor de estos árboles, entre las especies que se mencionan como poseedoras de estos rasgos funcionales se encuentran, el madroño (*Calycophyllum candidissimum*) y el pochote (*Bombacopsis quinata*). Además otras características que deben tener los árboles para poder entrar a la categoría “ayudante para la producción ganadera en la época de sequía: 1) que no pierdan la hoja (árboles perennifolios) para que proporcionen sombra continua al ganado, 2) que produzcan frutos de consumo animal y 3) que produzcan forraje o flores de consumo animal, las especies que los productores mencionaron como útiles para este propósito fueron mango y genízaro.

De igual manera Olivero (2010) encontró que en la zona de Belén, en términos de multifuncionalidad, las especies que proporcionan mayor cantidad de servicios de importancia para los agricultores (tolerancia a la sequía, menor evaporación y conservación de los pastizales) son el jícaro y el guácimo, además las dos especies más

importantes que proporcionan forraje durante la estación seca fueron; genízaro y guácimo que producen hojas, flores y frutos

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 Área de estudio

El área de estudio se localizó en el municipio de Belén, departamento de Rivas, Nicaragua. Según el INIFOM (2005) el municipio se localiza entre las coordenadas 11°30' latitud Norte y 85°53' longitud Oeste, y cuenta con una extensión territorial de 246 Km² (Figura 4). Según la clasificación de Holdridge (1978), la zona de vida pertenece al bosque seco tropical, con una temperatura que oscila entre los 26 y 33 °C, la precipitación media es de 1.400 a 1.600 mm anuales y tiene una altura aproximada de 80 msnm.

Existen dos épocas muy marcadas, una lluviosa que va de mayo a octubre y otra seca que va de noviembre a abril. Para el año 2000 la población total del municipio, según el censo del INEC fue de 17643 habitantes, de los cuales 12705 son habitantes de áreas rurales y 4938 de áreas urbanas. El paisaje se conforma por planicies 3948 ha (13,8%) y sistemas montañosos 24651 ha (86%). Generalmente carecen de vegetación boscosa debido a la intervención humana en respuesta a las necesidades básicas de subsistencia, el área de ésta vegetación representa apenas el 36% del uso total de la tierra en el Municipio (INIFOM 2008). En el cuadro 1 se muestra el porcentaje de uso de suelo en la zona de Rivas, Nicaragua.

Cuadro 1. Porcentaje de tierra bajo diferentes usos de suelo en Rivas, Nicaragua, en el 2008

Uso de suelo	Rivas
Bosque secundario	16
Bosque ribereños	6
Charral	14
Plantación	0
Árboles en línea	0
Camino	1
Cultivo anual	5
Cultivo perenne	0,30
Pastura	56
Otros (agua, asentamientos y nubes)	1,70
Total	100

Fuente: *Adaptado de Harvey et al. (2008)*

La principal actividad económica de este municipio se basa en la agricultura (cultivo de musáceas, arroz, caña, frijoles y sorgo) y con una ganadería extensiva. Siendo la actividad agrícola la que representa mayores perspectivas para el desarrollo del Municipio. No obstante, la ganadería es una actividad agropecuaria importante en el municipio y cuenta con 12500 cabezas para la producción de leche y carne (INIFOM, 2005).

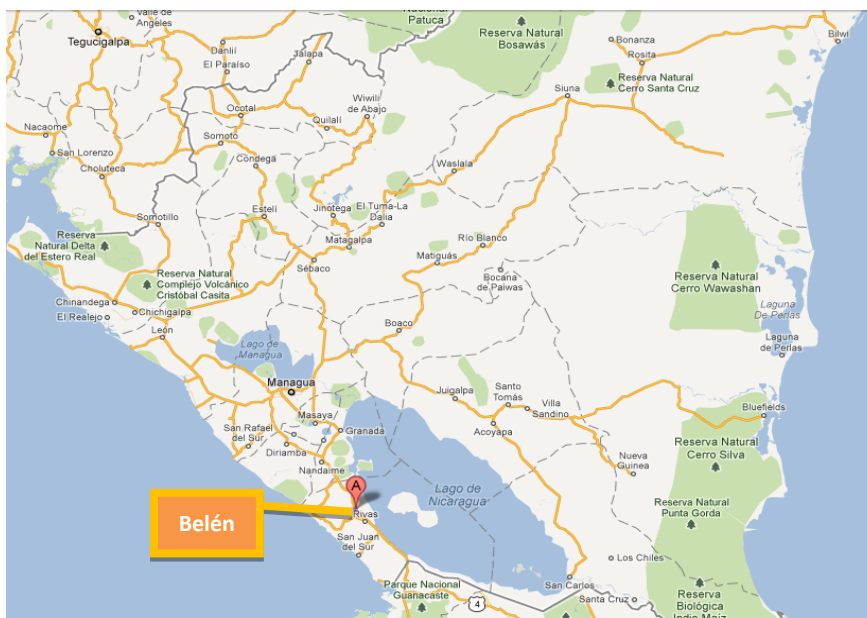


Figura 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio (Google Map 2012).

5.2 Metodología

5.2.1 Selección de potreros

Se empleó la base de datos de 36 potreros pertenecientes a 10 fincas (Cuadro 2), levantado por el proyecto FUNCiTree y SILPAS¹ en la zona de Belén, Rivas. De cada potrero se obtuvo la información siguiente: posición geográfica, área (ha), inventario de árboles mayores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (dap) e identificación de las especies; de los árboles se contó con el registro de: altura total de árboles (m), altura de fuste (m) y diámetro.

¹ FUNCiTree/SILPAS (Functional Diversity: An ecological framework for sustainable and adaptable agroforestry systems in landscapes of semi-arid and arid ecoregions) / (Trees as drivers of silvopastoral system function)

Cuadro 2. Características de los potreros seleccionados para el estudio.

Finca	Localización	Total Potreros	Rango de tamaño (ha)	
			Área total	Rango(ha)
1.	Las mesas	3	5,0	1-2
2.	Las mesas	3	11,15	2-5
3.	Las mesas	3	13,35	2-6
4.	Cantimplora	1	1,04	1
5.	Las mesas	3	7,03	2-3
6.	Cantimplora	6	14,24	1-5
7.	Cantimplora	4	15,37	3-5
8.	Mata de caña	6	13,73	1-5
9.	Mata de caña	2	17,00	8-9
10.	Mata de caña	5	40,33	5-8
Total de potreros		36		

Fuente: Proyectos FUNCiTree y SILPAS (2010).

Visita de campo

Parte de la fase de recopilación de información consistió en la realización de visitas en campo a los 36 potreros en fincas. El objetivo principal de las visitas fue verificar y completar información de los potreros. La metodología utilizada fue la aplicación de un protocolo por medio de entrevistas semi estructuradas que permitió caracterizar cada uno de los potreros. Por ejemplo nombre del productor, nombre del potrero, ubicación, fecha de visita, área del potrero, existencia de ríos y quebradas, diseño y ubicación de los potreros, estado de pasturas entre otros.

De igual manera se recopiló información de la estructura y composición de los potreros. Además se confirmó que muchos de los potreros aún conservan su diseño inicial, manejados en la base de datos antes mencionada. De igual forma se manifestaron algunas limitantes que se dan en la zona, ejemplo poca presencia de potreros con pastos mejorados, así mismo gran parte de los productores manejan pastos naturales con muy baja productividad, que reduce la disponibilidad de forraje en época seca y además de la escases de agua.

5.3 Análisis de datos

5.3.1 Diseño de potreros

Para identificar el tipo de arreglo espacial de los árboles en cada potrero se realizó un índice de dispersión espacial de 0 a 1. Luego con los tipos de arreglos identificados se realizó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) para evaluar las diferencias entre los tipos de arreglos según las variables estructurales de los potreros (área de potreros, riqueza, abundancia, área basal, cobertura), los rasgos de las especies.

5.3.2 Grupos funcionales

Para generar tipos funcionales de plantas según los rasgos que fueron medidos se realizaron análisis de agrupamiento con el método de Ward y distancia Gower. Se realizó un análisis de varianza multivariado con (prueba de comparaciones de medias de Hotteling) para identificar las variables que separan los grupos de tipos de plantas. Además se realizó un análisis de componentes principales para evaluar los tipos funcionales de plantas según los rasgos que los caracterizan.

Se estimó los servicios ecosistémicos brindado por los árboles en los potreros; todas las variables cuantitativas fueron llevadas a una escala entre 0 y 1 (altura de árbol (m), altura de fuste (cm), altura de copa (m)) entre otros. Una vez estando en la escala [0-1] se sumaron todos los valores de los rasgos y se volvió a llevar al intervalo [0-1]. Los servicios ecosistémicos fueron sometidos a prueba de hipótesis entre arreglos de los potreros y tipos funcionales de plantas. La prueba utilizada fue la de Kruskal Wallis ya que dichas variables no mostraron una distribución normal. Además se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las variables estructurales de los árboles, rasgos funcionales y servicios ecosistémicos.

Todos los análisis estadísticos fueron hechos con el paquete estadístico InfoStat (Dirrienzo et al. 2012).

5.3.3 Determinación de los servicios Ecosistémicos

La cuantificación de los servicios ecosistémicos en potreros se realizó en base a metodologías aplicadas en estudios de investigación en la zona de Belén, Rivas. El Cuadro 3 muestra el resumen de servicios ecosistémicos a determinar en los potreros y la fuente de la metodología que será aplicada.

Cuadro 3. Servicios Ecosistémicos evaluados en los potreros, parámetro y rangos de evaluación

No.	Servicios Ecosistémicos	Parámetros	Rango de índice ecológico		
			Referencias	0	1
1	Biodiversidad	Contribución a la conservación. Índice de equidad de Pielou	Pielou 1975	No existe	Existe
2	Almacenamiento de Carbono	Retención estable de carbono: Ecuación alométrica	Ruiz 2002	Bajo	Alto
3	Nutrición bovina	Valor nutricional de las especies arbóreas	Pérez 2011	Bajo	Alto
4	Sombra para pasto	Densidad de sombra de las especies arbóreas.	Sotelo 2011	Sombra densa	Sombra rala
5	Resiliencia en época seca	Disponibilidad de forraje en la época seca	Pérez 2011 Olivero 2011	Baja	Alta

Fuente: Elaboración propia en base a las referencias citadas

Para la evaluación se utilizó la base de datos del proyecto FUNCiTree y SILPAS, donde se obtuvo datos de más de 4000 árboles y 67 especies arbóreas. De igual manera se tomó en cuenta las combinaciones de especies con distintas características funcionales tales como árboles dispersos en potreros y cercas vivas.

Con la información de la base de datos del proyecto, se analizó el grado de multifuncionalidad de los potreros de la zona en estudio, y así evaluar el impacto obtenido de la difusión de programas silvopastoriles promovidos por proyectos y la caracterización cualitativa y cuantitativa de cada SE en la zona, para ello se aplicaron las siguientes metodologías:

5.3.3.1 Conservación de la Biodiversidad

Para obtener el índice de cada uno de los potreros se utilizó información de: diámetro a la altura del pecho (cm), altura de fuste (m), altura del árbol (m). Además se incluyeron datos como: área del potrero, especies y datos de cobertura. Para medir la biodiversidad en distintos diseños de potreros de la zona de Belén, Rivas se utilizó el modelo de Equidad (Pielou 1975) que mide la proporción observada con relación a la máxima diversidad esperada, sus valores van de 0 a 1 de tal forma que mientras más cercano a 1 se encuentren los índices de los potreros y sus especies encontraremos mayor riqueza y abundancia (Magurran 1988).

