CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Evaluación de diseños de sistemas silvopastoriles para mejorar la producción ganadera en el corredor seco del municipio de Matiguás, Nicaragua

Por:

Eusebio Daniel Ayestas Villega

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

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2014

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa 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

Rolando Cerda, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Claudia Sepúlveda, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

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

Eusebio Daniel Ayestas Villega
Candidato

DEDICATORIA

A Dios y Mi Familia

Ofrezco el éxito y la complacencia de
la presente investigación a DiosNuestro Señor

A mí esposa Martha Escoto y
mi bebita Ashly Dariadnne Ayestas Escoto.

A mis padres Paula Villega y Dolores Ayestas,
hermanos y sobrinos.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos:

- A Dios por ser luz y guía y permitirme culminar una etapa más en mi vida.
- A mi consejero principal M.Sc Cristóbal Villanueva, por sus valiosas orientacionescientíficasa lo largo del desarrollo de la presente investigación.
- Al comité de asesores M.Sc Diego Tobar, M.Sc Rolando Cerda y M.Sc Claudia Sepúlveda, por sus aportes científicos para la realización de la presente investigación.
- A la Fundación Tropic Fundation- CATIE, por haberme otorgado la becas para estudiar la maestría en CATIE.
- Al proyecto cacao Centroamérica (PCC) porotorgarme el estipendio para mi manutención del primer año en CATIE.
- A los investigadores M.Sc Marilyn Villalobos y el Dr. Elias de Melo, por comunicarme del otorgamiento de la beca y su colaboración para el proceso de ingreso a CATIE.
- Al proyecto FONTAGRO - GAMMA por su oportuna beca, que ayudo a sufragar los gastos de manutención del segundo año de la maestría.
- A mis amigos de la maestría; Malena Torres (Ecuador), Alma Vargas (México), Ana Vasquez (Perú), José Mario Cardenas (Costa Rica) y Henry Ruíz Solsol (Perú), por los gratos momentos compartidos a lo largo de 2 años.
- A mis compatriotas; Paola Castillo, Carlos Aker, al amigo desde la universidad William Muñoz y mi amigo por siempre Missael Rocha (q.p.d) por su alegría y amor al trabajo.
- A mis amigos de la promoción 2012-2013.
- A los productores ganaderos de las 5 comunidades visitas en el municipio de Matiguás, por su participación activa en el desarrollo de la etapa de campo.
- A los asistentes de campo que me colaboraron en la obtención de los datos.
- A la UNAN-Matagalpa, en especial a la responsable del laboratorio Lic. Karla Castillo, por la coordinación y secado de las muestras de pasto.
- Al equipo de Bioestadística de CATIE, Dr. Fernando Casanoves, Sergio Vilchez y Eduardo Corrales, por sus aportes científicos en la generación de los resultados.
- Al M.Sc Christian Brenes por los resultados de arreglos espaciales y distancias promedio de los árboles para cada potrero.
- Al personal de la biblioteca ORTON por su amable atención.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de León, Nicaragua el 05 de marzo del año 1985. Estudio agronomía generalista en la Universidad Nacional Agraria, UNA, sede Managua. En el 2010 cursó el diplomado Cacaocultura moderna, impartido por investigadores de la UNA y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, donde además, participo como facilitador de la temática "El potencial genético de árboles superiores en las fincas cacaoteras de Waslala, Nicaragua". En 2012 participó como co-autor en la publicación del artículo "Diversidad de cacao árboles en Waslala, Nicaragua: Las asociaciones entre el genotipo Spectra, producto de calidad y potencial de rendimiento" en la revista PLoS ONE. En 2013 publicó el artículo "Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua" en la revista Agroforestería en las Américas, CATIE. En 2012 ingresó al programa de Maestría de CATIE donde obtuvo su título como *Magister Sciantiae* en Agroforestería Tropical en 2013.

CONTENIDO

DEDICATORIA……III
AGRADECIMIENTOS……...……..IV
BIOGRAFÍA……..……V
CONTENIDO……...……VI
ÍNDICE DE FIGURAS……...…….……IX
ÍNDICE DE CUADROS……..……..……X
RESUMEN……...…XI
ABSTRAC……XII
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 2
1.1.1. Objetivo general 2
1.1.2. Objetivos específicos 2
1.2. PREGUNTAS DE ESTUDIO 3
2. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1. Importancia de la ganadería en Nicaragua 4
2.2. Importancia de la ganadería en el municipio de Matiguás 5
2.3. Sistemas silvopastoriles 6
2.3.1. Importancia de los árboles en potreros 7
2.3.2. Los sistemas silvopastoriles en Matiguás 8
2.3.3. Efecto de la composición arbórea sobre la disponibilidad del pasto 8
2.3.4. Efecto de la sombra sobre la producción animal 10
2.3.5. Manejo de la cobertura arbórea en los sistemas silvopastoriles 11
2.3.6. Densidad y riqueza florística de especies arbóreas en los sistemas silvopastoriles 11
2.3.7. Árboles dispersos y en cercas vivas de los potreros ganaderos de Matiguás 12
2.3.8. Fenología de los árboles en sistemas silvopastoriles 13
3. LITERATURA CIATADA 14
4. ARTÍCULO 1. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN MORFOLOGICA DE LA COBERTURA ARBOREA EN FINCAS GANADERAS DE MATIGUÁS, NICARAGUA. 17
4.1. INTRODUCÍON 19
4.2. METODOLOGÍA 20
4.2.1. Localización del sitio de estudio 20
4.2.2. Descripción del sitio de estudio 20
4.2.3. Selección de los potreros y pastura 21
4.2.4. Condiciones biofísicas y de manejo de los potreros 22
4.2.5. Inventario y caracterización dasométrica de la cobertura arbórea 23
4.2.6. Estimación del porcentaje de sombra (oclusión) 24
4.3. ANALISIS ESTADISTICO 25

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26
4.4.1. Las fincas ganaderas y el manejo de los potreros 26
4.4.2. La cobertura arbórea en los potreros arbolados 26
4.4.3. Caracterización de las formas de copas 28
4.4.4. Especies arbóreas más abundantes en los 25 poteros arbolados. 28
4.4.5. Especies arbóreas más abundantes en cercas vivas y dispersos 29
4.4.6. Principales usos de las especies arbóreas en los potreros 31
4.4.7. Proyección de sombra de las leñosas en potreros 33
4.4.8. Diseños de potreros arbolados 35
4.5. CONCLUSIONES 37
4.6. RECOMENDACIONES 37
4.7. LITERATURA CITADA 40
5. ARTÍCULO 2. EFECTO DE LA COBERTURA DE SOMBRA DE LOS ÁRBOLES EN POTREROS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS NATURALES Y PRODUCTIVIDAD DE LECHE EN MATIGUÁS, NICARAGUA. 43
5.1. INTRODUCCIÓN 45
5.1.1. SUPUESTOS DE INVESTIGACIÓN 45
5.2. METODOLOGÍA 46
5.2.1. Localización del sitio de estudio 46
5.2.2. Descripción del sitio de estudio 46
5.2.3. Arreglo espacial de los árboles dentro de los potreros 47
5.2.4. Estimación de la disponibilidad de pasto en potreros arbolados 48
5.2.5. Simulación de productividad mediante el software LIFE-SIM 50
5.3. ANALISIS ESTADISTICO 51
5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 51
5.4.1. Arreglos espaciales de los árboles en los 25 potreros evaluados 51
5.4.2. Cobertura herbácea en los potreros arbolados 52
5.4.3. Disponibilidad de pasto en los potreros arbolados. 53
5.4.4. Disponibilidad de pasto según clúster de potreros 56
5.4.5. Productividad de leche en relación a la variabilidad de la pastura 58
5.5. CONCLUSIONES 60
5.6. RECOMENDACIONES 60
5.7. LITERATURA CITADA 61
6. ANÁLISIS E INPLICACIONES DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO 67
7. ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LOS RESULTADOS PARA LA FORMACIÓN DE POLÍTICAS 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de las exportaciones de los productos carne, lácteos y ganado bovino de Nicaragua..... 4
Figura 2. Acumulación promedio anual de biomasa de Axonopus compressus, bajo distintos niveles de sombra de Pinus taeda. 9
Figura 3. Disponibilidad de forraje de pasto (kg/ha) en potreros con cobertura arbórea alta (27%), media (14%) y baja (7%) durante los meses de febrero a agosto, Cañas, Costa Rica. 9
Figura 4. Mapa de ubicación del municipio de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. 20
Figura 5. Comportamiento de la precipitación y temperatura en Matiguás, Nicaragua, 2013. 21
Figura 6. Representación de la estimación del factor de oclusión por árbol. 24
Figura 7. Dendrograma de conglomerado de 25 sistemas silvopastoriles en Matiguás, Nicaragua, 2013. 35
Figura 8. Tipos de arreglos que asigna la herramienta en Arcgis, según la distancia promedio entre vecinos, Matiguás, Nicaragua, 2013. 48
Figura 9. Distribución de las categorías reales y visuales dentro del terreno, Matiguás, Nicaragua, 2013. 50
Figura 10. Efecto de diferentes porcentajes de cobertura de sombra sobre las medias de disponibilidad de pasto presente en cada potrero enla época seca, Matiguás, Nicaragua, 2013. 55
Figura 11. Efecto de diferentes porcentajes de cobertura de sombra sobre las medias de disponibilidad de pasto presente en cada potrero en la época lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013. 55
Figura 12.Relación de la densidad arbórea sobre el porcentaje de cobertura de sombra proyectado por los árboles en cada potrero, Matiguás, Nicaragua, 2013..... 56
Figura 13. Productividad animal "leche" para la época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013. 59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentajes del aporte de la ganadería a la economía nacional y la generación de empleos. 5
Cuadro 2. Promedio de temperatura rectal medida en la mañana y tarde y producción de leche de vacas en potreros bajo diferentes cobertura de árboles en Matiguás, Nicaragua. 10
Cuadro 3. Descripción de la composición arbórea en los 25 potreros arboladosseleccionados en Matiguás, Nicaragua, 2013. 27
Cuadro 4. Análisis de varianza para las variables dasométricas en relación a la ubicación de los árboles dentro de los potreros arbolados, Matiguás, Nicaragua, 2013. 27
Cuadro 5. Porcentaje de oclusión para tipos de copas, Matiguás, Nicaragua, 2013. 28
Cuadro 6. Número de especies arbóreas por familias presentes en los 25 potreros ganaderos en Matiguás, Nicaragua, 2013. 29
Cuadro 7. Riqueza de especies e índice de diversidad biológica en árboles ubicados en cercas vivas y dispersos en 25 sistemas silvopastoriles Matiguás, Nicaragua, 2013. 30
Cuadro 8. Abundancia de especies de los árboles dispersos en potreros y cercas vivasen Matiguás, Nicaragua, 2013. 30
Cuadro 9. Principales usos de los árboles y su potencial como árboles melíferos, Matiguás, Nicaragua, 2013. 31
Cuadro 10. Proyección de sombra y área de cobertura de sombra de 26 especies arbóreas, evaluadas en época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013. 34
Cuadro 11. Análisis de varianza para las variables que conformaron los grupos de sistemas silvopastoriles Matiguás, Nicaragua, 2013. 36
Cuadro 12. Distribución espacial de los árboles en potreros por tipo de arreglo, Matiguás, Nicaragua, 2013. 51
Cuadro 13. Comportamiento de variables de riqueza y estructura en los tipos de arreglos de los árboles en potreros, Matiguás, Nicaragua, 2013. 52
Cuadro 14. Composición de la cobertura herbácea presente en los 25 potreros arbolados en Matiguás, Nicaragua, 2013. 52
Cuadro 15.Proporción de la cobertura herbácea presente en los diferentes potreros arbolados en relación a los grupos de conglomerados, Matiguás, Nicaragua, 2013. 53
Cuadro 16. Disponibilidad de pasto (kgMS/ha/ciclo) en sistemas silvopastoriles con alta, media y baja cobertura de sombra en época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013..... 57

Ayestas E. 2014. Evaluación de diseños de sistemas silvopastoriles para mejorar la producción ganadera en el corredor seco del municipio de Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 79 p.

Palabras claves: diversidad arbórea, multifuncionalidad, oclusión, potreros arbolados, productividad de pasto.