Ecuación 1: Ecuación para medir biodiversidad

Equidad de Pielou

$$J = H/\log(S)$$

Donde (s) es el número de especies en el hábitat o potrero en este caso
(H) el índice observado.

5.3.3.2 Captura de carbono

Para estimar el índice de captura de carbono en los distintos diseños de potreros, se tomó en cuenta que estas áreas son dominadas por pasturas naturales, árboles dispersos y cercas vivas (Ibrahim *et al.* 2007) y se estimó la biomasa del componente arbóreo utilizando una ecuación alométrica:

Árboles en potrero

$$\text{Log}_{10} B = -2,18 + 0,08(dap) - 0,0006(dap^2) \text{ (Ruiz 2002)}$$

Para estimar el contenido de carbono por potrero la biomasa calculada se multiplica por 0,5 como lo indican las normas del (IPCC 2003).

5.3.3.3 Nutrición bovina

Para evaluar el servicios de nutrición bovina en potreros, se usó la metodología de diversidad funcional nutricional (FD), (Petchey y Gastón 2002), que permitió conformar grupos de especies según su identidad taxonómica y su diversidad funcional, para mejorar el suministro de nutrientes a los bovinos en las dos épocas del año (seca y lluviosa).

La metodología consistió en la formación de grupos funcionales de especies considerando principalmente especies perennifolias presentes en las 2 épocas del año (seca y lluviosa). Se evaluó: a) el valor nutritivo que brinda cada grupo, con índices de 0 a 1; donde 0 se consideró a las especies de bajo valor nutricional y 1 para las de alto valor nutricional, b) luego se compararon entre sí, c) se determinó cuál grupo brinda el mejor comportamiento en la provisión de nutrientes para el ganado dentro de los potreros, y d) se logró incorporar otras especies que complementan las dietas nutricionales, con especies existentes en los potreros. Para el análisis se tomó en cuenta los resultados de conocimiento local de las especies y valor nutricional (Mosquera 2010; Pérez 2011).

Para calcular el valor nutricional de las especies seleccionadas se continuaron los siguientes pasos:

Paso 1: Se identificaron las especies que contribuyeron al servicio de nutrición bovina dentro de los potreros (guácimo, madero negro, jícara, carao, leucaena, guanacaste y marango), basados en los resultados obtenidos por Pérez (2011; Cuadro 4)

Cuadro 4. Especies arbóreas y rasgos nutricionales encontrados en potreros de Belén, Rivas, Nicaragua.

No	Especie	MS	N	FDN	FDA	Ca	P	FC	DIVMS	TC
1	<i>Guazuma ulmifolia</i>	31,97	2,35	57,9	37,2	2,35	0,38	36,25	63,9	0,05
2	<i>Gliricidia sepium</i>	25,04	3,52	41,8	30,7	1,47	0,22	22,12	74,8	0,28
3	<i>Albizia saman</i>	37,5	3,67	42,4	31,2	1,68	0,32	29,45	44,6	0,96
4	<i>Crescentia alata</i>	31,85	3,00	-	46,9	-	-	-	-	0,25
5	<i>Cassia gradis</i>	41,62	2,50	42,8	22,2	-	0,25	-	-	4,7
6	<i>Leucaena leucocephala</i>	35,06	3,79	36,7	23,6	1,30	0,22	18,08	65,1	1,01
7	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	35,5	2,79	50,9	40,1	0,98	0,21	-	-	2,51
8	<i>Moringa oleífera</i>	22,47	3,19	29,4	19,2	1,88	0,32	18,5	65,2	1,02

Pérez (2011). Materia seca (MS), proteína cruda (PC), nitrógeno (N), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), Calcio (Ca), fosforo (P), fibra cruda (FC), digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS), taninos condensados (TC).

Paso 2: Basado a los resultados encontrados por Pérez (2011) se elaboró el cuadro de rasgos nutricionales para la determinación de las especies en los potreros con mayores rasgos nutricionales como: (N (nitrógeno), FDN (fibra detergente neutro), FDA (fibra detergente acida), cenizas, Ca (calcio), P (fosforo), FC (fibra cruda), DIVMS (digestibilidad *in vitro* de materia seca, TC (taninos condensados)

Paso 3: Con la métrica de DF (Diversidad Funcional) de Petchey y Gastón (2002) se calculó la diversidad funcional nutritiva de las especies en cada potrero tales como: proteína cruda, digestibilidad, calcio, fosforo entre otros valores identificados por Pérez (2011). Además se tomó en cuenta datos como riqueza y abundancia de especies e información secundaria.

Con esta metodología se logró caracterizar especies comestibles y sus valores nutricionales de árboles dispersos en potreros y cercas vivas. De igual manera se realizó

un análisis estadístico de regresión de diversidad funcional de las especies en cada potrero.

5.3.3.4 Sombra para pasto

Para evaluar el servicio de sombra para pasto, se utilizó los resultados de conocimiento local y mediciones de copas de los árboles (m), altura de fustes (m) entre otros; además de otros resultados relacionados a tipos de sombras proyectadas por las especies arbóreas, para esto se clasificó las copas según la densidad de sombra que proyecta cada especie (Esquivel 2003; Zapata 2003). Para calcular el índice de sombra para pasto (ISPP), se elaboró un cuadro con datos generales de cada potrero donde se calculó la cobertura de sombra por potrero y la ponderación de cada uno. Luego, mediante la elaboración de una ecuación, se calculó el índice de sombra para pastos (Ecuación 1). Además se categorizó la proyección de densidad de sombra en tres niveles diferentes: Nivel 2: para sombra suave, (es la que proporciona suficiente infiltración de la luz solar para el desarrollo de pasto debajo de los árboles); Nivel 1: sombra ligera (proporciona alguna infiltración de la luz solar, pero no la suficiente para que el desarrollo del pasto de bajo de los árboles sea el óptimo) y Nivel -1: sombra densa (la infiltración de la luz solar va de poca a nula, afectando el desarrollo del pasto debajo de la copa de los árboles), de igual manera se realizó un método de transformación simple mediante regla de tres, para obtener índices de 0 a 1 para todos los potreros. Con sombras suaves se caracterizó especies como: tiguilote, madero negro, guácimo, carao, entre otros; consideradas las de mejor proyección de sombra. Con sombras medianas se caracterizó a las especies: jocote, acetuno, jícaro, zorrillo (*Thouinidium decandrum*); y con sombras densas las especies: mango, papalón, marango, zapote (*Licania platypus*), genízaro entre otras.

Ecuación 2. Índice de sombra para pasto:

$$AC = \sum CAP_{(ha)}$$

$$\% SP = (AC/AP) * 100$$

$$ISP = SP / \sum AP$$

AC= Área de copa; $\sum CAP_{(ha)}$ = suma del tamaño de las copas de los árboles en los potreros; % SP= porcentaje de sombra para pasto (m²); AP= Área del potrero (ha); ISP= Índice de sombra para pasto.

5.3.3.5 Resiliencia en la época seca

Para el servicio de resiliencia en la época seca de las especies arbóreas se utilizó la metodología de Diversidad Funcional Nutricional (FD) (Petchey y Gastón 2002) tomando

en cuenta que en los potreros existen especies multifuncionales y por ende son resilientes por la capacidad de proveer frutos y forrajes en épocas de sequía, condición que funciona como respuesta favorable a la suplementación animal por tener la capacidad de retener humedad, la misma utilizada para valorar nutrición bovina. Esto ayudó a tipificar las provisiones de forraje (frutos y follaje) disponibles, al inicio, mediado y final de la época seca. Se conformaron 3 grupos funcionales: 1) especies provisoras de forrajes, 2) especies provisoras de frutos, y 3) especies con capacidad de rebrote. La escala de rangos es de (0) a (1); donde el 0 consistió para las especies sin aprovisionamiento de forraje y 1 para las de alta capacidad de aprovisionamiento, los grupos se compararon entre sí, para identificar, cuál de los grupos es el que brinda mejor comportamiento en la previsión de forrajes para la época de seca, finalmente se complementó con las características funcionales entre las especies existentes en los potreros. El análisis estadístico se realizó a través de una regresión de diversidad funcional en cada uno de potreros.

6 RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Descripción de los arreglos espaciales de los árboles en potreros y cercas vivas

En potreros se encontraron árboles dispersos, árboles en pequeños agrupamientos y cercas vivas. Las especies de mayor altura prevalecieron en potreros con árboles dispersos. Estas especies se caracterizaron por proveer servicios ecosistémicos como; nutrición bovina, sombra para pasto y resiliencia a la época seca.

En los potreros se cuantificaron un total de 2600 individuos de 69 especies. Las especies más predominantes fueron: guácimo con un 16%, laurel con 13%, chiquirín con 9,5%, madero negro con 6%, nancite con 5,6%. Estas diez especies equivalen al 70% del total de individuos registrados en la base de datos del proyecto. Estas especies pueden ser empleadas para leña, madera, forraje principalmente por los productores de la región (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies arbóreas más comunes en potreros en orden de abundancia, número de individuos, abundancia relativa y usos, en Rivas, Nicaragua 2012.

Especies	No. de individuos	% Abundancia	Usos		
			Madera	Leña	forraje
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	424	16.00	x	x	x
Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	347	13.09	x	x	
Chiquirín (<i>Myrospermum frutescens</i>)	254	9.58	x		x
Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	164	6.19	x	x	x
Nancite (<i>Byrsonima crassifolia</i>)	149	5.62		x	
Coyol (<i>Acrocomia mexicana</i>)	141	5.32			
Quebracho (<i>Lysiloma auritum</i>)	104	3.92	x	x	
Guachipilín (<i>Diphysa americana</i>)	96	3.62	x	x	x
Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)	88	3.32	x	x	
Cortez (<i>Tabebuia ochracea</i>)	84	3.17	x	x	

La abundancia relativa en las cercas vivas, se calculó multiplicando 0.4, por la cantidad de km de distancia, que midieron las cercas vivas en metros, para obtener los datos en metros lineales. A partir de las coordenadas de ubicación de las especies, se estimó el área total en las cercas vivas.

En las cercas vivas se encontraron un total de 1465 individuos de 69 especies, siendo las más predominantes: tigüilote con 13,8%, madero negro con 11,5%, jocote con 9%, chiquirín con 8,5% y guácimo con 6,7% con un porcentaje de 69,77% del total de

individuos en las cercas vivas. Adicionalmente estas especies proveen otros usos como: madera, leña, forraje (Cuadro 6).

Cuadro 6. Especies más comunes en potreros en orden de abundancia y frecuencia encontradas en potreros con cercas vivas.

Especies	No. de individuos	% Abundancia	Usos		
			Madera	Leña	Forraje
Tigüilote (<i>Cordia dentata</i>)	203	13,86		X	X
Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	169	11,54	X	X	X
Jocote (<i>Spondias purpurea</i>)	135	9,22	X	X	X
Chiquirin (<i>Myrospermum frutescens</i>)	125	8,53	X		X
Guacimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	99	6,76	X	X	X
Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	85	5,80	X	X	
Cerrillo (<i>Casearia corymbosa</i>)	65	4,44			
Jiñote (<i>Bursera simaruba</i>)	51	3,48	X	X	X
Acetuno (<i>Simarouba amara</i>)	45	3,07	X		
Cortez (<i>Tabebuia ochracea</i>)	45	3,07	X	X	

En la figura 5 se muestra la distribución de potreros según promedios de cobertura arbórea y densidad (N^0/ha) e índices de sombra. Se observó que la mayoría de potreros con índices en escala de 0 a 48% de sombra y un número reducido de 4 potreros tienen una cobertura mayor a 48%, esto puede deberse a que la mayoría de árboles en estos potreros son árboles jóvenes con DAP menor a 30cm, lo que por su tamaño y tipo de copa no afectan la productividad de los pastos.

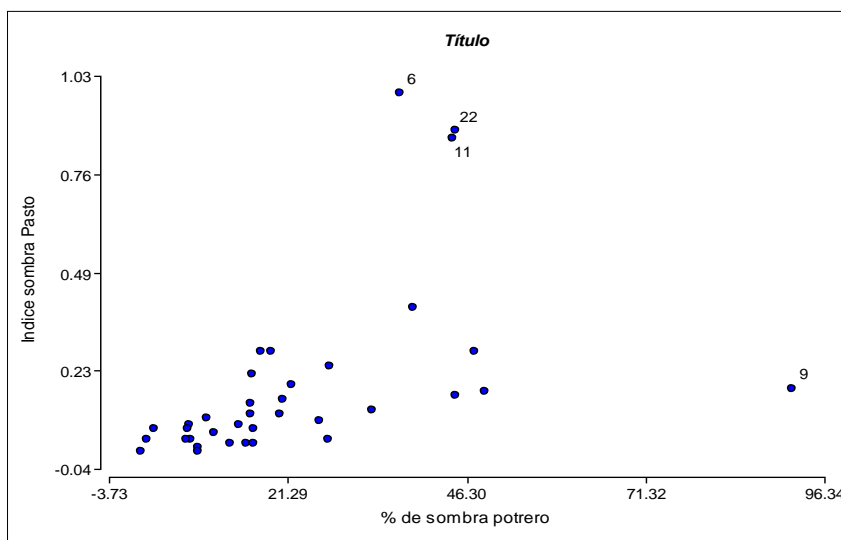


Figura 5. Relación entre porcentaje de sombra en potreros sobre el índice de sombra para pasto (N^0/ha).

6.2 Diseño de potreros según arreglo espacial de árboles dispersos

Se conformaron 4 grupos de potreros, basados en los análisis de provisión de servicios ecosistémicos, estructura y diversidad funcional de las especies arbóreas encontradas (Figura 6). Además se aplicó la fórmula $g = \pi(DAP/2)^2$ para encontrar el área basal de las especies (Cuadros 7 y 8).

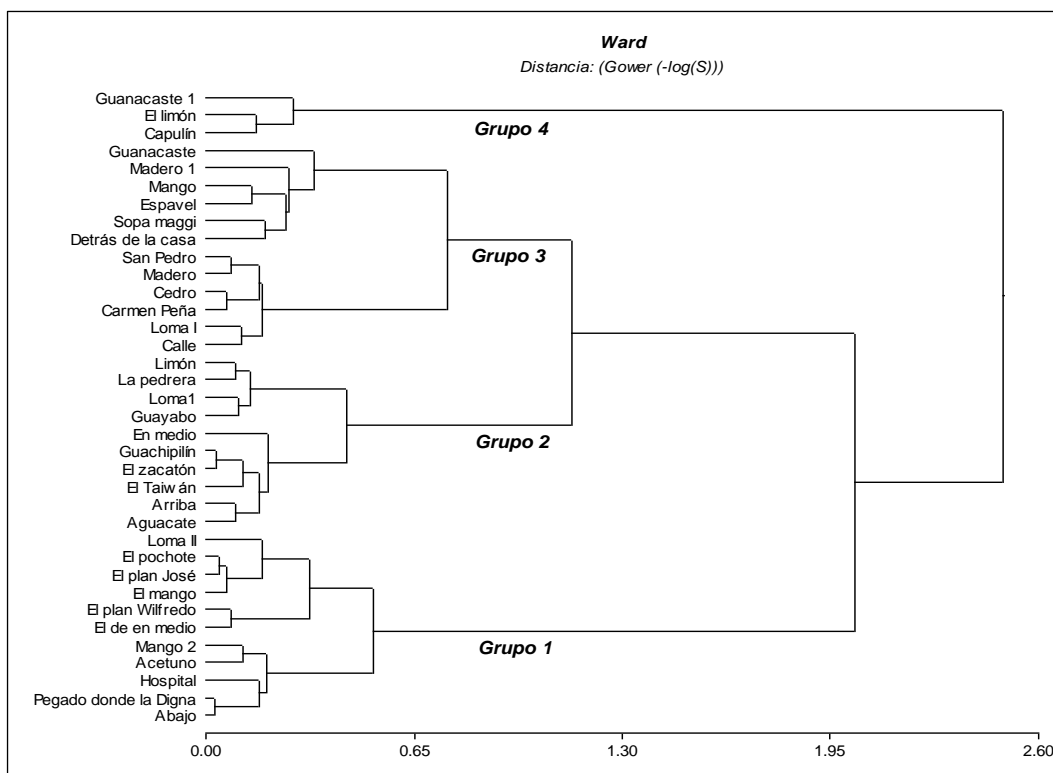


Figura 6. Agrupaciones de potreros evaluados, basados en estructura y diversidad funcional en árboles dispersos.

Del resultado de la distribución de los potreros se lograron identificar 4 diferentes agrupaciones (grupo 1, 2, 3 y 4).

Grupo 1, representados por 11 potreros y se caracterizaron por tener una baja diversidad de especies con menos 7,10 árboles por hectárea, un área basal de 49 (m²/ha).

Grupo 2, corresponde al arreglo de los dispersos representado por 10 potreros, significando el 27,8%, en su mayoría estos potreros se identificaron por tener una cobertura arbórea intermedia y pocos individuos, además las especies se caracterizaron por proveer sombras densas, con mayor altura, mayor fuste y de igual por proveer frutos durante épocas críticas del año. En el grupo 2 están los potreros del arreglo de los

dispersos con 18%. Cabe destacar que dentro de estos potreros se encontraron gran cantidad de especies de mayor altura.

Grupo 3, con 12 potreros es el que concentra la mayor cantidad de potreros con el 33% de los grupos, el cual se caracteriza una diversidad de especies media y la mayoría de árboles son jóvenes.

Grupo 4, con 3 potreros se encontró con el 8%, este grupo se caracterizó por tener áreas de mayor extensión y por ende mayor cantidad de individuos y especies en los potreros. Este conservó los mayores índices con un área de 8,50 promedio (ha), teniendo mayor riqueza de especies representadas por 24 especies, mayor abundancia con un promedio de 41,6 individuos (m²/ha), con un área basal de 67,00 (m²/ha) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diversidad, estructura y arreglo espacial de los árboles dispersos en potreros en Rivas, Nicaragua.

Grupo de potrero	Grupo 1 (n=11)	Grupo 2 (n=10)	Grupo 3 (n=12)	Grupo 4 (n=3)
Arreglos	Agrupado	Dispersos	Agrupados	Agrupados
Riqueza de especies (n° especies /ha)	5,91 ± 1,29a	8,3 ± 1,35a	19,33 ± 1,23b	23,67 ± 2,47b
individuos(n° árboles /ha)	7,10 ± 1,50a	20,3 ± 5,30ab	29,4 ± 6,80b	41,6 ± 2,20b
Área Basal (m²/ha)	49,00 ± 5,0	38,00 ± 7,4	29,00 ± 4,7	67,00 ± 4,7
Cobertura (%)	12,97 ± 0,34ab	17,98 ± 0,48b	12,49 ± 0,73a	10,46 ± 0,14a

6.3 Agrupaciones de las cercas vivas

Se identificaron 2 tipos de cercas vivas basado en la estructura, diversidad arbórea y provisión de SE. El grupo 1 (Cercas vivas simples) predominó por el uso de una o dos especies leñosas. El grupo 2 (cercas vivas compuestas) compuestas por más de 3 especies. (Figura 7).

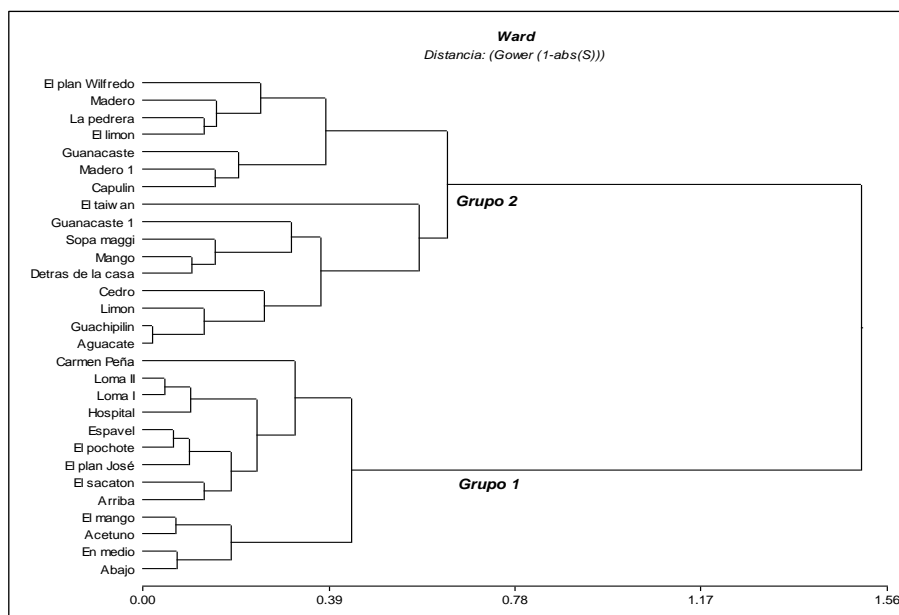


Figura 7. Agrupaciones de potreros evaluados, basados en los tipos de arreglos para cercas vivas.

El grupo 1 representado por 13 potreros de composición simple significando su distribución el 45% del total de los potreros, seguido del grupo 2 de distribución compuesta donde se encontraron 16 potreros significando el 55% (Cuadro 8).

Con relación entre los arreglos, la riqueza de especies obtuvo el mayor valor en el grupo 2, al igual que el número de individuos, con relación al área basal el mayor valor fue para el grupo 2, para el porcentaje de cobertura el mayor valor le correspondió al grupo 2. Cabe destacar que dentro de estos potreros con cercas vivas se encontraron muchas especies de mayor altura (Cuadro 8).

Cuadro 8. Diversidad, estructura y arreglo espacial de los árboles en las cerca vivas en Rivas, Nicaragua.

Grupo de potrero	Grupo 1 (n=13)	Grupo 2 (n=16)
Arreglos	Simple	Compuesta
Riqueza de especies (n° a/ha)	1,46 ± 0,34a	4,25 ± 0,31b
No. De individuos(n° arboles / km)	24,92 ± 7,26a	70,25 ± 6,54b
Cobertura (%)	23,3± 5,20a	51,53 ± 7,20b

En la zona de estudio, los potreros presentaron tres tipos de arreglos: agrupados, dispersos y cercas vivas, siendo las cercas vivas las más predominante, además que estas pueden contribuir en la provisión de leña, madera, fruto, sombra y forraje en las dos épocas del año.

Estos resultados concuerdan con el estudio realizado en Belén, Rivas por Sánchez *et al* (2004) donde el componente arbóreo de las fincas incluye pequeños remanentes de bosques, además el 39,5% tienen árboles en cercas vivas y el 80% tienen áreas de potreros en sus fincas con árboles dispersos.