RESUMEN

Se realizó un censo de árboles en 25 potreros arbolados pertenecientes a 10 fincas ganaderas del municipio de Matiguás. Se consultó información del manejo de las pasturas, se midieron variables dasométricas, factor de oclusión para cuatro meses y disponibilidad de pasto. Se realizaron análisis de estadísticas descriptivas, análisis de varianza, frecuencias, índices de Shannon, regresiones en modelos generales y mixtos. La actividad principal en el municipio es la ganadería de doble propósito (leche y carne). La carga animal estimada para la época seca y lluviosa fue de 0.9 y 2.1, en su orden. Se registró un total de 2,419 árboles (dap>5cm) pertenecientes a 47 especies y 21 familias, en 25.5 hectáreas. La riqueza e índice de Shannon oscilo en 12 y 2.69, respectivamente. Las especies que proyectaron sus copas mayor oclusión fueron: *Adelia barbinervis*, *Ficus sp*, *Simarouba amara*, *Cassia grandis*; en cambio, las que proyectaron mayor cobertura de sombra (CS) para las épocas verano e invierno fueron: *Guazuma ulmifolia, Albizia saman, Enterolobium cyclocarpum, Cassia grandis y Lonchocarpus miniflorus*. Los árboles dispersos registraron mayor altura del fuste, diámetro y área de copa, comparados a los dispuestos en cercas vivas. Las formas de copas que más predominaron en la población de árboles fueron elipse y semielipse. La especie herbácea *Paspalum conjugatum* fue la más abundante en los potreros. Se estima mayor disponibilidad en potreros con CS media y alta en comparación a CS baja ($p<0.0001$), sin embargo, la distribución de las medias muestra una mejor estabilidad en la disponibilidad de pasto para CS media para ambas épocas. Considerando los resultados de regresiones lineales para ambas épocas, es conveniente diseñar potreros arbolados con cobertura que oscilen entre 85 a 115 árboles/ha, especies que proyecten baja cobertura de sombra, alta diversidad arbórea y la distribución espacial de los árboles sea más a un arreglo al azar o disperso, que ocasiona que el efecto por sombra sobre el estrato herbáceo en época lluviosa no excedan los niveles críticos de sombreamiento.

Ayestas E. 2014. Silvopastoral systems designs evaluationto improve livestock production in the dry corridor Matiguás Township, Nicaragua.Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 79 p.

Keywords: multifunctionality, occlusion, pasture productivity, tree diversity, wooded pastures.

ABSTRACT

A census was conducted in 25 wooded pastures belonging to 10 cattle farms Matiguás town ship. Info pasture management was consulted dasometric variables, occlusion factor for four months and pasture availability were measured. Descriptive statistics analysis, analysis of variance, frequencies, and Shannon indices, regressions in general and mixed models were performed. The main activity in the town is the dual purpose cattle (milk and meat). The estimated for the dry and rainy season stocking rate was 0.9 and 2.1, in that order. A total of 2,419 trees (dbh > 5cm) belonging to 47 species and 21 families were recorded in 25.5 hectares. The richness and Shannon index swing at 12 and 2.69, respectively. Species that projected their treetop higher occlusion were: *Adelia barbinervis*, *Ficus sp*, *Simarouba amara*, *Cassia grandis*, however, those ones thatprojected the greatest shade cover (SC) for the summer and winter seasons were; *Guazuma ulmifolia*, *Albizia saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cassia grandis* and *Lonchocarpus miniflorus*. Scattered trees showed greater stem height, diameter and crown area compared to those laid boundaries. The shapes of treetop that most dominated the population of trees were ellipse and semi-ellipse. The herbaceous species *Paspalum conjugatum* was the most abundant in pastures. Increased availability is estimated in pastures with high and medium low compared to SC ($p < 0.0001$) SC, however, the distribution of average shows better stability in the availability of pasture for average SC for both seasons. Considering the analysis of variance and cluster, it is desirable to design wooded paddocks with coverage of between 85-115 trees/ha species that project slow cover shadow, but also manage the spatial distribution (random arrangement or dispersed) and tree diversity, because these conditions cause variability in shadow projection, causing the shadow effect on the herbaceous layer in the rainy season do not exceed critical levels of shading.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es uno de los principales rubros de exportación de Nicaragua, en 2012 las exportaciones para los productos carne, ganado en pie y lácteos (leche y queso) oscilaron en 192,506.62 t, lo que representó para el país un ingreso total de 614 151,170.29 de dólares, significando una contribución del 12% al PIB nacional (CETREX 2013). Se estima que de la actividad ganadera dependen unos 150,000 pequeños, medianos y grandes ganaderos en su mayoría del sector rural, quienes manejan un hato de aproximadamente 4 136,422 de cabezas de ganado (CENAGRO 2012).

De igual manera, la ganadería es la principal actividad económica del municipio de Matiguás, siendo en su mayoría de doble propósito (leche y carne; Romero 2010). Generalmente este sistema se maneja con pastoreo extensivo, períodos de rotación en época lluviosa y pastoreo continuo en época seca, producto de la escasez de agua para abrevar el ganado, todo lo cual deriva en índices zootécnicos bajos (Ospina 2008).Se estima para el municipio una producción anual de 21 347,400 l de leche, 1,656 toneladas de queso y una venta de 22,000 novillos en pie, lo que genera ingresos alrededor de 18 104,880 millones de dólares (Flores et ál. 2011).

A pesar de la contribución económica de la ganadería a la economía nacional y en específico a la economía del municipio de Matiguás, se mencionan una serie de limitantes como: bajo rendimiento por unidad de área el cual se estima en 3.98 l de leche por vaca/día, crecimiento del hato y manejo desordenado, predominio del modelo de ganadería extensiva con poca cobertura y diversidad arbórea dentro de los potreros y escases de alimento de calidad en época seca (López 2012, Villanueva et ál. 2011). En tal sentido, los sistemas silvopastoriles, representan una alternativa de uso del suelo que pretende intensificar la producción pecuaria, incorporando leñosas perennes bajo un sistema de manejo integral, que proporcionan diversos bienes y servicios (Sauceda 2010) y que garantizan una producción sostenible desde el punto de vista social, económico y ecológico (Pezo e Ibrahim 1998). Por consiguiente mantener o incrementar la presencia de árboles en potreros representa una importante opción para mejorar la productividad y sostenibilidad de las fincas ganaderas en el trópico seco, donde los árboles forrajeros producen mayor calidad de alimento (frutos o follaje) en comparación a los pastos en época seca (Esquivel 2007).

Sin embargo, uno de los efectos importantes de la presencia de los árboles en los sistemas silvopastoriles es la proyección de sombra (Pentón 2000), esta interacción provoca una reducción de la temperatura en el estrato herbáceo disminuyendo la tasa de transpiración a través de los estomas lo que causa menor evaporación, todo esto puede repercutir en el retraso del estrés hídrico en las herbáceas, expresado generalmente en el período seco (Villanueva et ál. 2009). Cabe mencionar, que el crecimiento y rendimiento de las especies forrajeras se modifican en función de la infiltración de la luz de la cobertura arbórea, por consiguiente, la

diversidad y densidad arbórea influye en la disponibilidad y calidad del forraje dentro de un sistemas silvopastoril (Mathew et ál. 1992).

Este efecto, ha sido abordado de diferentes maneras (Ramírez 2012, Muñoz et ál. 2011, Gamboa 2009, Esquivel 2007, Fassola et ál 2006); sin embargo, poco se ha discutido del efecto de la sombra que proyecta la cobertura arbórea en relación a la producción de la pastura y los beneficios de un buen diseño espacial y composición de especies arbóreas dentro de los potreros, es por ello que se hace necesario analizar dicho efecto por la importancia de diseñar sistemas silvopastoriles que mejoren la productividad ganadera y se conserve la cobertura arbórea que genera beneficios tangibles para el productor como: madera, postes, leña y al ganado alimento y sombra e intangibles captura de carbono, conservación de suelos, regulación hídrica, belleza escénica, refugio de animales silvestres (Alavalapati et ál. 2004).

En consideración a lo mencionado, la investigación busca generar información que sirva como base para la toma de decisión en el número y especies a manejar o establecer en los potreros, con la finalidad de diseñar sistemas silvopastoriles más diversificados que permitan obtener una mayor disponibilidad de pasto y alcanzar la sostenibilidad de las fincas.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar diseños del sistema silvopastoril –árboles en potreros[1]-con potencial para mejorar la producción ganadera en el municipio de Matiguás.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la cobertura arbórea e identificar diseños del sistema silvopastoril árboles en potreros.

2. Determinar el efecto de distintos diseños del sistema silvopastoril –árboles en potreros- sobre la disponibilidad de pasto y la producción animal (leche) en las épocas seca y lluviosa.

[1]Árboles en potreros, se refiere a los árboles situados en cercas vivas y dispersos en potreros.

1.2. PREGUNTAS DE ESTUDIO

Objetivos	Preguntas
1. Caracterizar la cobertura arbórea e identificar diseños del sistema silvopastoril árboles en potreros.	¿Cuál es la estructura de la cobertura arbórea en los diferentes diseños del sistema silvopastoril árboles en potreros? ¿Cuál es la riqueza y abundancia de especies leñosas que componen la cobertura arbórea en los diseños del sistema silvopastoril árboles en potreros? ¿Cuáles especies arbóreas están proyectando mayor porcentaje de oclusión "sombra" en época seca y lluviosa?
2. Determinar el efecto de distintos diseños del sistema silvopastoril – árboles en potreros- sobre la disponibilidad de pasto y la producción animal (leche) en las épocas seca y lluviosa.	¿Cuál es la composición herbácea en los potreros en época seca y lluviosa? ¿Cuál es el comportamiento de la disponibilidad de pasto en potreros con diferentes niveles de cobertura de sombra en ápoca seca y lluviosa y su impacto en la producción de leche?

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de la ganadería en Nicaragua

La ganadería es el principal rubro de exportación de Nicaragua, en el 2012 las exportaciones para los productos carne, ganado en pie y lácteos oscilaron en 96,483.06, 14,827.56y 81,196.00 t, respectivamente, para un total de 192,506.62 t, lo que significó para el país un ingreso económico de 614 151,170.3 de dólares americanos (CETREX 2012). De acuerdo con el centro de exportación, Nicaragua ha experimentado un incremento constante en sus exportaciones de carne bovina y productos lácteos debido a los tratados comerciales con países como; México, EEUU y al mercado centroamericano, sin embargo, para el producto ganado en pie este ha descendido en su comercio producto a dos eventos 1) incremento de los sacrificios en los mataderos nacionales y 2) las exigencias del peso del mercado exterior (Figura 1; López 2012).

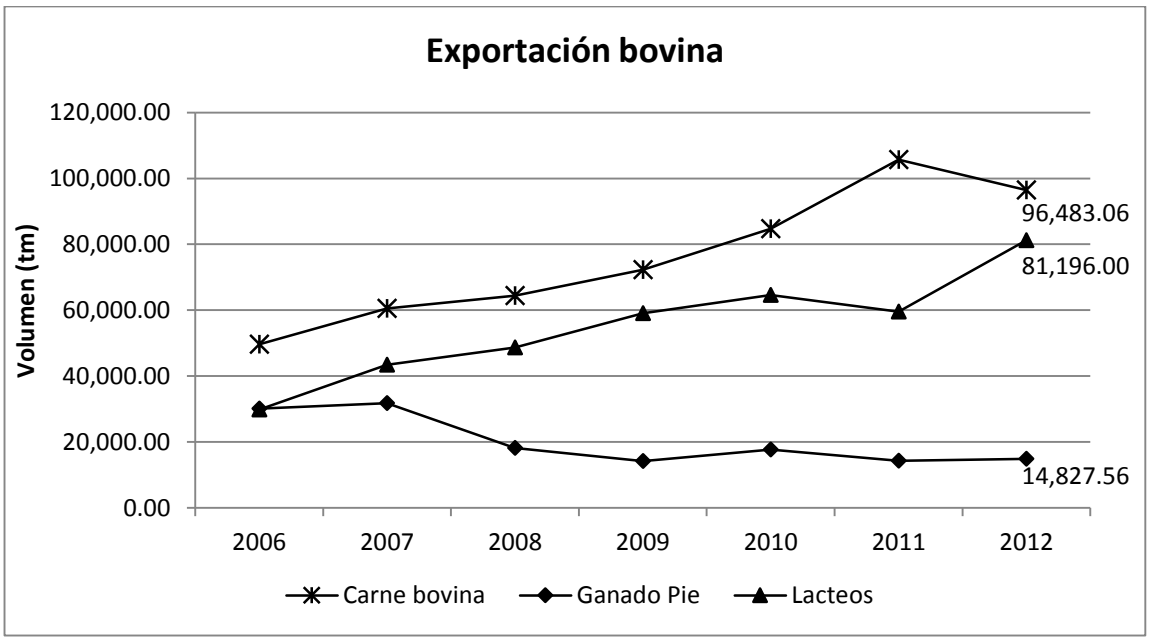

Figura 1. Comportamiento de las exportaciones de los productos carne, lácteos y ganado bovino de Nicaragua.

La ganadería ha sido históricamente una de las actividades económicas de mayor relevancia para los nicaragüenses, es por ello, que es el medio de subsistencias de un amplio sector de la población del país generalmente de familias rurales, se estima una dependencia de 150,000 pequeños, medianos y grandes productores de la actividad ganadera. Según datos del censo agropecuario (2012) se estima un hato de aproximadamente 4 136,422 de cabezas de ganado a nivel nacional, manejados en una extensión de aproximadamente 2 906,832 ha lo que representa el 22% del territorio nacional, por su parte, la ganadería ocupa el 39% del territorio del departamento de Matagalpa (INIDE y MAGFOR 2012).