En los arreglos dispersos las especies están distantes unas de otras lo que obliga al ganado a desplazarse en búsqueda de otros tipos de alimento principalmente en la época de verano. Además muchas de las especies dentro de este arreglo, proveen sombra al ganado en la época seca. Cabe mencionar, que no todas las especies encontradas en este arreglo son proveedoras de forraje y frutos.

El arreglo de los dispersos se encontró en menor cantidad en los potreros, resultados contrarios a los de Esquivel *et al* (2003) que encontró árboles dispersos en potreros en todas las fincas estudiadas o sea en el 87% de los potreros, en Costa Rica. De igual manera mencionó la prevalencia de árboles dispersos en pasturas reportada por otros autores. En Costa Rica Harvey y Haber (1999) encontraron árboles dispersos en el 100% de las fincas lecheras en Monteverde, además Stokes *et al* (2001) se refirió también que el 88% de los productores en cañas, mantienen árboles en potreros, y Souza de Abreu (2002) encontró árboles en potreros en más del 90% de las fincas en San Carlos. Similarmente, en el Caribe de Colombia se han encontrado árboles en el 100% de las fincas (Cajas, Sinclair 2001) y de igual manera en Matiguás y Rivas, (Nicaragua), se encontraron en el 90% de los potreros (Gómez 2004). Lo que coincide que en los potreros de la zona estudiada predomina la riqueza de especies.

6.4 Relación de los grupos de potreros con los rasgos funcionales

De acuerdo a la media de los rasgos versus los tipos de arreglos evidenció diferencias para dap con ($h = 3,63$; $p = 0,0585$), Altura de árbol con ($h = 30,7$; $p = < 0,0001$), Altura de fuste con ($h = 12,67$; ($p = < 0,0001$), Altura de copa con ($h = 111,9$; $p = < 0,0001$) (Cuadro 9).

La altura de árbol fue mayor en los agrupados que en los dispersos, de igual manera la altura del fuste fue mayor en el arreglo de los agrupados que en los dispersos así como la altura de copa, exceptuando los dap que no tuvieron diferencias.

Cuadro 9. Relación de los grupos de potreros con los rasgos funcionales o variables dasométricas

Rasgo	Agrupado	Disperso
Dap (cm)	23,61 ± 0,0072a	22,47 ± 0,0313a
Altura de árbol (m)	9,09 ± 0,0018b	8,01 ± 0,0085a
Altura de fuste (m)	2,80 ± 0,0014b	2,69 ± 0,0010a
Altura de copa (m)	4,49 ± 0,0013b	3,05 ± 0,0043a

6.5 Grupos funcionales de leñosas perennes presentes en las pasturas activas

Según los rasgos funcionales de los árboles se logró agrupar a las especies en cuatro tipos funcionales de plantas TFP: TFP1, TFP2, TFP3 y TFP4.

El TFP 1 representó a 13 especies, estas se asociaron más a la altura de copa y fuste, en este grupo se encontraron las especies que proveen sombra densa, además se caracterizaron por tener copas anchas y proveer frutos en las dos épocas del año, estas especies son genízaro, jícaro, guanacaste, mango, y que brindan dos o más servicios ecosistémicos tales como sombra para ganado y resiliencia para la época seca (Figura 8).

El TFP 2 conformado por 22 especies y se caracterizó por tener árboles mayor diámetro y área de copa, mayoritariamente son maderables, forrajeras y leñosas. En este grupo se encontraron especies que proveen más de dos servicios ecosistémicos como; guácimo, jocote, tigüilote, guachipilín (*Diphysa americana*). El TFP 3 con características intermedias con 18 especies, con sombra moderada, alturas y copas moderadas con especies leñosas y maderables, las cuales por sus características proveen menos servicios ecosistémicos que los dos grupos anteriores a excepción del espino de playa que brinda dos servicios ecosistémicos (sombra para ganado y nutrición). El TFP 4 conformado por 18 especies que es el grupo de menos representación dentro de los potreros con respecto a los otros grupos, con especies maderables y leñosas que proveen frutos de forma temporal y sombra moderada, entre las que destaca el carao, espavel, carbón (*Astronium graveolens*) y el ceibo (*Ceiba pentandra*) que proveen más de 2 SE (Figura 8).

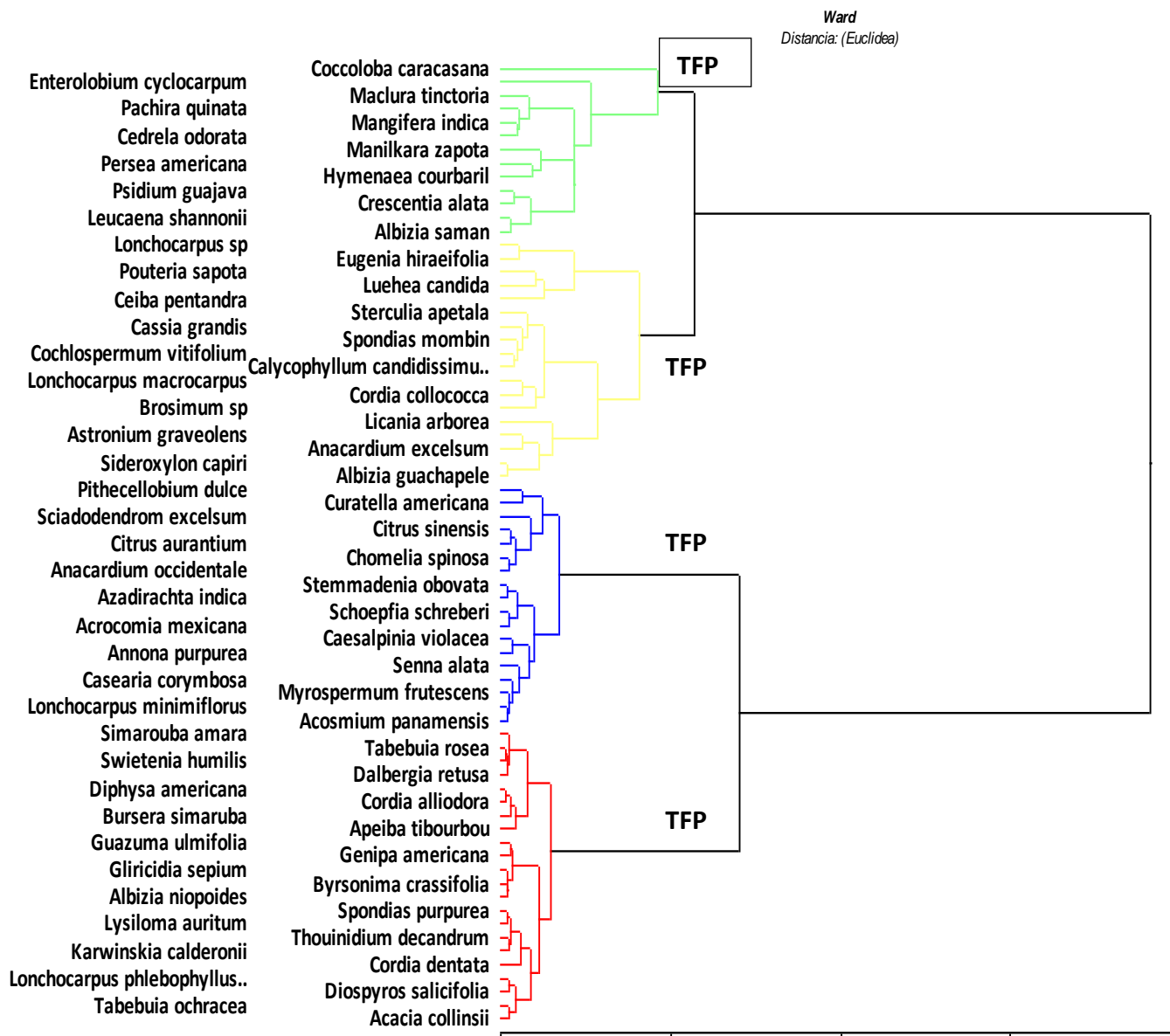


Figura 8. Agrupaciones de tipos funcionales de plantas formadas con características morfométrica.

En la ordenación de las especies arbóreas agrupadas por los rasgos de los árboles explica que el 77 % de los datos en los dos ejes (Figura 9). Las asociaciones entre altura de fuste, altura de copa y altura del árbol, fueron positivas con el TFP's del grupo 1 y negativas con los TFP's del grupo 4. El TFP's del grupo 2 se asoció positivamente a mayores diámetros de copas, y de forma negativa al grupo 3.

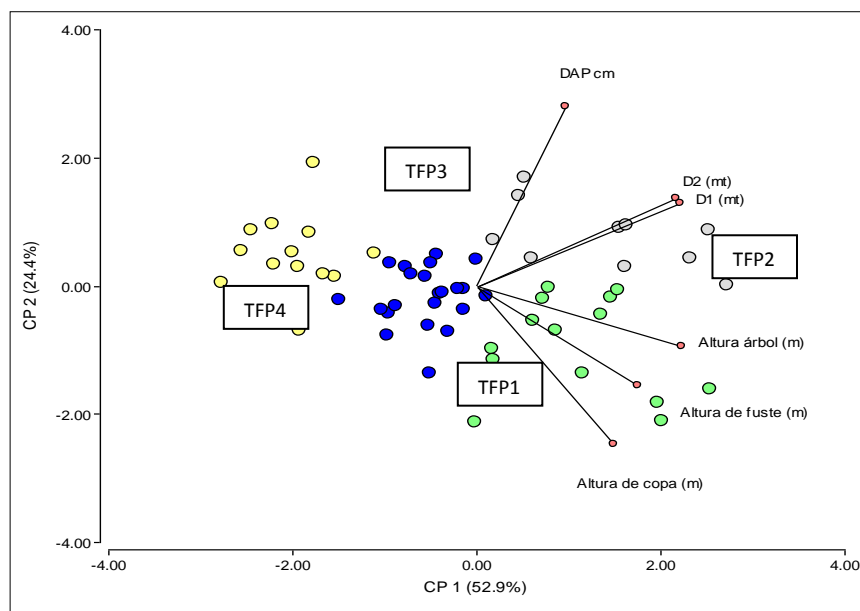


Figura 9. Descripción de asociaciones de tipos funcionales de plantas basados en características morfológicas.

Se diferenciaron cuatro grupos de tipos funcionales de plantas (TFP) de las especies arbóreas (TFP1, TFP2, TFP3, y TFP4) con ($p > 0,05$), asociados por sus características morfológicas, por altura del árbol (m), altura de fuste (m), altura y dap (cm).

El mayor valor de dap (cm) se encontró en los TFP 2 y 4. Los árboles con mayor altura (m) se encontraron en el TFP 3 y el menor valor fue para el TFP2. La mayor altura de copa (m) también la presentaron los TFP 3 y 2 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Características de los rasgos funcionales por los tipos funcionales de plantas (TFP).

Rasgo	TFP 1	TFP 2	TFP 3	TFP 4
Dap (cm)	23,4 ± 0,0027b	18,33 ± 0,028	24,49 ± 0,0196d	36,35 ± 0,1290c
Altura Árbol (m)	9,5 ± 0,0020b	6,18 ± 0,006a	12,75 ± 0,073d	11,56 ± 0,0280c
Altura Fuste (m)	2,87 ± 0,019b	1,99 ± 0,009a	3,96 ± 0,031c	3,61 ± 0,0090c
Altura Copa (m)	4,45 ± 0,0015	2,81 ± 0,0043	7,44 ± 0,050	4,16 ± 0,0130

El grupo con el TFP1 cuenta con baja cantidad de especies tales como: papalón (*Coccoloba caracasana*), guanacaste, mango, aguacate (*Persea americana*), guayaba (*Psidium guajava*), genízaro, jícaro entre otros, con un área basal y cantidad de individuos

mediana, suministrando cobertura y densidad de sombra mediana en los potreros. Finalmente el grupo 4 es el que contiene mayor cantidad de especies tales como: Ceibo, muñeco (*Cordia collococca*), güilgüiste, poró poró (*Cochlospermum vitifolium*), carao, espavel entre otros, con mayor área basal con mayor cantidad de individuos con una cobertura y densidad de sombra baja en los potreros.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sotelo (2011) donde el grupo funcional donde se encuentran especies como gallinazo y guanacaste, especies que se caracterizan por presentar grandes diámetros de copa y altas densidades de copa que favorecen la provisión de sombra.

El grupo TFP2 presenta una diversidad de especies y área basal moderada entre las cuales están el gallinazo, jocote, acetuno (*Simarouba amara*), madero negro, zorrillo (*Thouinidium decandrum*), tigüilote entre otros, con una alta cobertura y densidad de sombra proveído por una baja cantidad de individuos, estas características hacen que los potreros tengan una mejor disponibilidad de sombra y alimento en las dos épocas del año. Sin embargo, Villanueva *et al.* (2010) concluye que en los árboles con copas densas, la disponibilidad de pasto se reduce entre el 50–97% en comparación a pleno sol, mientras en los de copa liviana la reducción fue menor del 11%.

Basado en los resultados obtenidos en este estudio y lo concluido por Villanueva *et al.* (2003) que es importante el manejo de la densidad de copa de los árboles por parte de los productores para lograr beneficios óptimos de la sombra para pasto y ganado.

Los resultados obtenidos indican que, el grupo 2 de especies presentó las características más idóneas para lograr distribución individuos con cobertura y densidad de sombra apropiada dentro de los potreros (moderada- alta). Los resultados de Sotelo (2011) coincide que dentro de los grupos se encuentran especies como jocote y güilgüiste que presentan, pequeños diámetros en su copa y bajos porcentajes en la densidad de sombra de la copa.

Por otro lado, el grupo con el TFP3 se encuentran con mediana cantidad de especies tales como, coyol, naranja dulce (*Citrus sinensis*), chaparro (*Curatella americana*), malacaguiste (*Chomelia spinosa*) entre otros, con área basal bajo, cobertura de sombra mediana y densidad moderada, generada por una mediana cantidad de individuos, lo que nos indica que teniendo mediana cantidad de individuos y mediana diversidad de especies se logra una buena cobertura y densidad de sombra disponible en los potreros.

De los TFP el más prevaleciente en los potreros fue el grupo con el TFP 4, que aunque tienen mayor cantidad de individuos y mayor área basal, este; no logra proveer

una densidad y una cobertura de sombra suficiente para el ganado, ya que en este grupo prevalecieron individuos con copas livianas.

Sánchez *et al* (2004), menciona que los árboles dispersos y cercas vivas en potreros son elementos comunes, sin embargo los árboles dispersos por aparte se caracterizaron por tener bajas densidades (16.2 árboles/ ha¹ en promedio): baja cobertura arbórea (promedio de 6,2 %), y considerables especies por aparte (promedio de 11.4).

También concuerdan con el planteamiento realizado por Sánchez *et al* (2004) donde asevera que los productores conocen bien la cobertura arbórea presente en sus fincas y sus usos. Además, son capaces de identificar las calidades que los hacen útiles. Citando algunos ejemplos, conocen que el guanacaste y el guácimo producen frutos y follaje para consumo animal; el guanacaste y el mango proveen sombra; la caoba (*Swietenia humilis*), el pochote (*Pachira quinata*) y el laurel proveen madera; el eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) y el mango sirven para medicina (desinflamatorios); y el tigüilote funciona como prendedizo en cercas vivas. Además, son conscientes de que los árboles forrajeros juegan un papel importante en la alimentación del ganado en la época seca, cuando existe un déficit alimenticio por la poca productividad de pasto y retienen especies forrajeras para este fin. En las fincas estudiadas por Sánchez *et al* (2004) existe una densidad promedio de 4 árboles forrajeros/ha, siendo las especies más abundantes el guácimo con 15% del total de árboles dispersos en los potreros, madero negro con el 6.4% y guanacaste el 3%.

Olivero (2010) evidenció que la especie más notable desde el punto de vista multifuncional, es genízaro, ya que ofrece múltiples servicios (madera, medicina, cercas vivas).

6.6 Valoración de servicios ecosistémicos en árboles dispersos en potreros

6.6.1 Conservación de la biodiversidad

El índice de diversidad en los árboles dispersos en potreros presentó diferencias siendo los grupos 1 y 2 los que presentaron valores bajos, mientras que los grupos 3 y 4 obtuvieron mayores valores con especies que se caracterizaron por conservar mayor riqueza y abundancia contribuyendo a la conservación de la biodiversidad (Cuadro 11).

Cuadro 11. Índice de conservación de la biodiversidad en los distintos grupos de árboles dispersos en potreros.

Grupo de potrero	Índice de conservación de la biodiversidad
1	0,36 ± 0,03a
2	0,40 ± 0,03a
3	0,54 ± 0,03b
4	0,60 ± 0,06b

Grupo 1: Baja diversidad de especies (< 10 sp); Grupo 2: Árboles dispersos en potreros; Grupo 3: Media diversidad de especies (10-20 sp); Grupo 4: Alta diversidad de especies (< 20 sp).

La riqueza y la abundancia de especies son clave para la conservación de la biodiversidad, sin embargo su distribución dentro de los potreros debe estar apoyada por un diseño compatible con los objetivos ganaderos relacionados con la producción pecuaria. Gómez, 2000, citado Useche, 2011 encontró en la zona de Matiguás, Nicaragua y Monte Verde, Costa Rica, que los productores valoran los servicios de los árboles tales como; leña, frutos y madera, pero ellos consideran que la falta de experiencia, recursos y conocimientos, son limitantes para la implementación de SSP como una estrategia de conservación de la biodiversidad.

6.6.2 Carbono

Se observó que los potreros con mejor estructura, riqueza y diversidad son los que presentaron un potencial más alto para el almacenamiento de carbono, y la abundancia de especies encontradas en estos potreros, sin embargo los grupos 1 y 2 no presentaron esas características (Cuadro 12). Lo anterior refleja que los potreros con mayor índice presentaron una mayor densidad de árboles y diámetro a la altura del pecho, lo cual tiene un valor importante dentro de las funciones de remoción de carbono (mitigación) de los sistemas silvopastoriles.

Cuadro 12. Índice de carbono en los distintos grupos de árboles dispersos en potreros.

Grupo de potrero	Índice de Carbono
1	0,10 ± 0,05a
2	0,22 ± 0,05ab
3	0,39 ± 0,05b
4	0,37 ± 0,10b

Grupo 1: Baja diversidad de especies (< 10 sp); Grupo 2: Árboles dispersos en potreros; Grupo 3: Media diversidad de especies (10-20 sp); Grupo 4: Alta diversidad de especies (< 20 sp)

6.6.3 Nutrición bovina

El índice de nutrición bovina en los arboles dispersos en potreros presentaron diferencias, siendo los grupos 2, 3 y 4 los más bajos en aporte a la nutrición. El grupo 1 fue el grupo con mayor índice caracterizando así a las especies que dieron mayor aporte al servicio de nutrición bovina. (Cuadro 13).

Cuadro 13. Índice de nutrición bovina en los distintos grupos de árboles dispersos en potreros.

Grupo de potrero	Índice de Nutrición bovina
1	0,64 ± 0,07c
2	0,11 ± 0,07a
3	0,37 ± 0,06b
4	0,37 ± 0,13b

Grupo 1: Baja diversidad de especies (< 10 sp); Grupo 2: Arboles dispersos en potreros; Grupo 3: Media diversidad de especies (10-20 sp); Grupo 4: Alta diversidad de especies (< 20 sp).

De igual manera Mosquera (2010) en su trabajo, aseveró que el conocimiento local de los SE por parte de los ganaderos, es importante para complementar la alimentación animal, por ejemplo menciona que el guácimo es la fruta que según los ganaderos apetece más el ganado “aporta gran cantidad de vitaminas por ser un fruto fresco”, su sabor dulce y fuerte olor a miel, se vuelve irresistible para el ganado, el cual lo consume en estado seco una vez cae de los árboles, incluso su preferencia por este fruto está por encima del mismo pasto. Una de las grandes ventajas del fruto de guácimo, es que los productores conocen la fenología foliar de este árbol, el cual aunque es caducifolio, ofrece sus frutos en la época de sequía donde el pasto es cada vez más escaso. La ubicación paisajística de guácimo por lo general es disperso en los potreros y en las cercas vivas, con el objetivo de que el animal que busca refugio de los rayos del sol, aproveche este espacio para comer esta fruta. Otro ejemplo mencionado, es el fruto de mango muy usado para la alimentación voluntaria del ganado, su sabor dulce, resistencia a la sequía y a condiciones de baja fertilidad de suelos, su gran tamaño, abundancia en la zona lo constituyen en uno de los frutos que más ayudan al ganadero durante la época de sequía.

Los SE en el diseño de los dispersos presentan menor relación, ya que estos están más distanciados unos de otros con menor cantidad de especies, especialmente con especies con mediana resiliencia a la sequía.

Según Mosquera (2010), confirmó que la mayoría de los productores no realizan siembra de árboles dispersos en los potreros, si no que aprovechan los que son el resultado de la regeneración natural (dispersados por aves, viento, ganado, escorrentía, otros) y luego seleccionan y dejan crecer los que por sus usos conocidos (sombra, frutos, forraje, entre otras), presten un beneficio a la producción ganadera. Entre las especies más utilizadas localmente como árboles dispersos en los potreros están: jícaro, genízaro, guanacaste, guácimo, carao, roble (*Tabebuia rosea*).

6.6.4 Sombra para pasto

El grupo 4 al que pertenece el arreglo de los arboles agrupados, presentó los valores de índices más altos, mientras más cercano a 1 estuvieron estos valores, existió menor sombra y cuando estuvieron más distantes de 1, existió mayor sombra. Estos resultados dieron una valoración positiva, ya que las especies que proveen proyección de sombra de ralas a moderadas no inhiben el desarrollo del pasto (Cuadro 14).

Cuadro 14. Índices de sombra según los grupos de árboles dispersos en potreros.

Grupo de potrero	Índice sombra para el pasto
1	0,05 ± 0,02a
2	0,10 ± 0,02a
3	0,20 ± 0,02b
4	0,91 ± 0,04c

Grupo 1: Baja diversidad de especies (< 10 sp); Grupo 2: Arboles dispersos en potreros; Grupo 3: Media diversidad de especies (10-20 sp); Grupo 4: Alta diversidad de especies (< 20 sp).

Sauceda (2010) en su investigación sobre densidad arbórea y arreglos espaciales identificó que el carao, coyote (*Platymiscium parviflorum*), quebracho (*Lysiloma auritum*), guanacaste y genízaro proyectan mayor área de sombra, resultados que coinciden en su mayoría con las especies identificadas en este estudio a excepción del coyote. Estas especies presentaron mayor área de copa, con mayor área sombra proyectada en los potreros. Otro aspecto importante que reporta Sauceda (2010) para la zona de Rivas, es la cobertura arbórea promedio de 12% con rangos entre 4 a 20%; que indica que, la cobertura arbórea en el área ha ido aumentando debido a que los productores cada vez conocen y valoran más los servicios ofrecidos por los árboles y coberturas.