Sin duda la ganadería representa un pilar muy fuerte en la economía Nicaragüense, es por ello que sus contribuciones se expresan en los aportes al producto interno bruto –PIB- y en la generación de empleo rural (Cuadro 1; CONAGAN 2012).

Cuadro 1. Porcentajes del aporte de la ganadería a la economía nacional y la generación de empleos.

Rubro	Aporte por sector
Ganadería	12% PIB Nacional
Ganadería	39% PIB Agropecuario
Ganadería	20% de la generación de empleo

Sin embargo, López (2012) señala que a pesar de los beneficios, el sector ganadero presenta una serie de limitantes:

- ✓ Crecimiento del hato y manejo de manera desordenada
- ✓ No responde a un programa nacional articulado a un plan económico de crecimiento sostenible
- ✓ Prevalece un marco de carácter extensivo, con bajos índices de productividad y rentabilidad
- ✓ Poca densidad y diversidad arbórea en los potreros ganaderos, lo que genera impactos negativos para el ambiente como; erosión, compactacióndel suelo y pérdida de biodiversidad.

2.2. Importancia de la ganadería en el municipio de Matiguás

En el municipio de Matiguás, la principal actividad económica es la ganadería, en su mayoría sistema de doble propósito (leche y carne; Romero 2010). Para el año 2009 se estimó una producción de 21 347,400 l de leche por año, así mismo, una producción de queso de 1,656 toneladas y una venta de 22,000 novillos en pie, lo que aporto a la economía local un ingreso en dólares americanos de 5 358,000, 2 450,880 y 10 296,000 (Flores et ál. 2011), en su orden. Para el mismo año, se estimó una superficie en pasto natural de 63,405.31 ha y en pasto mejorado de 28,583.55 ha.Así mismo se estiman unos 740 productores ganaderos (644 hombres y 96 mujeres) que entregan la leche a centros de acopios, entre estas, cooperativas, empresas familiares y mixtas ONGs-cooperativas, si consideramos a la cantidad de productores como jefes de familia y lo multiplicamos por 6.2 que conforman el núcleo familiar en el área rural (APAN 2012) nos resulta un aproximado de 4,588 personas beneficiadas directamente de la actividad ganadera en Matiguás. Pero debemos tener presente que este número de productores no incluyen los productores que presentan una ganadería de subsistencia, por lo tanto su volumen de producción no les permite tener excedentes del cual puedan venderá a las cooperativas.

En el municipio los productores manejan sus potreros de manera extensiva con (período de rotación en época lluviosa y pastoreo continuo en época seca, producto de la escasez de alimento y agua para abrevar el ganado) e índices zootécnicos bajos (Ospina 2008). La zona en su total presenta baja cobertura boscosa (5%), en contraste, con el 53% del área ocupado con pastura o pastizales seminaturales (Gamboa 2009); sin embargo, se menciona que más del 80% de los ganaderos manejan árboles, en su mayoría dispersos, producto de la regeneración natural; las especies con mayor abundanciamencionadas son: *Cordia alliodora, Gliricidia sepium, Gazuma ulmifolia, Esterolobium cyclocarpum, Samanea saman, Platymiscium parviflorum* (Betancourt 2003). En su mayoría, las fincas manejan entre 6 a 10 potreros, los cuales presentan como máximo 10 hectáreas, la carga animal para los municipios se estima en 1.08UA por hectárea (Gamboa 2009, Ospina 2008).

2.3. Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles SSP representa una opción de producción pecuaria, donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales como las forrajeras herbáceas y arbustivas, bajo un sistema de manejo integral visualizando como principal objetivo obtener una producción sostenible desde el punto de vista social, ecológico y económico (Pezo e Ibrahim 1998).

La estrategia de asociar árboles con pastos en un sistema de producción ganadera constituye una práctica común en las diferentes regiones tropicales (Gamboa 2009). En Centroamérica los árboles en potreros, representa uno de los sistemas silvopastoriles más difundidos, estas especies arbóreas generalmente son manejadas por regeneración natural o introducidos en pasturas, ya sea de forma sistemática o aleatoria, con el propósito de incrementar la producción y mejorar la sustentabilidad de las fincas ganaderas (Galindo et ál. 2003).

Los beneficios de la incorporación y retención de árboles en potreros se reflejan con el incremento de la producción ganadera (carne y leche), así como la producción de productos maderables como madera, postes, leña, entre otros, los cuales aumenta los ingresos en las familias ganaderas entre 15 y 35%. Además que ayudan a incrementar la generación de servicios ecosistemicos como conservación de suelos, regulación hídrica (Ríos et ál. 2006), la conservación de la biodiversidad, secuestro de carbono y belleza escénica (Alavalapati et ál. 2004).

Otro de los beneficios lo constituye la suplementación de alimentos, principalmente obtenidos en la época seca, en tal sentido, Tamayo et ál. 2012, recomienda para los sistemas silvopastoriles, una combinación adecuada de las especies *Guasuma ulmifolia*, *Albizia lebbeck*, *Leucaena leucocephala*, *Piscidia piscipula* y *Lysiloma latisiliquum*, ya que permiten proporcionar follaje en diferentes épocas del año, para el caso de las dos primeras especies, leucocephala en el inicio de la estación seca y las dos últimas durante la estación lluviosa.

Por su parte, Ramírez (2012), menciona otro de los beneficios, el cual está relacionado con el bienestar animal, sugiriendo que en los potreros deben de conservarse las especies que su follaje se mantiene siempre verde, ya que sirven de protección para los animales en época seca y especies deciduas por su preferencia en la época lluviosa.

La selección de árboles trae consigo otros efectos como la composición herbácea, la cual varía en relación al tipo de especie arbórea a la que se encuentra asociada. Gamboa (2009) reporta que la riqueza de especies herbáceas asociadas a genízaro (*Albizia saman*)fue mayor, en comparación a las asociadas con coyote (*Platymiscidium parviflorum*), debido a los requerimientos de algunos minerales esenciales (Ca, Mg, P, K) que son aportados en cierta cantidad por los árboles y al tipo de sombra proyectada. Giraldo y Vélez (1993), señalan que la producción de biomasa en los sistemas silvopastoriles depende, entre otros factores, de las especies leñosas seleccionadas, de la densidad del componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado. Esta implicancia de incorporar diferentes especies arbóreas dentro de los potreros genera una combinación heterogénea de reducción de la intensidad lumínica (sombra) lo que puede estar asociado a que no existe uniformidad en el comportamiento de elementos morfológicos y estructurales de la composición arbórea (Pentón 2000). Por lo tanto es conveniente considerar que, en sentido general, para cualquier condición, la composición, la estructura y la densidad del componente arbóreo son las principales características que regulan el régimen de luminosidad (Blanco 2000).

2.3.1. **Importancia de los árboles en potreros**

El mantener e incrementar la cobertura arbórea en los potreros activos, representa una opción para mejorar la productividad y sostenibilidad en las fincas ganaderas en el trópico seco, particularmente en el zonas con período seco extenso, debido a que proveen frutos y forraje de mayor calidad nutricional en comparación a las herbáceas (Esquivel 2007). Las vías en que los árboles son retenidos o establecidos en los campos, es a través de la regeneración natural y la siembra de especies de interés para el productor en las cercas vivas de los potreros.

El manejo de los árboles en los campos ganaderos, se debe a que responden a objetivos del productor como: fuentes de madera, postes para cercas, leña, (Casasola et ál. 2001), frutos, , forraje para el ganado, sombra y como fuente de materia orgánica (deposición de hojas y frutos) que mejora la fertilidad del suelo, provisión de servicios ambientales como: secuestro de carbono, conservación de agua, suelo, biodiversidad, restauración de la funcionalidad ecológica y belleza escénica (Harvey y Sáenz 2007, Esquivel 2007, Esquivel et ál. 2003).

Los servicios y beneficios de los árboles, marcan diferencias en la producción y sostenibilidad de las fincas de pequeños productores como:la regulación del balance hídrico, la venta de madera,la provisión de biomasa para el ganado en época seca y los pagos por servicios ambientales(Villanueva et ál. 2009).

2.3.2. **Los sistemas silvopastoriles en Matiguás**

El paisaje agropecuario del municipio de Matiguás presenta una alta fragmentación de sus bosques, registrándose en su mayoría bosques riparios y árboles dispuesto en cercas vivas y dispersos en potreros. Se estima alta cobertura de árboles dentro de los potreros, la cual oscila entre 21 a 85 árboles/ha y 84 a 95 árboles por km^{-1} (Sauceda 2010, López et ál. 2006), registrando mayor abundancia de las especies *Guazuma ulmifolia, Bursera simaruba, Tabebuia rosea, Enterolobium cyclocarpum, Albizia saman, Pachira quinata y Platymiscium parviflorum* (Sauceda 2010, Sánchez 2005, Betancourt 2003). Cabe mencionar que estas especies representan entre el 65 a 80% de la diversidad total de especies presente para el municipio (Sánchez 2005).

Se menciona que los productores poseen mucho conocimiento en la selección y manejo de especies que cumplen sus criterios, entre estos; madera, leña, sombra, forraje. Sin embargo, este aprendizaje puede por un lado incentivar el incremento de árboles en los potreros, pero también sus manejos está ocasionando una reducción de la diversidad arbórea (Harvey et ál. 2011).

2.3.3. **Efecto de la composición arbórea sobre la disponibilidad del pasto**

La sombra producida por el dosel sobre el estrato herbáceo constituye uno de los efectos de la presencia de los árboles en los sistemas silvopastoriles (Esquivel 2007); esta puede actuar de forma directa en determinados procesos fisiológicos de las plantas y de forma indirecta a través de los restantes factores bióticos y abióticos presentes en el sistema (Pentón 2000).

En tal sentido, Gamboa (2009), menciona que las pasturas asociadas a la especie arbórea genízaro (*Albizia saman* Jacq), presentaron una PPNA promedio mayor (5.18 $gm^2día^2$), en relación a la asociada con coyote (*Platymiscium parviflorum* Benth) que se estimó un promedio de 3.3 $gm^2día^2$; de igual manera fue mayor la PPNA asociada a Genízaro durante la época seca (5.7 $gm^2día^2$) en comparación a coyote (4.4 $gm^2día^2$). Sin embargo, la productividad de la vegetación herbácea fue afectada por la sombra, independientemente de la especies arbórea ($p = 0.0159$).

No obstante, Fassola et ál. (2006), reporta que la acumulación promedio anual de materia seca por hectárea de pastizal predominado por *Axonopus compressus*, tendió a incrementarse con el aumento del porcentaje de sombra proyectada por *Pinus taeda*, alcanzando un máximo con 40%, valor a partir del cual comenzó a disminuir la disponibilidad para alcanzar a partir de 70% de sombra un punto crítico, en el cual los riesgos de pérdida del pastizal se incrementaron (Figura 2).

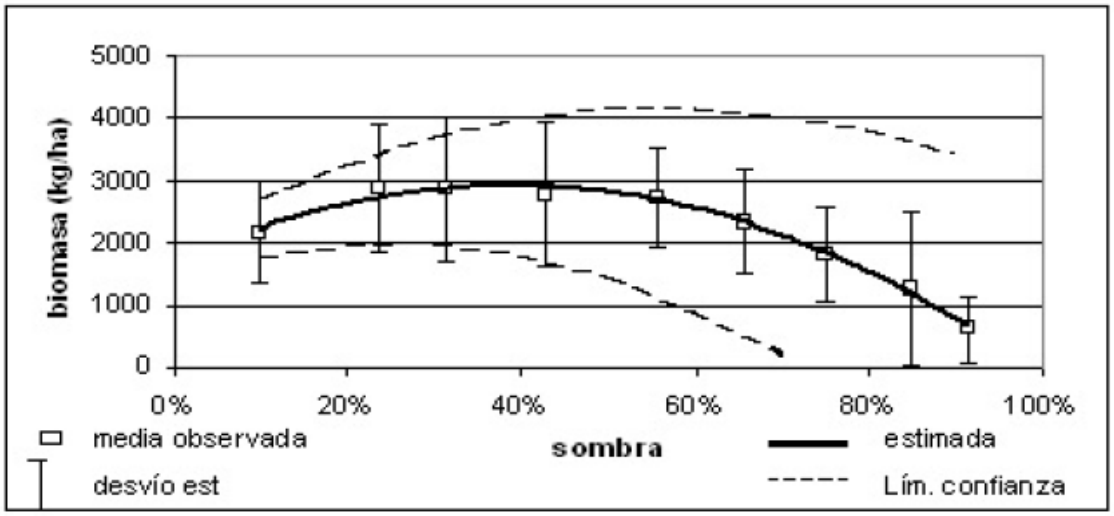

Figura 2. Acumulación promedio anual de biomasa de *Axonopus compressus*, bajo distintos niveles de sombra de *Pinus taeda*.
Fuente: Fassola et ál. 2006

Por su parte, Muñoz et ál. 2011, reporta, que debajo de la copa de los árboles, apreció poco desarrollo de la pastura, por efecto del pisoteo y sobrepastoreo en las horas de mayor insolación, cuando el ganado se concentra bajo las copas de los árboles para su descanso, este efecto se incrementa cuando el follaje del árbol es palatable.