Los resultados obtenidos en este estudio relacionados con la arquitectura del árbol (altura, el diámetro de la copa, la forma de la copa, la densidad y la distribución del

follaje) y su influencia sobre la cantidad de luz que recibe una pastura, coinciden con obtenidos por Ross (1981), Solórzano *et al.* (1998). De igual manera Saucedo (2010) en su trabajo determinó que los índices de percolación a densidades arbóreas < 20 árboles (ha) el porcentaje de percolación es menor y que para alcanzar un nivel de percolación del 100%, se requieren densidades de árboles > 20 árboles (ha).

Sin embargo Guevara *et al.* (1994) aseveró que posiblemente, con estas densidades se puede obtener un efecto positivo desde el punto de vista de la conservación, ya que se logra una conectividad estructural relativamente alta a nivel de potrero, además los árboles facilitan el intercambio de polen y de semillas entre fragmentos del bosque, al propiciar el movimiento de animales polinizadores sin embargo, la productividad de los pastizales, tiende a decaer al aumentar la cobertura arbórea como consecuencia de una mayor área de sombreado.

Otros estudios han demostrado que a bajas densidades de árboles, la productividad del pasto se incrementa. En cambio, a densidades arbóreas altas, la productividad disminuye, principalmente en áreas influidas por la copa de los árboles (Belsky *et al.* 1993).

Mosquera (2010) menciona que el 88% de los productores prefieren las especies que tengan una sombra rala con hojas pequeñas que permitan el paso de los rayos del sol (alta transmitancia) para evitar así la muerte del pasto que podría crecer bajo estos; una copa amplia que pudiera albergar una gran cantidad de animales, sin que estos tengan que dispersarse en los potreros en busca de sombra.

6.6.5 Resiliencia a la época seca

En el análisis de evaluación de índice del servicio de resiliencia a la época seca con valor de ($p < 0,0001$) hubo diferencias entre los grupos donde el mayor valor de los índices le correspondió al grupo 1 con respecto a los demás grupos. En el grupo 1 se encontraron potreros que ofrecieron los mejores aportes nutricionales al servicio de resiliencia. Con respecto a la riqueza de especies se obtuvo que más del 60% tienen más de cinco especies proveedoras de servicio para resiliencia. Se consideró en estos resultados que en los potreros existen especies jóvenes que no han desarrollado sus características de formación y reproducción de frutos para proveer este servicio (cuadro 15).

Cuadro 15. Índice de resiliencia según los grupos de árboles dispersos en potreros.

Grupo de potrero	Índice resiliencia época seca
1	0,73 ± 0,04c
2	0,17 ± 0,04a
3	0,38 ± 0,04b
4	0,41 ± 0,08b

Grupo 1: Baja diversidad de especies (< 10 sp); Grupo 2: Árboles dispersos en potreros; Grupo 3: Media diversidad de especies (10-20 sp); Grupo 4: Alta diversidad de especies (< 20 sp).

La resiliencia a la época seca presenta un comportamiento opuesto a los otros SE, ya que se da una mayor relación en el diseño de los agrupados, con mayor cantidad de especies perennifolias que aportan frutos y forrajes durante todo el año, finalmente en el diseño de los dispersos su relación es mediana, ya que no existe limitante para el establecimiento de especies perennifolias y estas están en dependencia del modo de dispersión y la cobertura del potrero.

Laliberté *et al.* (2010) indica que la resiliencia de un ecosistema depende de dos factores en términos de ecología funcional: (1) la redundancia funcional - que es el número de especies que contribuyen de una manera similar a la función de los ecosistemas, y (2) la diversidad de la respuesta - la similitud funcional de las especies para responder a las perturbaciones. Lo mencionado anteriormente explica desde el punto de la ecología funcional de las especies complementa los resultados obtenidos en este estudio.

De la misma manera Olivero (2010) en su investigación relacionada con la resistencia a la sequía de algunas especies en la zona de Belén, Rivas, menciona que, el aumento o dar prioridad a la diversidad de respuesta y la redundancia funcional proporcionada por diferentes especies en términos de una (o más) funciones de los ecosistemas de interés, son capaces de aumentar la resistencia a las perturbaciones como grave sequía en las regiones áridas y semiáridas. En términos de multifuncionalidad, sus resultados sugieren que las especies que proporcionan la mayor cantidad de servicios de importancia para los agricultores (tolerancia a la sequía, menor evaporación, la conservación de los pastizales, etc) son jícara y guácimo, así también menciona que, las dos especies más importantes que proporcionan forraje durante la estación seca son; genízaro (hojas, flores y semilla comestible), guácimo (hojas, flores y frutos).

Zamora (2001) manifiesto que las ventajas de uso de fruto y follaje son para que el animal se mantenga sano en la época seca y que además baja la incidencia de

enfermedades y la mortalidad de igual manera la producción se disminuye pero en pequeñas escalas.

6.7 Valoración de servicios ecosistémicos en cercas vivas

6.7.1 Conservación de la Biodiversidad

El índice de conservación de la biodiversidad en cercas vivas dentro de los potreros presentó diferencias, siendo los grupos de las cercas vivas simples los que presentaron valores bajos, en estas se encontraron la menor cantidad de individuos y menos riqueza, contrario a los grupos de las compuestas que obtuvieron los mayores valores encontrándose conglomerada la abundancia y la riqueza de especies (Cuadro 16).

Las cercas vivas son proveedoras de SE como; sombra, frutos, leña, forraje, madera, carbono y aprovechados por los productores. La selección de árboles para las cercas vivas responde a las características físicas, ambientales (especies de rápido crecimiento, adaptación a diferentes tipos de suelos) y su funcionalidad para proveer SE.

Resultados de Useche 2011, en Matiguás, Nicaragua identificaron que, los productores implementan las cercas vivas, para sustituir los postes de madera muerta, que tienen menor duración ahorrando mano de obra y costo de materiales, así como una estrategia para frenar la tala de árboles dentro de los fragmentos de bosques que contribuyen a mantener la riqueza de las especies. Por otro lado, estudios recientes en Honduras, demostraron que el 70% de la leña utilizada en fincas ganaderas provenía de las cercas vivas y de los árboles dentro de los potreros (Pérez 2006). En la zona de estudio el accionar de los productores es diferente, ya que ellos implementan muy poco el diseño de cercas vivas, debido a que los diseños de los potreros cuentan con cercas de postes de madera muerta y solamente el poste que se elimina por pudrición es sustituido con especies utilizadas en cercas vivas. Por tanto la leña es producida solo por los árboles dentro de los potreros.

6.7.2 Carbono

Se observó que los potreros en el grupo de cercas vivas compuestas con mejor estructura, riqueza y diversidad, son los que presentaron un potencial más alto para el almacenamiento de carbono. De igual manera la diversidad de especies contribuyen a un mayor aporte de carbono generado dentro de las cercas vivas (Cuadro 16). Los productores que disponen de diseño de potreros con cercas vivas compuestas y conocen de sus beneficios continúan extendiendo este tipo de cercas vivas dentro de su finca, utilizando material vegetativo disponible.

6.5.3 Nutrición bovina

El índice de nutrición bovina en las cercas vivas simples en potreros presentó diferencias significativas, siendo los más bajos en aporte a la nutrición. El grupo de las cercas vivas compuestas, fue el grupo con mayor aporte de nutricional (Cuadro16).

Los potreros concentran la mayor cantidad de especies en las cercas vivas, que son las que aportan sombra y nutrición durante todo el año, pero estas no son aprovechadas en su totalidad por el ganado, ya que los productores no realizan actividades de manejo para aprovechar el complemento alimenticio que generan estas especies en la nutrición animal.

6.5.4 Sombra para pasto

El grupo de las cercas vivas compuestas presentó los valores de índices más altos, que indica que mientras más cercano a 1 estuvieron los valores, existió menor sombra y más cercanos al valor 0 mayor sombra. Estos resultados indican que gran cantidad de especies proyectaron sombras ralas a moderadas, a su vez fueron aprovechada por el ganado para descansar y mitigar el estrés calórico (Cuadro 16).

6.5.5 Resiliencia a la época seca

En el análisis de evaluación de índice del servicio de resiliencia a la época seca no hubo diferencias entre los grupos, donde el mayor valor le correspondió a las cercas vivas compuestas con respecto a las simples (cuadro 16).

Cuadro 16. Índices de los distintos servicios ecosistémicos en cercas vivas simples y compuestas.

Índice de Servicio ecosistemicos	Cerca vivas simples	Cerca vivas compuestas
Conservación de la biodiversidad	0,39 ± 0,03a	0,55 ± 0,03b
Carbono	0,37 ± 0,10a	0,75 ± 0,08b
Nutrición bovina	0,46 ± 0,04a	0,70 ± 0,05b
Sombra para pasto	0,06 ± 0,02a	0,65 ± 0,08b
Resiliencia a la época seca	0,17 ± 0,03a	0,23 ± 0,03a

Cercas viva simples; Menor riqueza y abundancia; Cercas vivas compuestas; Mayor riqueza y abundancia de especies.

6.8 Índices globales

Los arreglos de árboles dispersos en potreros tienen mayor diversidad de especies, por tanto proveen mayor cantidad de servicios. En este arreglo se encontraron especies que proveen más de dos SE como; guácimo, jocote, tigüilote, guachipilín (*Diphysa americana*) (Figura 10).

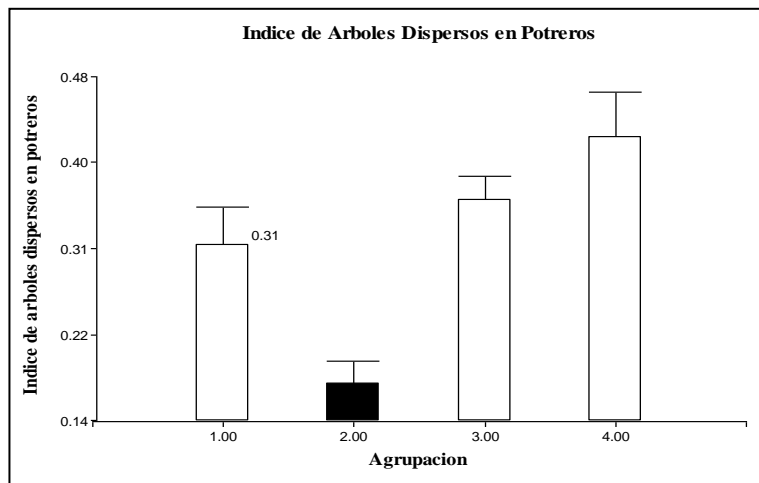


Figura 10. Índice generados por los servicios ecosistemicos de árboles dispersos en potreros.

Los resultados de índices en cercas vivas fueron presentados en dos grupos; cercas vivas simples y cercas vivas compuestas, siendo este último el de mayor índice con 42% del total de potreros. Para el caso de las cercas vivas simples alcanzó un índice menor con 32%. La diferencia entre estos dos grupos radicó en la presencia de mayor área, mayor riqueza de especies y abundancia, donde predominaron especies como: tigüilote, madero negro, jocote, chiquirín y guácimo. Adicionalmente estas especies se caracterizaron por proveer otros usos como madera, leña y forraje (Figura 11).

La caracterización de los índices globales fue realizada por grupo de potreros y tipos funcionales de plantas (TFPs). El mayor índice lo presentó el grupo 3 (41%) seguido del 4 (39%). Los grupos 1, 3 y 4 según caracterización realizada de los potreros pertenecen al arreglo de árboles agrupados y el grupo 2 al arreglo de árboles dispersos (Figura 12).