En relación al efecto de sombra Restrepo et ál. (2004), observó que durante la evaluación en época seca (febrero-abril), la producción de materia seca (MS) fue mayor en los pastos bajo cobertura arbórea alta y media en comparación a cobertura baja (Figura 3), atribuyéndose a una mayor humedad y materia orgánica en el suelo y consecuentemente, a una mayor tasa de crecimiento de la pastura.

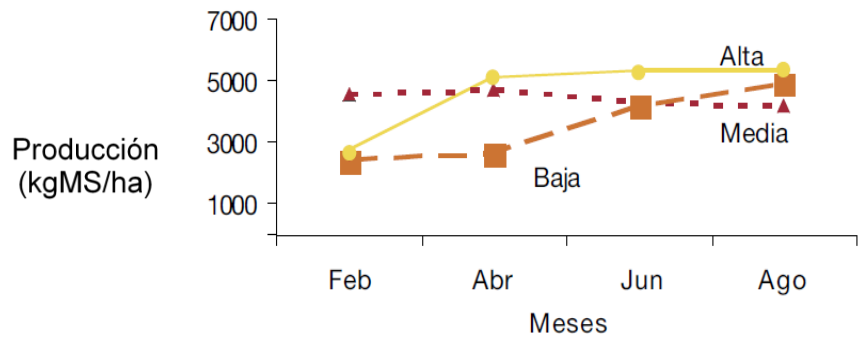

Figura 3. Disponibilidad de forraje de pasto (kg/ha) en potreros con cobertura arbórea alta (27%), media (14%) y baja (7%) durante los meses de febrero a agosto, Cañas, Costa Rica.

Sin embargo, es importante señalar que los estudios presentados se refieren a especies arbóreas específicas y a plantaciones forestales. En este sentido, Mathew et ál. (1992), señala que el crecimiento y rendimiento de las especies forrajeras se modifica en función de la infiltración de la luz de la composición arbórea, por consiguiente, la diversidad y densidad arbórea influye en la disponibilidad y calidad del forraje dentro de un sistemas silvopastoril.

2.3.4. Efecto de la sombra sobre la producción animal

El efecto de la sombra puede favorecer la eficiencia de las vacas productoras de leche, las cuales toleran menos el calor debido a la gran cantidad de calor metabólico que producen, generado por el elevado consumo de materia seca para mantener el alto nivel de producción y al incremento de su tasa metabólica (Navas 2010). Los efectos benéficos de la sombra mejoran la eficiencia de los recursos de la finca; la producción de forrajes de calidad y la suplementación estratégica son mejor aprovechados al aumentar el consumo voluntario, los tiempo de pastoreo y rumia (Navas 2010).

Diferentes autores mencionan los beneficios asociados a la presencia de los árboles en potreros, en este sentido, Betancourt (2003), reporta, que la temperatura rectal de las vacas fue afectada por el nivel de sombre proyectada por la cobertura arbórea, encontrando una temperatura mayor en baja cobertura (38.7ºC), en comparación a cobertura alta (38.3ºC); por consiguiente, la producción de leche (kg/vaca/día) fue mayor en cobertura alta (4.1 ± 0.7), en comparación a cobertura baja (3.2 ± 0.7) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio de temperatura rectal medida en la mañana y tarde y producción de leche de vacas en potreros bajo diferentes cobertura de árboles en Matiguás, Nicaragua.

Variable	**Cobertura**	
Temperatura rectal (ºC)	**Alta (22-30%)**	**Baja (0-7%)**
Mañana	38.1±0.4	38.5±0.3
Tarde	38.5±0.3	38.9±0.2
Promedio	38.3	38.7
Producción de leche (kg/vaca/día)	4.1±0.7	3.2±0.7

Fuente: Betancourt et ál. 2003.

En cambio, Restrepo et ál. (2004), registra, que la ganancia de peso por animal para producción de carne fue mayor en 893 g/animal/día, en sistemas silvopastoriles con cobertura arbórea del 24% (cobertura alta) durante el período lluvioso en zonas de bosques seco tropical, lo que significo, un 13-14% mayor que los animales en cobertura media y cobertura baja; en cambio, en la época seca, las novillas bajo cobertura alta perdieron menos peso (93

g/animal/día) que los animales bajo cobertura medía (160 g/día), pero fueron similares a los animales en cobertura baja (104 g/día). Es importante recalcar que la ganancia de peso, puede ser resultado de otros factores como: tipo de pasto, carga animal, raza bovina, fertilidad del suelo y tipo de especie arbórea, sin embargo, el aporte de los árboles en la reducción del stress calórico es de mucha importancia.

2.3.5. Manejo de la cobertura arbórea en los sistemas silvopastoriles

Se describen dos prácticas para manejar árboles en potreros por parte de los ganaderos, 1) selección de especies de interés de la regeneración natural y 2) establecimiento de árboles preseleccionados en cercas vivas. La primera refiere a la identificación de especies de cumplen características multifuncionales para los productores y la segunda establecimiento de especies "estacas" previamente seleccionadas por su capacidad de prendimiento, pero además, que satisfacen necesidades básicas de la finca como; producción de leña, postes y madera.

En Matiguás se ha registrado alta cobertura arbórea en los potreros, la cual se atribuye en parte al interés de los ganaderos en ciertas características funcionales (López 2006) que les proveen los árboles como: provisión de follaje y frutos, sombra, madera para construcción y reparación de cercas, leña, fijación de nitrógeno (López 2006, Sánchez 2005, Martínez 2003, Esquivel 2003, Villacis 2003), pero además, por la creciente necesidad por conservar las pocas especies arbóreas en los paisajes ganaderos (Martínez 2003, Villacis 2003).

Sin embargo, se han identificado acciones efectuadas por los ganaderos orientadas a mejorar o incrementar la productividad de sus pasturas, con la finalidad de potencializar la rentabilidad de la finca, las cuales en su mayoría tienen efecto en la cobertura arbórea presente en los potreros. Entre las actividades que inciden de manera positiva está la planificación espacial de los potreros dentro de las fincas, evitando rotación con otros cultivares (López 2006), actividades que afectan están, en su orden, el control de malezas, aprovechamiento de árboles para leña, madera y para reparación de cercas vivas y la intensificación de la finca (Villacis 2003). El control de maleza no planificado con productos químicos es una actividad que regula la regeneración natural de especies arbóreas, debido al efecto "quema" en las plántulas forestales (Camargo et ál. 2000).

2.3.6. Densidad y riqueza florística de especies arbóreas en los sistemas silvopastoriles

A pesar de la alta fragmentación de la cobertura del bosque en Matiguás, los ganaderos del corredor seco hoy en día mantienen una alta densidad, riqueza y diversidad arbórea en sus potreros, producto a la multifuncionalidad que les genera los árboles dentro de sus fincas.

No existe un dato exacto de la cantidad de especies arbóreas existente en el corredor, sin embargo, estudios realizados en diferentes localidades del corredor, reportan cantidades de especies que oscilan de 40 a 180 especies, las que representan el 10% de las especies identificadas para el país y 37% de las reportadas para los bosques del norte y litoral Atlántico de Nicaragua (Dalia 2005).

El mantener e incrementar la cobertura arbórea en los potreros activos, representa una opción para mejorar la productividad y sostenibilidad en las fincas ganaderas en el trópico seco, particularmente en zonas con período seco extenso, debido a que proporcionan frutos y forrajes de mayor calidad nutricional en comparación a las herbáceas (Esquivel 2007).

Entre las especies predominantes en el paisaje ganadero del corredor seco de Matiguás se reportan; *G. ulmifolia, B. simarouba, T. rosea, C. grandis, P. parviflorum, C. alliadora, E. cycloparpum, A. saman, G. sepium, P. quinata, E. berteoana* (Sauceda 2010, Sanchez 2006, Martínez 2003). Estas especies predominantes en los potreros debido a características funcionales que facilitan su regeneración, colonización y dispersión, tales como abundante producción de semillas y capacidad de dispersión por el viento (*T. rosea, C. alliadora*) y por el ganado bovino "estiércol" (*G.ulmifolia*) (Villanueva et ál. 2003), rápido prendimiento (*B. simarouba, P.quinata, E. berteoana*), generalmente estas últimas son establecidas por los ganaderos en las cercas vivas (Pérez et ál. 2011, Sánchez 2005, Martínez 2003, INAFOR 2002).

2.3.7. **Árboles dispersos y en cercas vivas de los potreros ganaderos de Matiguás**

Las fincas ganaderas de Matiguás poseen alta riqueza y diversidad florística de especies arbóreas en sus potreros, sin embargo, esta composición arbórea está dominada por pocas especies (5 a 10) que representan el 60 al 80% del total de especies identificadas, lo que evidencia que la selección de árboles está ligada a los objetivos del producto. Este escenario es similar en los países centroamericanos, Villanueva et ál. (2003) reporta que 4 especies *T. rosea*, *G. ulmifolia*, *C. alliadora*, *Acroncomia*, representaron el 48% del censo total y las especies *B. simaoruba*, *P.quinata*, resultaron las abundante en cercas vivas conformando el 82% del total censadas en pasturas en el trópico seco de Costa Rica.

La riqueza y abundancia de especies arbóreas en ubicación dispersos y cercas vivas difiere entre sí, pero su manejo, está sujeto a los objetivos del productor, para el caso árboles dispersos, su riqueza está relacionada a las características funcionales de las especies que proceden de la vegetación original (remanentes del bosque) y procedentes de la regeneración natural, como; calidad nutricional de sus hojas y frutos, proyección de sombra, calidad de la madera, alelopatía con las herbáceas y capacidad de diseminación (Villanueva et ál. 2003). En cambio las especies arbóreas a establecer en cercas vivas son seleccionadas por su capacidad de prendimiento, rebrote para extraer postes, leña, forraje y madera (Martínez 2003).

2.3.8. **Fenología de los árboles en sistemas silvopastoriles**

La vegetación en lo que se refiere a la fenología foliar se divide en dos grandes grupos, especies perennifolias y caducifolias, la primera conserva su follaje durante las épocas del año, la segunda pierde o disminuye su follaje durante la época de verano. Sin embargo, recupera en invierno (Damasco y Ba Prado 2001).

La ganadería en el corredor seco presenta una alta densidad y una gran diversidad de especies arbóreas en sus potreros, la decisión de selección de las especies a manejar de la regeneración natural como las establecidas, así como su arreglo especial, dependen mucho de la fenología de estas durante el año. Comprender la dinámica de la fenología foliar de las plantas existente en los potreros es fundamental para la toma de decisiones que repercuten en la selección y manejo de especies arbóreas en los sistemas silvopastoriles.

Ramírez (2012), reportó que los animales prefirieron especies siempre verdes en época seca para refugiarse de la incidencia de los rayos del sol que las especies caducifolias no proveen. Sin embargo, cuando los árboles deciduos recuperaron sus hojas cobraron protagonismo, prefiriéndolos las vacas para refugio de las fuertes lluvias.

Es por ello que mantener una alta diversidad de especies arbóreas (caducifolia-perennifolia) que generen multifuncionalidad dentro de los sistemas silvopastoriles, es fundamental para obtener proyección de sombra tanto en época seca como lluviosa (Ramírez 2012).

3. LITERATURA CIATADA

Alavalapati J.R.R, Shrestha R.K, Stainback G.A, Matta J.R. 2004. Agroforestry development: An environmental economic perpective. Agroforestry Systems 61: 299-310.

Asociasión PRO ayuda a la niñez Niacaraguense (APAN, NI). 2012. Contexto social en Nicaragua. Consultado el 25 de noviembre del 2013, disponible en http://www.ayudanineznicaragua.org/es/contexto-social-en-nicaragua.html.

Betancourt H, Pezo D.A, Cruz, Beer J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. Pastos y forrajes (online). Vol. 30 No 1. Citado el 13 de Diciembre de 2012. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942007000100005&script=sci_arttext.

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 Mátiguas, Matagalpa, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 10(39-40): 47-51.

Blanco G.F. 2000. Efecto de la sombra del estrato arbóreo sobre la fisiología y la dinámica del pastizal. Estación experimental de pastos y forrajes, Indio Hatuey Matanzas, Cuba. En: Memoria del primer curso intensivo de silvopastoril Colombo-Cubano, Ibagué, Bogotá y Valledupar, Colombia.

Casasola F, Ibrahim M, Harvey C, Kleinn C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 8(30): 17-20.

CETREX (Centro de trámites de las exportaciones). 2012. Estadísticas. (En línea). Consultado el 01-12-12. Disponible en http://www.cetrex.gob.ni/website/servicios/estadisticas.jsp.