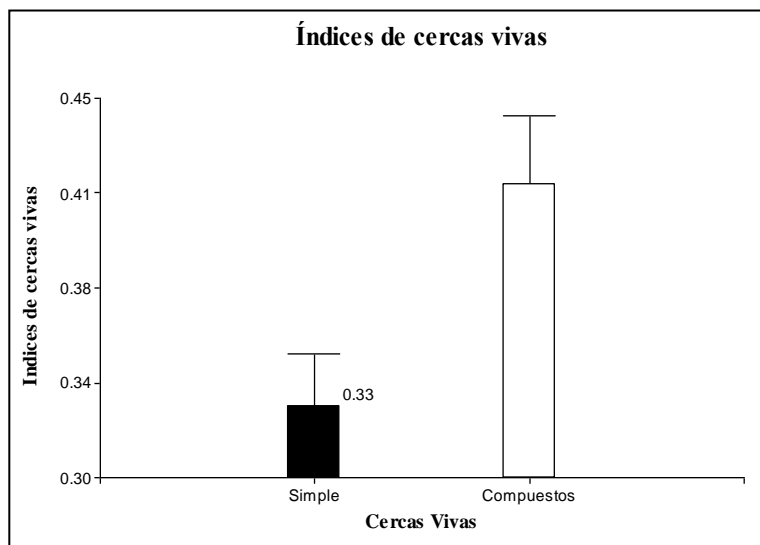


Figura 11. Índice generado por los servicios ecosistemicos en cercas vivas.

Según los índices generados por los SE, cada grupo presentó especies proveedoras de dos o más servicios dentro de cada potrero, a excepción del grupo 2 que presento menos de dos SE. El grupo 1, presentó especies que proveyeron sombra densa, además se caracterizaron por proveer frutos y tener copas anchas durante la época seca y lluviosa, estas especies son genízaro, jícaro, guanacaste, mango, y que brindan dos o más SE. El grupo 2 con árboles de mayor diámetro y área de copa, mayoritariamente son maderables, forrajeras y leñosas. En este grupo se encontraron especies como; guácimo, jocote, tigüilote, guachipilín (*Diphysa americana*).

El grupo 3 presento el mayor índice con el 41%, este grupo presentó especies, con sombra moderada, alturas y copas moderadas principalmente especies maderables y leñosas, en este grupo de potreros prevaleció una mediana diversidad de especies entre 10- 20 esto se puede atribuir a que en este grupo de potreros se encontraron en su mayoría especies jóvenes en etapa de desarrollo. Seguidamente el grupo 4 con el 39% tuvo poca representación dentro de los potreros con respecto a los otros grupos, se encontraron especies maderables y leñosas que proveyeron frutos de forma temporal y sombra moderada, entre las que destaca el carao, espavel, carbón (*Astronium graveolens*) y el ceibo (*Ceiba pentandra*) que proveyeron más de dos SE. Además este grupo se caracterizo por tener una alta diversidad de especies <20 sp. Generalmente en este grupo se encontraron pocos potreros pero con aéreas de mayor extensión, especies de mayor diámetro de copa y mayor altura, área basal.

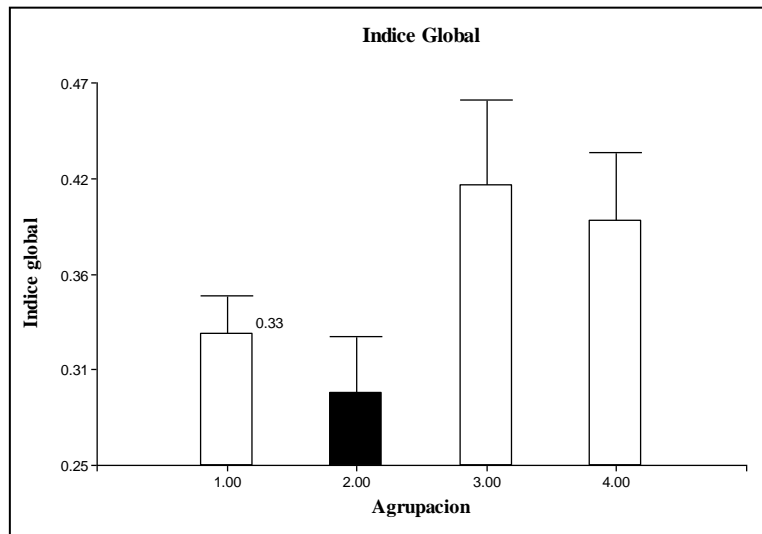


Figura 12. Índices globales generados por los servicios ecosistemicos de árboles dispersos y cercas vivas.

7 CONCLUSIONES

- En la fincas se encontraron 3 grupos de arreglos de potreros (dispersos, agrupados y cercas vivas), a su vez se identificaron 4 grupos de potreros de acuerdo a su composición, diseño y estructura (grupos 1, 2, 3 y 4).
- La abundancia del componente arbóreo presente en los potreros de la zona se diferencian según el tipo de diseño y estructura de este, encontrando dominio de árboles agrupados en los arreglos.
- El arreglo de árboles agrupados en potreros fue el de mayor representatividad, destacándose las especies: Guácimo, genízaro, madero negro, tigüilote.
- Los tipos funcionales de plantas (TFPs) con las mejores características morfológicas fueron los TFP 3 y 4; donde el TFP 3 tiene mediana cantidad de especies e individuos, con cobertura mediana y densidad moderada, lo que permitió una adecuada cobertura y densidad de sombra distribuida en los potreros.

- El TFP 4, aunque tiene mayor cantidad de individuos, diversidad de especies y mayor área basal, este no logró proveer una densidad y cobertura arbórea por tener especies de edad joven las cuales no contribuyeron en la valoración de los SE.
- Los SE más destacados en los tres tipos de arreglos fueron; biodiversidad, nutrición bovina y resiliencia a la época seca, los cuales juegan un rol importante en la adaptación al cambio climático y variabilidad.
- Las especies arbóreas que más SE y usos brindaron fueron guácimo, jenízaro, tigüilote y madero negro, las cuales proveyeron servicios como nutrición bovina, sombra para pasto y resiliencia a la época seca. Además estas especies se encuentran en la mayoría de los potreros de la zona de Belén, Rivas, Nicaragua.

8 RECOMENDACIONES

- Aumentar la difusión del diseño de cercas vivas compuestas en potreros aprovechando el conocimiento local de los productores sobre las especies y sus beneficios y el potencial de servicios ecosistémicos. Son sitios que siguen siendo sub utilizados en la mayoría de finca.
- Implementar estrategias para incrementar la densidad y diversidad arbórea en los potreros a nivel de árboles dispersos y cercas vivas para aumentar la multifuncionalidad de los potreros, lo cual mejorará la generación de servicios ambientales y la adaptación al cambio climático y variabilidad.
- El intercambio de experiencias y conocimientos de SSP entre fincas y territorios facilita la difusión para la implementación y uso de los SSP, con el propósito de aumentar la cobertura arbórea para conservación (liberación de zonas críticas por medio de la intensificación de la ganadería) y en potreros.

9 BIBLIOGRAFIA

- Akpo, L; Goudiaby, V; Grouzis, M; Le Houerou, H. 2005. Tree shade effects on soils and environmental factors in a savanna of Senegal. *West African Journal of Applied Ecology*. 7: 41-52.
- Akpo, L; Grouzis, M. 1996. Interactions arbre/herbe en zones arides et semi-arides d'Afrique: état des connaissances. *Rev di Agricol subtrop e trop*. 90:95-106.
- Albrecht, A; Kandji, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* .99 (1-3):15-27.
- Andrade, H. 2007. Growth and inter-specific interaction in Young silvopastoral systems with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Doctoral thesis Turrialba, Costa Rica 224 p.
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. Como monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. *Agroforestería de las Américas*. Vol. 10:109-116.
- Alonzo, I; Ibrahim, M; Gómez, M; Kees, P. 2001. Potencial y limitaciones para la adopción de los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforestería en las Américas*. 8 (30):24-27.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J. M; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Agroforestería de las Américas*. 10(37-38): 80-87.
- Belsky, J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands*. 26: 12-20.
- Belsky, J; Amundson R; Duxbury J; Riha S; Ali A; Mwonga S. 1989. The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi arid Savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*. 26: 1005-1024.
- Benavides, 1994. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa forestal para la ganadería. *Agroforestería para la producción agroforestal en Latinoamérica*. CATIE, Turrialba, CR p. 28, disponible en pdf. (8, 11, 15,16).
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey, C; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en

- Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40): 47-51.
- Campos, J; Alpizar, F; Louman, B; Parrotta, J; Madrigal, R. 2006. Enfoque integral para esquemas de pagos por servicios ecosistémicos forestales. In Mery, G. Alfaro, R.; Kanninen, M.; Lobovikov, M. *Forest in the Global Balance-Changing Paradigms*. Viena, Austria, IUFRO. (IUFRO World Series. Vol. 17). 1-26.
- Chacón, M; Harvey, C. 2006. Live Fences and Landscape Connectivity in a Neotropical Agricultural Landscape. *Agroforestry Systems*. 68:15-26.
- Chávez, J. Muller-Landau, H; Baker, T. Easdale, T; ter Steege, H; Webb, C. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications*. 16(6):2356-2367.
- Chávez, W. 2011. Diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la cuenca Gil Gonzalez, Rivas, Nicaragua. *Mag. Sc. Manejo de Bosques Tropicales y Biodiversidad*. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Ciesla, W. 1996. Cambio Climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. Roma, IT, FAO. 147 p.
- Cornelissen, J; Lavorel, S; Garnier, E; Díaz, S; Buchmann, N; Gurvich, D; Reich, P; Ter Steege, H; Morgan, H; Van der Heijden, M; Pausas, J; Porter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurements of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. 51, 335-380.
- Costanza, R; D'Arge, R; De Groot, R; Farber, S; Grasso, M; Hannon, B. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*; 387: 253–260.
- Daily, G. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 392 p.
- De Groot, R; Wilson, M; Boumans, R. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 41: 393–408.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C. (2008). *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- FAO. 2007. Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarias – 3. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.
- Gitay, H; Noble, I. 1997. What are functional types and how should we seek them? In: Smith, T.M., Shugart, H. y Woodward, F. (eds.) Plant Functional Types: their relevance to ecosystem properties and global change, Cambridge University Press, Cambridge. 3-19 p.
- Gómez, R; López, C; Harvey, C; Villanueva, C. 2004. Caracterización de las fincas ganaderas y relaciones con la cobertura arbórea en potreros en el municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro*, 36(68): 94-113.
- Gregory, S; Swanson, F; McKee, A; Cummins, W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones: focus on links between land and water. *Bioscience* 41 (8): 540-551.
- Guevara, S.; Meave, J.; Moreno-Cassasola, P.; Laborde, J.; Castillo, S. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* 28: 1-27.
- Harvey, C; Villanueva, C; Ibrahim, M; Gómez, R; López, M; Kunth, S; Sinclair, F. 2008. Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: Implicaciones para la conservación de la Biodiversidad. En Harvey, C; Sáenz, J. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. p. 197 – 224.
- Harvey, C; Medina, A; Sánchez, D; Vilchez, S; Hernández, B; Sáenz, J; Maes, J; Casanoves, F; Sinclair, F. 2006. Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16 (5): 1986-1999.
- Harvey, C; Haber, W. 1999. Remnant trees and conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*. 44: 37 – 68.
- Holdridge, LR. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, CR, IICA. Serie Libros y Materiales Educativos IICA no. 34. 216 p.
- Holguín, V; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Proyecto Enfoques silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. Managua, Nicaragua, INPASA. Serie Cuadernos de Campo. 23 p.