CONAGAN (Comisión Nacional de Ganaderos, NI). 2012. Situación actual y perpectivas del sector ganadero para adaptación al cambio climático (CC). *In* I Mesa sectorial de Desarrollo rural incluyente PRORURAL incluyente (13 de Abril, Managua, 2012). Presentación. Disponible en http://www.magfor.gob.ni/proruralincluyente/I_Mesa_Sectorial_2012/index.html. Perspectivas del sector ganadero.

Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, C; Villanueva, C; Benjamin, T; Sinclair, F. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10 (39–40): 24-29.

Fassola H.E, Lacorte S.M, Pachas N, Pezzutti R. 2006. Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de Pinus taeda L. sobre la acumulación de biomasa forrajera de Axonopus compressus (Swartz) Beauv. Revista Argentina de Producción Animal 26: 101-111.

Flores S, Barrera J, Bastiaensen J, Castro A, Martínez S, Polvorosa J. 2011. Las cadenas de lácteos y su interacción con la dinámica de género: la experiencia en Matiguás y Muy Muy, Nicaragua. Nitlapan, UCA. 102 p.

Galindo J, Marrero Y, González N, Aldama A. 2003. Efecto del follaje de dos árboles tropicales (Brosimun allicastrum y Leucaena leucocephala) en la población microbiana ruminal en condiciones in vitro.

Gamboa, H. 2009. Efecto de la sombra de Genízaro (*Albizia saman* Jack) y Coyote (*Platymisciumparviflorum* Benth) sobre la productividad primaria neta aérea y la composición química de pastizales seminaturales en fincas ganaderas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 100 p.

García T, López I. 2008. Como estimar carga animal para pastorea continuo. Campo Experimental La Posta. CIRGOC-INIFAP, México. Consultado el 07/12/12. Disponible en http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/manejo/articulos/como-estimar-carga-animal-t2180/124-p0.htm.

Giraldo L y Vélez G. 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. Industria y producción agropecuaria 1 (3): 27-31.

Harvey, C; Sáenz, J (ed) 2007. Evaluación y conservación de Biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Capítulo 11. 1 ª ed Santo Domingo de Heredia-Costa Rica. INBio. Pp 289-325.

Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. 5 ed. en español. IICA. San José, CR. 216 p.

Lemus G. 2008. Análisis de productividad de pastura en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 126 p.

León Velarde C, Quiroz R.A, Cañas R, Osorio J, Guerrero J, Pezo D. 2006. LIFESIM: Livestick feeding strategies simulación models. Natural Resources Managment Division. CIP (International Potato Center), Lima, Perú. 37 p.

López M. 2012. Análisis de las causas de la deforestación y avance de la frontera agrícola en las zonas de amortiguamiento y zona núcleo de la Reserva de Biósfera de BOSAWAS-RANN, Nicaragua. Informe final. GIZ-MAGFOR. p 19-23.

Mathew T, Kumar M, Suresh K, Umamaheswaran k. 1992. Comparative performance of four multi-purpose trees associated with four grass species in the humid regions of Southern India. Agroforestry Systems 17:205-218.

Navas A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. Revista de Medicina Veterinaria 19: 113-122.

Ospino S. 2005. Rasgos funcionales de las plantas herbáceas y arbustivas y su relación con el régimen de pastoreo y la fertilidad edáfica en Muy Muy, Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 p.

Pentón G. 2000. Efecto de la sombra de los arboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. Artículo. Universidad de Matanzas, Cuba. 26 p. Disponible en http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6345S/X6345S00.htm.

Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. 2 ed. Turrialba, Costa Rica. Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. Módulos de enseñanza agroforestal No 2. 275 p.

Quezada F, Somarriba E, Malek M. 2012. ShadeMotion 3.0: Software para calcular la cantidad de horas de sombra que proyectan un conjunto de árboles sobre un terreno. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Disponible en http://www.shademotion.com/.

Ramírez I. 2012. Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento, comportamiento y preferencia de árboles por vacas lecheras en Rivas, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.

Restrepo, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Harmand, M; Morales, J. 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en trópico seco en Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las ameritas (41-42):29-36.

Ríos, N; Cárdenas, A; Andrade, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2006. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. Agroforestería en las Américas 45: 66-71.

Sánchez D, Harvey C, Grijalva A, Medina A, Vilchez S, Hernández B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje en Matiguás, Nicaragua. Rev. Biología Tropical 53(3-4): 387-414.

Sauceda M. 2010. Impacto del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes en los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p.

Somarriba E 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. Agroforestería en las Américas 9 (35-36): 86-94.

Somarriba E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra?. Agroforestería en las Américas (41-42): 122-130.

Tamayo M, Reyes C, Orellana R. 2012. A combination of forage species with different responses to drought can increase year-round productivity in seasonally dry silvopastoral systems. Agroforestry Systems 84: 287-297.

Velásquez R y Delgado J. 2008. Cobertura arbórea y herbácea en pasturas naturalizadas de fincas ganaderas del Trópico Seco de Nicaragua. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21:571-581.

Villanueva C, Ibrahim M, Casasola F, Ríos N, Sepúlveda C. 2009. Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. *In*Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas: como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Serie técnica. Informe técnico Nº 377. Sepúlveda C; Ibrahim M. Eds. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p 103-125.

4. ARTÍCULO 1. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN MORFOLOGICA DE LA COBERTURA ARBOREA EN FINCAS GANADERAS DE MATIGUÁS, NICARAGUA.

RESUMEN

Se realizó el censo arbóreo en 25 potreros arbolados pertenecientes a 10 fincas ganaderas del municipio de Matiguás. La información registrada consistió en: variables dasométricas, descripción bibliográfica de los principales usos y estimación del porcentaje de oclusión para 47 especies arbóreas. Se realizaron análisis de estadísticas descriptivas, estimación de riqueza e índice de diversidad de Shannon, análisis de conglomerados aplicando el método de agrupamiento de Ward, las medias de los grupos se compararon mediante análisis de varianza multivariado en InsfoStat v2012p. La principal actividad económica de Matiguás es la ganadería de doble propósito (carne y leche). Se registraron 2 419 árboles pertenecientes a 47 especies y 21 familias, en 25.5 hectáreas. Los árboles dispersos registraron mayor altura del fuste, diámetro de copa y área de copa en comparación a los ubicados en las cercas vivas. Los árboles con copas de forma cilíndrica y elipse registraron los mayores porcentajes de oclusión. La riqueza e índice de Shannon oscilo en 12 y 2.69, en su orden. Las especies más abundantes fueron de la familia Fabáceae, la que representó el 30.4% del total de individuos censados. De las 47 especies, se encontró que doce son catalogadas como "madera de alta calidad" y 13 se consideran árboles melíferos, preferidos por las abejas del genero *Apis melífera* y la nativa de Mesoamérica *Melipona beecheii*. Las especies que proyectaron mayor porcentaje de oclusión fueron:*Adelia barbinervis, Ficus sp, Simarouba amara, Cassi grandis,* en cambio, las que proyectaron mayor cobertura de sombra para las épocas verano e invierno producto al área de sus copas fueron:*Guazuma ulmifolia, Albizia saman, Enterolobium cyclocarpum, Cassia grandis y Lonchocarpus miniflorus*. Se conformaron tres grupos de diseños de potreros, los cuales difirieron estadísticamente ($p<0.05$) en nueve variables vinculadas a la proyección de sombra y composición arbórea.

Palabras claves: árboles melíferos, cobertura de sombra, composición arbórea, multifuncionalidad, potreros arbolados, sombra.

Article 1.Characterization and morphological composition of tree cover in cattle farms Matiguás, Nicaragua.

ABSTRACT

The tree census was conducted in 25 pastures with trees belonging to 10 cattle farms Matiguás Township. The information recorded consisted: dasometric measures bibliographic description of the main uses, and an estimation of the percentage of occlusion for 47 tree species. Analysis of descriptive statistics were performed, estimation of wealth and Shannon diversity index, cluster analysis using the ward clustering method, the group means were compared using multivariate analysis of variance in InsfoStat v2012p. The main economic activity is cattle raising dual purpose (meat and milk). 2,419 trees belonging to 47 species and 21 families were recorded in 25.5 hectares scattered trees recorded higher stem heigh treetop diameter and treetop area comparing with those ones placed in out skirt strees with cylindrical and ellipse treetop registered the highest percentage of occlusion. The richness and Shannon index swing at 12 and 2.69, in that orderthe most abundant species were of the Fabacee family, which accounted for 30.4 % of all individuals counted. Of the 47 species found twelve are classified as "high quality wood" and 13 are considered honey wood, preferred by bees of the genus *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* native to Mesoamerica Species that projected higher percentage of occlusion were:*Adelia barbinervis, Ficus sp, Simarouba amara, Cassia grandis,* however, which projected more shade cover for times summer and winter product to the area of their glasses were:*Guazuma ulmifolia, Albizia saman, Enterolobium cyclocarpum,Cassia grandis* and *Lonchocarpus miniflorus*.Three groups of clusters were formed, which differed significantly ($p<0.05$) in nine variables related to the projection of shadowand composition tree.

Keywords: composition trees, honey-trees, pastures, multifunctionality, shade cover, shadow.

4.1. INTRODUCÍON

La transformación y fragmentación de las áreas boscosas a cultivos anuales y pasturas, son los principales causantes de la pérdida de biodiversidad en el trópico (Steven 2001). El corredor seco que lo comparten los municipio de Muy Muy y Matiguás no se ausenta de esta realidad, el avance de la frontera agrícola y el aprovechamiento indiscriminado de las especies arbóreas de alto valor comercial, ha ocasionado el deterioro de las pocas áreas boscosas del sitio, estimándose actualmente una cobertura remanente de 5%, en contraste al 53% del área ocupada con pasturas o pastizales seminaturales predominado por el género *Panicum máximum* (Gamboa 2009).

Pese a la realidad de escases de áreas boscosas y el predominio de cultivos básicos y ganadería, se identifican dentro de los agropaisaje cobertura arbórea dispersa en forma de pequeños parches remanentes del bosque, franjas angostas de bosques ribereños "riparios" y árboles dispersos y situados en cercas vivas (Sánchez 2005). La iniciativa de retener de la regeneración natural y establecimiento de especies de árboles preseleccionados de interés en los potreros ha sido influenciada por la multifuncionalidad que genera la diversidad de especies arbórea dentro de las fincas ganaderas, entre ellos se mencionan: producción de follaje, frutos, madera, leña y postes (Martínez 2003, Casasola et ál. 2001).

Sin embargo, pese al registro de una alta riqueza de especies arbóreas en el corredor seco, la abundancia de individuos está dominada en su mayoría por pocas especies, entre ellas; *G. ulmifolia, T. rosea, E. cyclocarpum, A. saman, C. alliodora, P. parviflorum, G. sepium, B. simaruba* y *P. quinata*, representando entre el 50 al 80% del total de especies existentes (López et ál. 2006, Sánchez et ál. 2005, Betancourt 2003, Martínez 2003). Entre las características que presentan estas especies y que las hacen predominar en los agropaisaje es, su capacidad regenerativa, como alta producción de semillas, capacidad de diseminación por el viento y ganado (Villanueva et ál. 2003).

De acuerdo con Esquivel (2005) mantener o incrementar la presencia y diversidad de árboles en potreros representa una importante opción para mejorar la productividad y sostenibilidad de las fincas ganaderas en el trópico seco. El principal objetivo de la investigación es generar información sobre riqueza y diversidad arbórea presente en fincas ganaderas de Matiguás; además, recopilar información secundaria referente a los usos potenciales de las especies, reflejar el porcentaje de oclusión para cada especie y su efecto en el área de cobertura de sombra para las épocas seca y lluviosa y por último identificar diseños de potreros arbolados y las variables están influyendo en la agrupación de los potreros.

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. **Localización del sitio de estudio**

El estudio se realizó en los meses de abril a julio del 2013 en fincas ganaderas con sistema de doble propósito pertenecientes al corredor seco del municipio de Matiguás, ubicado al sur del departamento de Matagalpa, entre las coordenadas 12°50’ N y 85°45’ O (Figura 4). El municipio de Matiguás está ubicado en la Región Ecológica III sector central, caracterizado por ser una zona de transición de las regiones del pacífico y atlántico, y tener un clima moderadamente cálida (Holdridge 2000).

Figura 4. Mapa de ubicación del municipio de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua.
Fuente: Johana Romero, 2010

4.2.2. **Descripción del sitio de estudio**

La zona de estudio se encuentra a una altitud media de 337 m.s.n.m (220 a 780). La temperatura y la precipitación promedio anual (en el período 1970 a 2001) fueron 25ºC y 1517 mm, respectivamente. La estación lluviosa dura aproximadamente siete meses, desde mayo a noviembre y la estación seca dura cinco meses (diciembre hasta abril). El suelo de la zona es franco arcillo, moderadamente profundos y drenados. De acuerdo con la clasificación ecológica de zonas de vida, la región es bosque subhúmedo tropical de transición entre la zona seca y la zona húmeda (Holdridge 2000). Las condiciones físicas y climatológicas presentes en las zonas permiten las actividades agropecuarias como ganadería y granos básicos (maíz y

frijol), siendo la crianza de ganado de doble propósito la principal actividad económica del municipio.

Durante los meses de evaluación se registró en la zona de Matiguás, un brillo solar de 7 horas/día, una temperatura y precipitación promedio de 25.5 °C y 109.8 mm (Figura 5), respectivamente (INETER 2013).

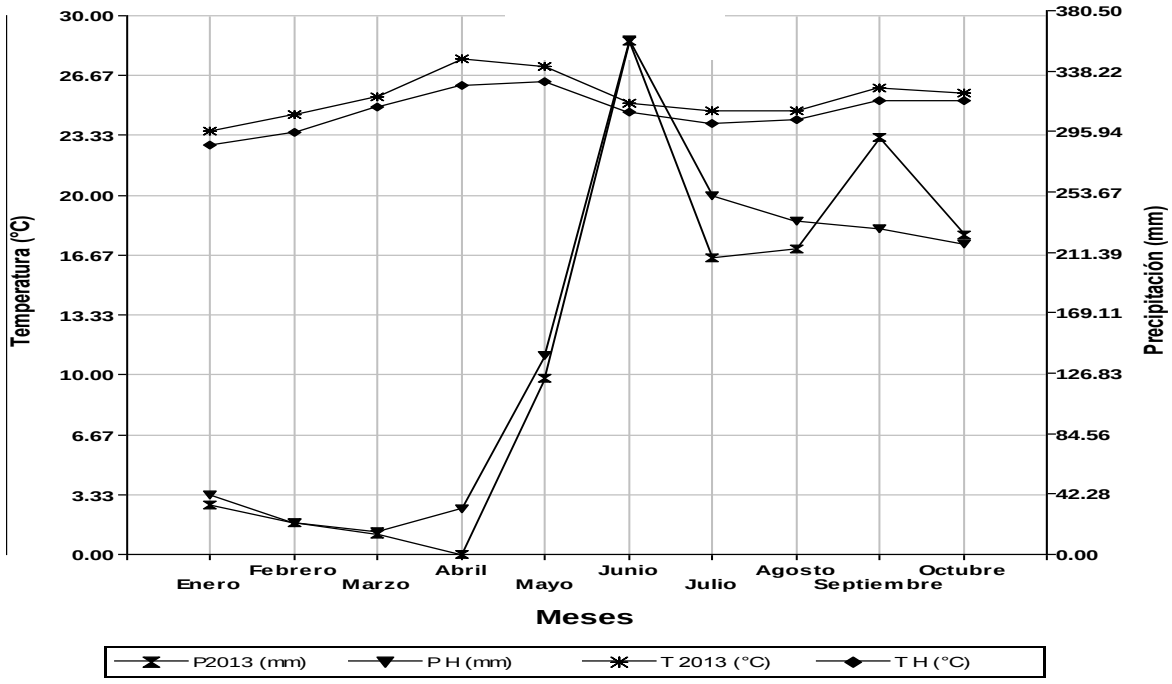

Figura 5. Comportamiento de la precipitación y temperatura en Matiguás, Nicaragua, 2013.

P: precipitación **T**: temperatura **H**: histórica

4.2.3. **Selección de los potreros y pastura**

Se consultó la base de datos de Sauceda (2010), realizándose un graficó de dispersión de los potreros en relación al porcentaje de cobertura arbórea, posteriormente se preseleccionaron los potreros más contrastantes. Sin embargo, en campo se recorrieron los 44 potreros evaluados por la autora y que pertenecen a 17 fincas ganaderas, con el fin de corroborar la preselección de los potreros más contrastantes; además, durante el recorrido observar que especies de pastos predominaban en el paisaje.

Del total de potreros se excluyeron 19 debido a su tamaño (>9ha), presencia actual de pasto de corte y asignación actual para pastoreo de terneros <1 año de edad. Finalmente del total de potreros visitados solo 25 cumplieron con los criterios de selección.

Los criterios aplicados para la selección de los potreros y pastura, fueron los siguientes:

- El interés en determinar el efecto de coberturas arbóreascontrastante baja-media-alta, en relación a productividad de pasto actual.
- Potreros activos e incluidos en el sistema de rotación de la finca.
- Árboles existentes en los potreros en su mayoría procedentes de la regeneración natural.
- En los potreros predominara las especies del genero *Paspalum*, pastura con mayor presencia en las fincas del corredor seco, según las observaciones durante el recorrido.
- Las pasturas tuvieran una edad de más de 10 años.
- Similar manejo en relación a períodos de ocupación y descanso de las pasturas, pastoreo continuo en verano y rotación en invierno.

Del recorrido se llegó a la conclusión que en las fincas ganaderas predominan especies herbáceas naturales como las del género *Paspalum*, y en menor cantidad potreros con pasturas mejoradas, predominando los pastos de la especie *Brachiaria brizantha* (cultivares Marandú, Toledo y Mulato) y *Panicum máximun* (cultivar Tanzania). Escenario congruente con la realidad del corredor seco y ha resultados reportados por Zapata (2010), Ospina (2009).

Los 25 potreros seleccionados más contrastantes en relación a la cobertura arbórea – árboles en potreros- pertenecen a 10 fincas que se distribuyen en 5 comunidades (Argelia, Las Limas-Argelia, Las Limas, Limas abajo y Bul Bul).

4.2.4. **Condiciones biofísicas y de manejo de los potreros**

Se consultó a los ganadero, sobre el método y forma de realizar el control de las malezas en los poteros. Las preguntan se formularon para conocer; si realizan deshierbe, como lo realizan (manual o aplicación de químicos), con qué frecuencia y que productos aplican. Esta información permitió tomar decisiones en campos en relación a la fecha de monitoreo de pasto.

Para cada potrero se geo referenciaron los vértices con GPS Garmin, considerando la irregularidad de las formas, las coordenadas fueron registradas en UTM16. Los datos registrados se digitaron en el programa Arcgis v 9.3 para estimar el área de cada potrero. La carga se estimó en base al número de animales que pastoreaban en cada potrero, considerando una unidad animal de 400 kg de peso vivo.Las unidades animales utilizadas para el cálculo por animal se describen en anexo 2.

4.2.5. **Inventario y caracterización dasométrica de la cobertura arbórea**

Censo y geo referenciación de los árboles dispuestos en cercas vivas y dispersos

Se registró el total de árboles presentes en los 25 potreros seleccionados, midiendo los árboles en cercas vivas mayores a 10 cm de dap y los de dap>20 cm para los dispersos, para efecto de proyección de sombra en los potreros (Sauceda 2010). El censo total de individuos permitió determinar la abundancia y riqueza de especies arbóreas en los 25 potreros evaluados; además, se logró identificar las especies más abundantes en cercas vivas y dispersos. La geo referenciación de los árboles en potreros se realizó con GPS Garmin en unidad UTM16 para estimar el tipo de arreglo espacial y su índice de distancia, y en cada individuo se midieron las variables dasométricas:

✓ **Altura tota, del fuste y copa**: estas se estimaron mediante un clinómetro, registrando tres pendientes (ángulo) uno a la base del árbol, otro a la base de la copa y laúltima al ápice de la copa. Para la estimación de las alturas se aplicó la siguiente ecuación:

$$h = \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{100} xD$$

h: Altura total (m)
Θ_1: Pendiente a la base (%)
Θ_2: Pendiente total (al ápice) (%)
D: Distancia al árbol (m)

✓ **Formas de copa**

A cada árbol se visualizó la forma de la copa asignándole un tipo de copa, las categorías asignadas fueron: elipse, semielipse, cono, cono invertido y cilíndrico (anexo 2).

Según la práctica adquirida en 2049 árboles, se puede decir que las copas elipse y semielipse por lo general son percibidas en especies como *Enterolobium cyclocarpum, Albizia saman, Bursera simaruba* y *Gazuma ulmifolia*, las cono y cono invertido son comunes en *Tabuia rosea, Tectonia grandis, Paquira quinata, Platimiscium parviflorum* y *Erythrina berteroana*, las formas cilíndricas, generalmente a especies como *Simarouba amara* y *Astronium graveolens*. Sin embargo, cabe mencionar que el manejo y la ubicación en que se encuentren los árboles, puede influir en gran manera en la forma de la copa.

✓ **DAP**: el diámetro a la altura del pecho (1.30 cm) se midió en toda la población de árboles. Este medición se realizó con una cinta diamétrica. Los datos permitieron obtener datos promedios de diámetros y diámetro basal por potrero.

4.2.6. **Estimación del porcentaje de sombra (oclusión)**

Se estimó el porcentaje de oclusión (sombra) que proyecta la copa de las 47 especie registradas, mediante el aparato LAI-CORD v2000 que registra la cantidad de radiación de luz que atraviesa la copa, este valor puede ser observado en la pantalla del equipo a través de la opción DIFN, el valor dado oscila entre 0 a 1, es decir, 0 significa total oclusión y 1 total radiación recibida en el sensor, posterior, para estimar el porcentaje de sombra u oclusión se resta el valor de 1 o sea total radiacióny luego se multiplica por 100%, el valor dado es el porcentaje de radiación interceptada por la copa es decir oclusión.

El aparto LAI-CORD se calibro para registrar 5 estimaciones para cada árbol, un registro a espacio libre que fungió como referencia a las 4 estimaciones bajo la copa del árbol en orientación cardinal a un metro de distancia del fuste (Figura 6). Pero además, esta estimación se corroboró con la estimación visual de la oclusión de copa, mediante la metodología descrita por Somarriba (2002). Para las 47 especies se registraron estimaciones de oclusión al inicio de los meses abril, mayo, junio y julio.

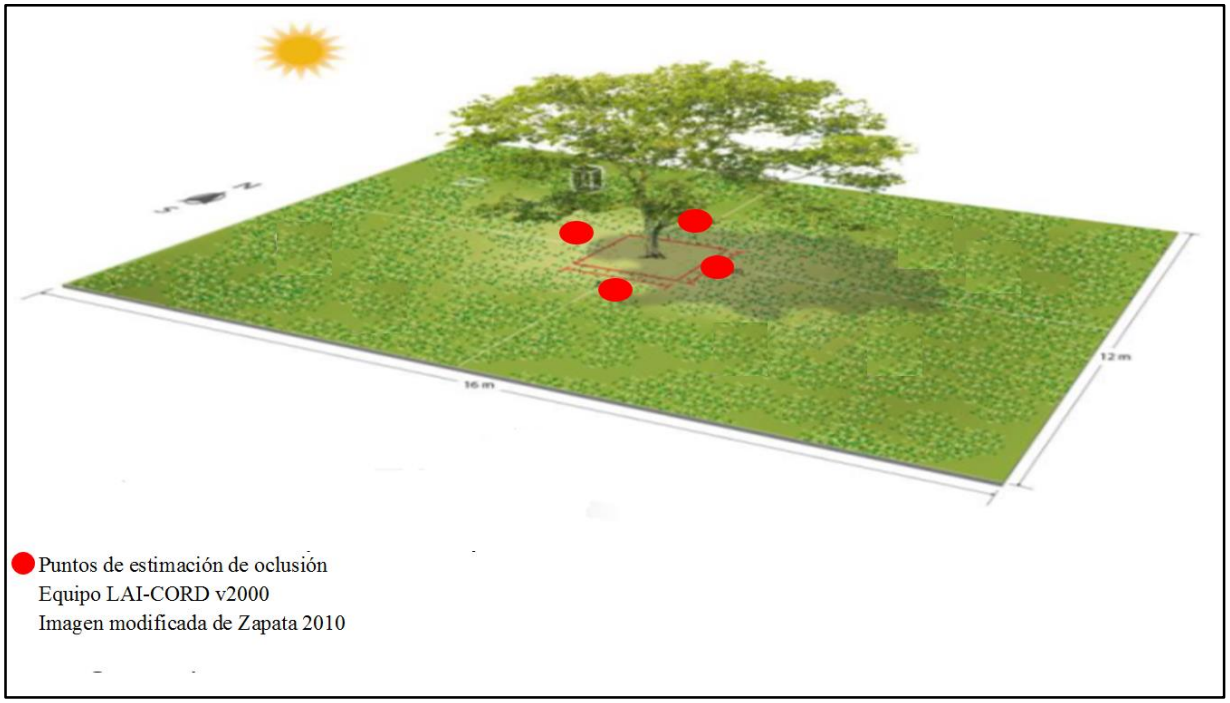

Figura 6. Representación de la estimación del factor de oclusión por árbol.