- Holmann, F; Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Oviedo, E; Baños, A. 1992. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. *Turrialba* 42(1):79 –89.
- Houghton, J. 1991. Scientific assessment of climate change: summary of the IPCC Working Group I Report. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, impacts and policy*. Proceedings of the second world climate conference, Cambridge University Press, Cambridge. 23-45.
- Ibrahim, M; Murgueitio, E. 2010. Congreso Internacional de la Agroforestería para la producción Pecuaria Sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos. Resúmenes. 1ª ed. Serie técnica, CATIE; No 15. Turrialba, CR. 160 p.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27 – 36.
- Ibrahim, M; Camargo, J. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? *Agroforestería en las Américas*. CATIE Turrialba Costa Rica. vol. 8 No 32. 35- 41.
- Ibrahim, M; Schlonvoight, A; Camargo, J; Souza, M. 2001. Multi-strata silvopastoral systems for increasing productivity and conservation of natural resources in Central America. Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Brazil. 645-649.
- INIFOM (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal). 2005. Ficha municipal del municipio de Belén. Consultado 27 abril 2012. Disponible en <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/RIVAS/belen.pdf>.
- 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. En publicación: *Revista Encuentro* Nro. 68. UCA, Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua.
- La Gaceta. 1996. Diario Oficial de la República de Nicaragua. No. 105. Ley 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua. Publicado el 6 de Junio del 1996.

- Le Houerou, H. 1996. The role of shrubs and trees in the sahelian and sudanian zone. In: le Hou´erou, H.N. (Ed.), *Browse in Africa: The Current State of Knowledge. Papers 110 presented at the International Symposium on Browse in Africa*. Addis Ababa, April 8–12. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 85–101.
- Martín-López, B; González, J.A; Díaz, S; Castro, I; García-Llorente; M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista ecosistemas* 16(3) 69-80.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *A Framework for Assessment. Ecosystems and Human Well - Being*. Washington, DC: Island Press. 49-70.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA*, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Mosquera, D. 2010. *Conocimiento local sobre bienes y servicios de especies arbóreas y arbustivas en sistemas de producción ganadera de Rivas, Nicaragua*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) Turrialba Costa Rica. 128 p.
- Muñoz, D; Harvey, C; Fergus L. S; Mora, J; Ibrahim, M. 2003. *Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica*. *Revista Agroforestería en las Américas* 10 (39) 61 –68.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. *Usos de la tierra en fincas ganaderas*. ed 1. CIPAV, Cali, COL. 97 p.
- Naiman, R; Bilby, R. 1998. *River Ecology and Management; Lessons From the Pacific Coastal Ecoregion*. New York: Springer-Verlag.
- Olivero, S. 2010. *Funtional traits approach to assess the ecological processe of drought tolerance and water use efficient in silvopastoril systems of Rivas Department*, Tesis M. Sc. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales, Turrialba, CR, CATIE.
- Palma, J. 2006. *Los árblosen la ganadería del trópico seco. Avances en investigación agropecuaria*. Universidad de Colima, México, *Revista REDALYC*, Vol. 9. No 01 ISSN, (Versión impresa) 0188 -7980.
- Pérez, N. 2011. *Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la*

época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Agroforestería Tropical (CATIE). Turrialba, C.R. Sin publicar.

- Petchey, O; Gaston, K. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5: 402–411.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1996. Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. Primer foro internacional sobre "Pastoreo intensivo en zonas tropicales". Veracruz, México. 7-9 noviembre 1996. Morelis, México. FIRA – Banco de México. 39 p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. CATIE, Proyecto Agroforestal. CATIE/GTZ. Turrialba, CR. 276 p.
- Pinto, R; Hernández, D; Gómez, H; Cobos, Ma; Quiroga, R; Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderos de Chiapas, México. Usos y características nutricionales. *Nutrición y Ciencia* 26(1): 19-31 (2,11).
- Ramírez, I. 2012. Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento, comportamiento y referencia de árboles por vacas lecheras en Rivas, Nicaragua. Mag. Sc. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. CATIE, Turrialba, CR. 47 p.
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andrade, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2007. Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en el trópico sub-húmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45:66-71.
- Reich, P; Wright, I; Cavender-Bares, J; Craine, J; Oleksyn, J; Westoby, K; Walters, M. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal Plant Science* 164: (3Supl.). 143- 164.
- Rojas, J; Ibrahim, M. y Andrade, H. 2009. Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(2) Julio-Diciembre 2009.
- Ross, J. 1981. *The Radiation Regime and Architecture of Plant Stands*. W. Junk, The Hague.

- Sáenz, J; Villatoro, F; Ibrahim, M; Fajardo, D. y Pérez, M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* 45:37-48.
- Sánchez, D; López, M; Medina, A; Gómez, R; Harvey, C; Vílchez, S; Hernández, B; López, F; Joya, M; S, Fergus; Kunth, S. 2004. Importancia Ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea de un paisaje fragmentado de bosque seco de Belén, Rivas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Sanon, H; Kabor'é C; Ledin, I. 2005. Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. *Small Ruminant Research* (67) 64–74.
- Sauceda, M. 2010. Importancia del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes de los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 110 p.
- Seaby, R; Henderson, P. 2006. Species Diversity and Richness IV. SDR-IV Help. England. 120 p.
- Sepúlveda, C; Ibrahim, M. 2009. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. Como una adaptación de adaptación al cambio climático en América Central. Serie técnica. CATIE; No 377. 1ª ed. Turrialba, CR. 292 p.
- Sotelo, M. 2011. Efecto de las características y rasgos funcionales de los árboles en la interceptación y distribución de la radiación solar y la temperatura ambiental durante la época lluviosa en pasturas de Rivas, Nicaragua. Mag. Sc. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. CATIE, Turrialba, CR. 69 p.
- Souza de Abreu, M. 2002. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. PhD. Thesis. Turrialba, CR, CATIE. 166 p.
- Tobar, L; Ibrahim, M. 2008. Valor de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos de América Central. Seria Técnica. CATIE. No 373, 1ª ed. Turrialba, CR. 40 p.

- Tilley, J; Terry, R. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(2): 101-111.
- Useche, D.2011. Implicaciones sociales, económicas y ecológicas para la implementación de sistemas silvopastoriles como estrategia para la conservación de la biodiversidad en paisajes ganaderos tropicales. *Agroforestería en las Américas* N° 48 Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. (CATIE). 84- 87.
- Valdez, C; Ruiz, L. 2011. Marco conceptual y clasificación de los servicios Ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, Vol.1 Núm. 4. 3 – 15.
- Velásquez, R. 2005. Selectividad animal de forraje herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, CR. CATIE.
- Vilchez-Mendoza, S; Harvey, C.A., Sánchez-Merlo, D., Medina, A., Hernández, B., Taylor, R., 2008. Diversidad y composición de aves en un agropaisaje de Nicaragua. In: Harvey, C., Sáenz, J. (Eds.), *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, pp. 547–576.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Esquivel, H. 2003a. Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 10 No. 39 -40. 9-16.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Sinclair, L; Muñoz, D. 2003b. Decisiones claves que influyen sobre la cobertura arbórea en fincas ganaderas de Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* Vol.10 N° 39 - 40 Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. (CATIE). 69-77.
- Villanueva, C; Sepúlveda, C; Ibrahim, M. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Serie técnica, CATIE No. 387. 1 ed. Turrialba CR. 52-70.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Sepúlveda, C. 2010. Índice ecológico como herramienta para el pago de servicios ambientales en paisajes agropecuarios: La experiencia del proyecto GEF Silvopastoril en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. Serie técnica, CATIE, Turrialba CR.

Wenger, S. 1999. A review of the scientific literature on riparian buffer width, extend and vegetation. Office of Public Service and Ourtreach. Institute of Ecology. University of Georgia. USA. Versión electrónica. consultado 5 de mayo 2012. [http://www.chathamnc.org/WatershedReviewBoard/supporting_documents/stream_buffers/LitReview Riparian Buffers.pdf](http://www.chathamnc.org/WatershedReviewBoard/supporting_documents/stream_buffers/LitReviewRiparianBuffers.pdf).

Zamora,S. 2001. Uso de fruto y follaje arbóreo en la alimentación de vacuno en la época seca en Boaco Nicaragua. Agroforestería en las Américas Vol. 8 N° 31 Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. (CATIE). 31- 38.

10 ANEXOS

Anexo 1. Rasgos nutricionales de 23 especies leñosas.

<i>Genero</i>	<i>Especies</i>	MS (%)	N (%)	FDN (%)	FDA (%)	Cenizas (%)	Ca (%)	P (%)	FC (%)	DIVMS (%)	TC (%)
<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>										
<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	51,43	3,57	46,3	40,0	6,7	1,46	0,25	19,9	56,2	3,10
<i>Acacia</i>	<i>pennatula</i>		1,49	54,1	42,5	5,0				65,7	
<i>Albizia</i>	<i>guachapele</i>		3,84	49,6	34,7					36,3	0,00
<i>Albizia</i>	<i>niopoides</i>	46,18	3,13	45,5	31,6	8,92	2,315	0,25	24,82	42,9	1,22
<i>Samanea</i>	<i>saman</i>	37,35	3,19	42,4	31,2	5,7	1,68	0,32	29,45	44,6	0,96
<i>Bauhinia</i>	<i>ungulata</i>		2,11	42,4	26,5	7,2				34,1	
<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	39,79	2,21	48,8	36,1	10,5	1,75	0,37	22,40	65,2	0,35
<i>Bursera</i>	<i>simaruba</i>	24,15	3,59	43,90	32,40	8,4					6,33
<i>Cassia</i>	<i>grandis</i>	41,62	2,50	42,8	22,2	8,0		0,25			4,70
<i>Cordia</i>	<i>dentata</i>	30,05	2,88	56,0	44,1	15,4	1,86	0,22	21,00	39,1	0,00
<i>Crescentia</i>	<i>Alata</i>	31,85	3,00		46,9						0,25
<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	35,50	2,79	50,9	40,1	6,3	0,98	0,21			2,51
<i>Erythrina</i>	<i>berteroana</i>	41,05	3,66			8,4	1,58	0,21	33,61		
<i>Gliricidia</i>	<i>Sepium</i>	25,04	3,88	41,8	30,7	9,3	1,47	0,22	22,12	74,8	0,28
<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	31,97	3,05	57,9	37,2	10,5	2,35	0,38	36,25	63,9	0,05
<i>Hymenaea</i>	<i>courbaril</i>										
<i>Leucaena</i>	<i>leucocephala</i>	35,06	4,26	36,7	23,6	7,5	1,30	0,22	18,08	65,1	1,01
<i>Leucaena</i>	<i>shannonii</i>	50,00	3,68	41,3	27,2					55,2	0,00
<i>Mimosa</i>	<i>pigra</i>	47,16	2,91	35,4	27,5	9,0	1,33	0,26	24,30	32,9	4,11
<i>Moringa</i>	<i>oleífera</i>	22,47	3,71	29,4	19,2	10,9	1,88	0,32	18,50	65,2	1,02
<i>Pithecellobium</i>	<i>dulce</i>	42,15	3,10	45,2	27,0	12,5	2,51	0,09		58,4	4,54
<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	26,14	2,24			6,0	0,02	0,05	17,00		