Cabe mencionar, que de las 47 especies registradas 26 presentaron repeticiones "individuos" mayores a 4, para las cuales se realizó un análisis de varianza, para conocer las diferencias de oclusión y área de cobertura de sombra entre época y especie. Los criterios de selección de las especies a evaluar fueron: árboles aislados (5 metros de distancia del árbol más próximo), sano, sin indicios de poda, edad adulta de cada especie. Las mediciones se realizaron en horas tempranas (7 a 9 am) y tardes (3 a 5 pm) del día.

Posterior a la estimación de la oclusión de la copa para cada especie, se procedió a medir el diámetro de las copas de los árboles, esta medición permitió calcular el área de la copa mediante las siguientes ecuaciones; para las copas regulares "forma más próxima a una circular" se aplicó la ecuación 1 tomada de Lemus (2008) y a las formas irregulares la ecuación 2 propuesta por Somarriba (2002).Las ecuaciones usadas fueron las siguientes:

Ecuación 1: $AC = \pi\ DC_1/2 * DC_2/2$

Ecuación 2: $AC = \pi/4 * DC^2$

Donde;
AC= Área de copa
DC_1= Diámetro de copa 1
DC_2= Diámetro de copa 2
DC^2= Diámetro promedio al cuadrado

Seguidamente esta área se multiplico por el factor de oclusión de sombra con el objetivo de ajustar la cobertura de sombra proyectada por la copa, es decir, estimar el área real de la copa sombreada. La estimación del área real sombreada para cada árbol se realizó para los meses abril, mayo, junio y julio.

Posteriormente para estimar la cobertura de sombra proyectada por las copa de los árboles para cada potrero fueron sumadas todas las coberturas de sombra de cada árbol correspondiente a cada potrero, la sumatoria se dividió entre el área del potrero y se multiplico por 100.

4.3. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizaron análisis de estadística descriptiva como: promedios, desviación estándar, máxima, mínima, a las variables dimensiones de las fincas, de los potreros y árboles. Además, se realizaron tablas de frecuencia a las especies arbóreas tanto en cercas vivas como los dispersos y se realizaron comparaciones de las medías de los índices de riqueza según arreglos espaciales de los árboles. Se realizó un análisis de conglomerados aplicando el método de Ward con las variables dasométricas (cobertura de sombra, área de copa, área basal, porcentaje de oclusión, altura del árbol y altura de la copa), densidad de árboles, riqueza de especies e índice de Shannon, para clasificarlos por tipos de diseños de potreros. Las medias de los conglomerados se compararon mediante análisis de varianza multivariado con 95% de confiabilidad. Para comparar las especies en relación a la media de porcentaje de oclusión y cobertura de sombra se realizó mediante el análisis de modelos lineales generales y mixtos en InfoStat v2012p (Di Rienzo et ál.2012).

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1. Las fincas ganaderas y el manejo de los potreros

En las 10 fincas visitadas predomina la actividad ganadera de doble propósito (carne-leche), manejo similar se evidencia en el corredor seco que los comparten los municipios de Muy Muy y Matiguás. El tamaño promedio de las fincas fue de 40.87 ha, aunque se registraron fincas con área de 140 ha. El área estimada de los potreros evaluados fue en promedio 1.02 hectáreas, registrándose un mínimo y máximo de 0.25 – 2.94 ha, en su orden (Anexo 1).

En relación al manejo de las pasturas, los ganaderos realizan dos chapias y una aplicación de producto químico, generalmente las chapias se efectúan a inicios de la época lluviosa (Mayo-Junio) y finales de la misma (Noviembre-Diciembre) y la aplicación de químico se realiza a mediados del período lluvioso (Octubre). En el corredor seco, producto de la baja disponibilidad y calidad de pasto en la época seca no se ejerce un manejo de rotación; en cambio, en la ápoca lluviosa los períodos promedio de ocupación y descanso oscilaron en 2.4 (2 a 3) y 26 (22 a 30) días respectivamente. La carga animal para la época seca fue de 0.9 e invierno de 2.1. La unidad animal en las fincas no mostro variación, pasando de 18 UA en verano a 19 UA en invierno.

En las fincas visitadas suplementan a los animales en época seca con pasto de corte como (*Pennisetum purpureum* y *Saccharum officinarum*), carcarilla de mani (*Arachis hypogaea*), sal mineral, melaza y en menor frecuencia follaje de las especies *Giricidia sepium, Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia*.

4.4.2. La cobertura arbórea en los potreros arbolados

Se censaron un total de 2049 árboles pertenecientes a 47 especies y 21 familias en 25.5 hectáreas (Cuadro 3). El total de especies registradas representan el 61% de especies nativas y el 9.5% de las especies identificadas en los bosques del norte y del litoral de Atlántico de Nicaragua (INAFOR 2009, Salas, 1993). Del total de árboles, el 41% se registraron en las cercas vivas de los potreros y el restante 59% se encontraron dispersos. El mayor registro de árboles en potreros fue de 167 individuos, con promedio de 63 individuos por hectárea. La riqueza e índice Shannon con una confiabilidad de 0,95 se estimó en 12 y 2.69 (2.63), respectivamente en los 25 potreros evaluados (Anexo1).

La altura promedio de la copaoscilo en 5.65, así mismo, el área de copa estimada para los árboles fue de 37.07 metros cuadrados en promedio (Cuadro 4), sin embargo, se registraron copas con diámetros grandes pertenecientes a especies como *Albizia samán* y *Enterolobium cyclocarpum* que reflejaron una significativa área de cobertura. En general estas especies

presentan como características dasométricas, grandes diámetros de copa lo que se traduce en mayor área de sombra (Sauceda 2010).

Cuadro 3. Descripción de la composición arbórea en los 25 potreros arboladosseleccionados en Matiguás, Nicaragua, 2013.

Variables	Valores
Árboles censados	2049
Número de especies arbóreas registradas	47
Densidad de árboles dispersos (No/ha)	63
Densidad de árboles en cercas vivas (No/100ml)	33
Altura total promedio (m)	11.23 (0.11)
Altura del fuste promedio (m)	5.59 (0.07)
Altura de la copa promedio (m)	5.65 (0.07)
Diámetro promedio de copa (m)	6.63 (0.05)
Área de copa (m^2)	37.07 (0.58)
DAP promedio (1.30 m)	32.74 (0.34)

El valor entre paréntesis significa Error Estándar.

Cabe recalcar que al realizar el análisis de comparación de medias con LSD Fisher, se encuentra diferencias entre ubicación de los árboles dispersos para las variables dasométricas altura del fuste, diámetro promedio de copa y área de copa, en comparación a los registrados en las cercas vivas de los potreros (Cuadro 4); no obstante, no se encontró diferencia significativa en la altura de las copas. Esta diferencia entre ubicación para las variables analizadas, posiblemente está vinculado a la competencia que existe entre árboles producto a la reducida distancia en las cercas vivas, lo que se traduce es un menor desarrollo de las copas y fuste (Galloway 2005); además, ha influido el manejo de podas para la extracción de postes que se realiza a los árboles en cercas vivas (López 2006).

Cuadro 4. Análisis de varianza para las variables dasométricas en relación a la ubicación de los árboles dentro de los potreros arbolados, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Variable	Cercas vivas		Dispersos		p-valor
	Media	E.E	Media	E.E	
Altura del fuste (m)	5.32**a**	0.10	5.77**b**	0.09	0.0008
Altura de copa (m)	5.50**a**	0.12	5.76**a**	0.10	0.0916
Diámetro promedio de copa (m)	5.70**a**	0.07	7.28**b**	0.06	0.0001
Área de copa (m^2)	27.80**a**	0.84	42.68**b**	0.70	0.0001

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

4.4.3. **Caracterización de las formas de copas**

El análisis de comparación de medias con LSD Fisher, refleja que los árboles con copa de forma cilíndrica registraron los mayores porcentajes de oclusión para ambas épocas, en comparación a las demás formas de copa (Cuadro 5). Las copas de forma cilíndrica presentan como característica alta profundidad "altura de copa" y en general se asocian a especies como *Simarouba amara*.

Cuadro 5. Porcentaje de oclusión para tipos de copas, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Formas de copa	**% de oclusión ($\bar{x}$)**	**n**	**E.E**				
Cilindro	50.05	41	2.12	A			
Elipse	41.24	432	0.65		B		
Semielipse	39.93	1180	0.39		B		
Cono invertido	29.73	112	1.28			C	
Cono	23.46	283	0.81				D

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

En general, las formas de copa elipse y semielipse, son más evidentes en especies de diámetros de copas grandes como *A. saman*, *E. cycloparpum*, *G. ulmifolia y Cassia grandis*; las características de las copas de estas especies son; diámetros grandes y altura de copa corta, lo que genera una mayor área de proyección de sombra por metro cuadrado (Ramírez 2012, Sauceda 2010, Gamboa 2009), en cambio, formas cónicas son más evidentes en especies como *T. rosea* y *P. quinata*, que presentan copas con diámetro pequeño y generan una reducida área de cobertura de la sombra.

4.4.4. **Especies arbóreas más abundantes en los 25 poteros arbolados.**

Las especies de mayor abundancia en los 25 potreros según el número total de árboles fueron: *Guazuma ulmifolia* (539 árboles), *Enterolobium cyclocarpum* (177), *Pachira quinata* (174), *Albizia saman* (168), *Tabebuia rosea* (150), *Bursera simaruba* (140), *Platymiscium parviflorum* (114) y *Erythrina berteroana* (84 individuos); estas especies en su mayoría pertenecen a la familia Fabaceae la que representó el 30.4% de la población total de árboles censados (Cuadro 6). Este registró y dominancia de especies es similar a los reportados por Sauceda (2010), Sánchez (2005) y Betancourt (2003), quienes realizaron evaluaciones en diferentes sitios del corredor seco de los municipios de Muy Muy y Matiguás.

Cuadro 6. Número de especies arbóreas por familias presentes en los 25 potreros ganaderos en Matiguás, Nicaragua, 2013.

Familias	n especies	FR (%)
Fabaceae	14	30.4
Rutaceae	4	8.7
Boraginaceae, Malváceae, Anacardiaceae	9	19.5
Bignoniaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae	6	13
Cecropiaceae, Burseraceae, Caesalpinaceae, Celastraceae, Lamiaceae, Luraceae, Ceasalpiniaceae, Annonaceae, Simaroubaceae, Moraceae, Leguminosae, Myrtaceae, Rubiaceae	13	28

A pesar que el paisaje de Matiguás y especialemnte el corredor seco está fragmentado y en su mayoría dominado por potreros que representan el 68.2% del área total (Sánchez 2005) y con característica de manejo extensivos. Los productores conocen acerca de los árboles que se encuentran en sus potreros y gestionan selectivamente la regeneración de las especies que favorecen su utilidad para las funciones como, sombra, forraje, leña y madera. Por un lado, este conocimiento representa un recurso que actualmente está brindando frutos, como es la presencia de altas densidades de árboles en los potreros, por otra parte,está limitando la composición arbórea en unas pocas especies favorecidas por el manejo y características regenerativas y capacidad de dispersión propias de unas especies que las hacen dominante en el paisaje de Matiguás (Harvey et ál. 2011, Sauceda 2010, Betancourt 2003).

Aunque el paisaje está en su mayoría dominado por especies generalistas, aún mantienen valor para la conservación, dado que se registraron especies típicas de bosque primario y consideradas amenazadas, dado su baja abundancia y regeneración natural, entre estas *Astronium graveolens, Cedrela odorata, Swietenia macrophylla*. Esta situación debe ser considerada en estrategias regionales o locales enfocadas a la conservación y fomento de la biodiversidad, debido a la actual presión sobre los agropaisaje incentivados por el aprovechamiento descontrolado de madera, leña y las actividades agropecuarias (manejo), que evitan o reducen la regeneración natural de las especies típicas del bosque (Sauceda 2005). El mantener e incrementar la diversidad arbórea en los potreros activos, representa una opción para mejorar la mejorar la multifuncionalidad y resiliencia al cambio climático de las fincas ganaderas en zonas tropicales (Ramírez 2012, Esquivel 2007, Esquivel 2003).

4.4.5. **Especies arbóreas más abundantes en cercas vivas y dispersos**

El índice de diversidad biológica con una confianza de (0.95) estimó mayor riqueza de especies en dispersos (42) que en cercas vivas (39 sp) (Cuadro 7). La especie *Guazuma ulmifolia* fue la más abundante (455 individuos) entre los árboles dispersos, seguido de *Enterolobium cyclocarpum* (151 individuos) y *Albizia saman* (144), las tres especies representaron el 62% de los árboles dispersos en los 25 potreros evaluados (Cuadro 8). Estas

especies presentan como características deseables para los ganaderos la proyección de sombra densa a ligera que abrigan y protegen a los animales en días y horas de mucha insolación y en fuertes lluvias (Miranda 2012, Ramírez 2012), producción de follaje y frutos que suplen la demanda de alimento por los animales en la época seca que se distingue por baja disponibilidad y pobre calidad de los pastos.

En las cercas vivas de los potreros las especies más abundantes fueron *Pachira quinata* (161 individuos) y *Bursera simaruba* (139), las cuales representan el 36% del total de árboles censados para este arreglo (Cuadro 8). Cabe mencionar, que estas especies son preferidas para establecer en cercas vivas debido a sus características como alta capacidad de prendimiento lo que disminuye los costos de mantenimiento de las cercas, son una fuente de follaje para alimentación del ganado y según las especies se podría producir madera como por ejemplo de *P. quinata* (López et ál. 2006, Martínez 2003, MARENA-INAFOR 2002).

Cuadro 7. Riqueza de especies e índice de diversidad biológica en árboles ubicados en cercas vivas y dispersos en 25 sistemas silvopastoriles Matiguás, Nicaragua, 2013.

Ubicación	n	Riqueza	I. Shannon	D.E
Dispersos	12.09 (59%)	42	2.20	2.17
Cercas vivas	839 (41%)	39	2.76	2.74

Cuadro 8. Abundancia de especies de los árboles dispersos en potreros y cercas vivasen Matiguás, Nicaragua, 2013.

Especie	Dispersos	FR (%)	Cercas vivas	FR (%)
Guazuma ulmifolia (Guacimo)	455	37.6	84	10
Enterolobium cyclocarpum(Guanacaste)	151	12.5	26	3.1
Albizia saman (Genízaro)	144	11.9	24	2.8
Platymiscium parviflorum (Coyote)	92	7.6	22	2.6
Tabebuia rosea (Roble)	77	6.4	73	8.7
Cassia grandis (Carao)	43	3.5	-	-
Cordia alliodora (Laurel)	40	3.3	-	-
Gliricidia sepium (Madero negro)	30	2.5	-	-
Adelia barbinervis (Espino)	26	2.1	-	-
Cordia bicolor (Muñeco)	17	1.4	-	-
Pachira quinata (Pochote)	-	-	161	19.2
Bursera simaruba (Indio desnudo)	-	-	139	16.6
Erythrina berteroana (Elequeme)	-	-	83	9.9
Simarouba amara (Acacia)	-	-	32	3.8
Cedrela odorata (Cedro)	-	-	32	3.8

4.4.6. **Principales usos de las especies arbóreas en los potreros**

Las especies registradas son manejadas y establecidas por los ganaderos producto a la multifuncionalidad que cumplen dentro de los potreros. De las especies registradas 15 son consideradas como proveedoras de follaje y frutas (Sánchez et ál. 2005, Betancourt 2003, Casasola et ál. 2001), que suplen la demanda de alimento de los animales, principalmente para el período de sequía.

Del total de especies registradas 30 son utilizadas como forraje bajo ramoneo y para leña; además, 27 son usadas como madera en construcción de viviendas y elaboración de muebles (Cuadro 9). Doce de las 27 mencionadas han sido catalogadas como "madera de alta calidad", por presentar características (textura fina, albura o color, duramen alto) atractivas al mercado local e internacional (Sánchez 2005, Cordero y Boshier 2003, MARENA-INAFOR 2002). Es importante recalcar que de las 47 especies arbóreas registradas, 21 son consideradas como productoras de néctar y polen para las abejas africanizadas del genero *Apis melífera* y nativa de Mesoamérica *Melipona beechei* y de ellas 13 especies se consideran entre las preferidas de las abejas por la alta producción y calidad del néctar y polen (Román y Palma 2007, Cordero y Boshier 2003, Sandker, 2003, MARENA-INAFOR 2002). Del total de especies registradas, predominan las del uso nectaríferas (11) y solo una "*Cordia dentata*" su floración ocurre todo el año (Román y Palma 2007). Si bien, existe diversidad de especies con gran potencial para producción de madera de calidad, néctar y polen; es importante destacar el conocimiento local de las especies con rasgos melíferos (productoras de néctar y polen), debido a que la preferencia de las especies por parte de las abejas cambia por zona debido a las condiciones ecológicas y climatológicas (Sandker 2003). Lo anterior tiene relación debido a que en el corredor seco de Matiguás y otras zonas similares de Nicaragua se han venido desarrollando proyectos de producción de miel con abejas africanizadas (y en menores casos con nativas) para diversificar los medios de vida de las familias rurales. Por lo tanto, el incremento de la cobertura y diversidad arbórea cobrará relevancia para la producción ganadera y apícola.

Cuadro 9. Principales usos de los árboles y su potencial como árboles melíferos, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Nombre Común	**Nombre científico**	**Usos**			
		Madera	**Leña**	**Forraje**	**Melífera**
Coyote	*Platymiscium parviflorum*	xx			x
Guácimo	*Guazuma ulmifolia*	x	x	x	xx
Roble	*Tabebuia rosea*	xx			xx
Elequeme	*Erythrina berteroana*		x	x	
Pochote	*Pachira quinata*	xx			
Cedro	*Cedrela odorata*	xx			xx
Genízaro	*Albizia saman*	xx	x	x	x
Cuajikil	*Inga spuria*		x		

Guanacaste	*Enterolobium cyclocarpum*	x	x	x	xx
Carao	*Cassia grandis*	x	x	x	xx
Nona	*Annona purpurea*		x		
Chaperno	*Lonchocarpus minimiflorus*		x		
Limoncillo	*Citrus limonum*		x		x
Guaba	*Inga edulis*		x	x	
Gavilán	*Pentaclethra macroloba*	xx			
Zopilote	*Ocotea puberula*	x			
Sangre grado	*Croton lechleri*		x		
Ceibo	*Ceiba pentandra*	x		x	xx
Jobo	*Spondias mombin*		x	x	x
Caoba	*Swietenia macrophylla*	xx			xx
Muñeco	*Cordia bicolor*	xx			
Mora	*Vatairea lundellii*	x			
Madero	*Gliricidia sepium*	x	x	x	xx

Las especies melíferas incluyen, productoras de néctar y polen.

xx significa especies arbóreas de mayor importancia para uso madera y melífera.

Continuación…

Nombre Común	**Nombre científico**	**Usos**			
		Madera	**Leña**	**Forraje**	**Melífera**
Indio desnudo	*Bursera simaruba*		x	x	x
Laurel	*Cordia alliodora*	xx			xx
Quebracho	*Lysiloma auritum*	x	x		
Guapinol	*Hymenaea courbaril*	xx	x		
Madroño	*Calycophyllum candidissimum*	xx	x		xx
Jocote	*Spondias purpurea*		x	x	xx
Guayaba	*Psidium guajava*		x		x
Acacia	*Simarouba amara*	x			
Teca	*Tectonia grandis*	x	x		
Jícaro	*Crescentia alata*			x	xx
Leucaena	*Leucaena leucocephala*			x	
Jagua	*Genipa americana*	x	x		x
Cortes	*Tabebuia sp*	xx			
Malinche	*Delonix regia*		x		x
Piojo	*Semialarium mexicanum*		x		
Tigüilote	*Cordia dentata*		x	x	xx
Espino	*Adelia barbinervis*		x		x
Patacón	*Sapindus saponaria*		x		

Chinche	Zanthoxylum elephantiasis	x	
Quita calzón	*Astronium graveolens*	x	
Guarumo	*Cecropia obtusifolia*		x
Lagarto	*Zanthoxylum kellermanii*	x	
Plomo	*Zuelania guidonea*	x	

Las especies melíferas incluyen, productoras de néctar y polen.
xx significa especies arbóreas de mayor importancia para uso madera y melífera.

4.4.7. **Proyección de sombra de las leñosas en potreros**

El análisis de modelos mixtos con un 95% de confianza, indica una interacción entre época y especie (p=0.0001), para las variables porcentaje de oclusión y cobertura de sombra (CS). Las especies que registraron sus copas mayor porcentaje de oclusión tanto en verano como invierno según el análisis de modelos generales mixtos (p<0.05) fueron *A. barbinervis*, *F. sp*, *S. amara*, *G. ulmifolia* y *A. saman*, sin embargo, en la época invierno las especies *C. grandis*, *T. grandis*, *P. quinata*, *V. lundelli* e *I. edulis*, registraron un importante porcentaje de oclusión.

En cambio, cuando se realizó el análisis entre medias en relación al porcentaje de cobertura de sombra, se encontró que las especies con mayor área de copa y porcentaje de oclusión mostraron diferencias significativas (p<0.05) en relación a las especies con menor cobertura de sombra y oclusión (Cuadro 10), sobre saliendo las especies pertenecientes a la familia Fabácea como: *G. ulmifolia, A. saman, E. cyclocarpun, C. grandis* y *L. minifluros*.

Es evidente que la variación de oclusión (sombra) está muy ligado a la variación de follaje y al área de cobertura de la copa (Böhnke y Bruelheide 2012, Kushwaha et ál. 2011). En este sentido (Sauceda 2010) reporta que las especies *E. cyclocarpum*, *A. saman*, *P. parviflorum*, *C grandis*, *P. quinata* y *C alata,* durante la simulación en shademotión proyectaron mayor área de sombreado y número de horas sombra.

Sin embargo, la cantidad de follaje presente en individuos de una misma especie puede ser distinto, aun, en un determinado tiempo o época del año, encontrándose en este estudio diferencias estadísticas (p<0.05) en el porcentaje de oclusión para algunas repeticiones (individuos) de las especies*Adelia barbinervis, Ficus sp, Croton lenchleri, Swietenia macrophylla y Platymiscium parviflorum* (Cuadro 10), lo que indica que la variación del follaje entre individuos para estas especie es irregular. Estudios realizados por (Böhnke y Bruelheide 2012, Kushwaha et ál. 2011) indican que esta variación en la defoliación entre individuos es más relacionada a condiciones propias de sitio.

La variación de follaje de las especies arbóreas dentro de un potrero, genera una secuencia escalonada en el tiempo de aportación de follaje lo que contribuye a la nutrición y protección de los suelos y conservación de mayor humedad (Martín et ál. sf). En este contexto, la

defoliación favorece al desarrollo de las especies herbáceas y confort de los animales; esto último, debido que los árboles que mantienen follaje en época seca son más preferidos por los rumiantes. Sin embargo, las especies deciduas al recuperar su follaje en la época lluviosa recobran protagonismo por opción de refugio para los animales (Ramírez 2012).

Cuadro 10. Proyección de sombra y área de cobertura de sombra de 26 especies arbóreas, evaluadas en época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Familia	Nombre científico	AC (m^2)	% Oclusión		CS (%)		Diferencia entre individuos p-valor
			Verano	Invierno	Verano	Invierno	
Euphorbaceae	*Adelia barbinervis*	22.03	77.83	77.29	17.12	16.89	0.0054*
Moraceae	*Ficus sp*	27.15	64.39	66.17	17.32	18.03	0.0176*
Simaroubaceae	*Simaruba amara*	14.73	61.69	87.72	9.2	12.62	0.9993
Meliaceae	*Guazuma ulmifolia*	41.31	50.39	61.36	20.77	25.37	0.6097
Fabaceae	*Albizia saman*	44.48	50.19	64.05	22.29	27.98	0.9653
Fabaceae	*Enterolobium cyclocarpun*	52.56	44.23	62.61	23.12	32.79	0.7192
Fabaceae	*Gliricidia sepium*	40.93	38.17	49.07	15.9	20.11	0.7358
Fabaceae	*Inga spuria*	24.04	36.99	52.49	9.06	12.13	0.9425
Fabaceae	*Vatairea lundellii*	19.73	35.38	52.51	6.77	10.34	0.9884
Euphorbiaceae	*Croton lenchleri*	16.94	35.33	39.08	5.99	6.52	0.0494*
Fabaceae	*Cassia grandis*	42.53	34.68	65.84	14.36	28.53	0.9982
Meliaceae	*Swietenia macrophyla*	27.40	32.22	33.27	8.72	9.03	0.0335*
Lauraceae	*Ocotea puberula*	36.84	30.13	41.85	11.18	15.47	0.8164
Malvaceae	*Pachira quinata*	37.28	29.81	53.04	11.04	19.64	0.9378
Burseraceae	*Bursera simaruba*	23.33	27.03	48.52	6.33	11.12	0.9945
Fabaceae	*Platymiscium palviflorum*	34.30	25.58	43.84	8.73	14.83	0.0078*
Leguminosae	*Lonchocarpus minimiflorus*	53.08	24.25	45.94	12.83	24.4	0.9942
Fabaceae	*Pentaclethra macroloba*	31.12	24	31.51	7.27	9.66	0.3406
Lamiaceae	*Tectonia grandis*	28.76	21.62	56.52	5.98	16.15	0.9957
Bignoniaceae	*Tababuia rosea*	26.67	19.96	49.84	5.44	9.91	0.9562
Anacardiaceae	*Spondias mombis*	34.62	19.86	28.91	7.05	9.88	0.9036
Fabaceae	*Leucaena leucocephala*	39.60	18.14	47.19	7.28	18.45	0.9970
Fabaceae	*Erythrina berteroana*	29.58	17.13	32.13	5.07	9.48	0.9015
Meliaceae	*Ceiba pentandra*	41.76	16.59	31.54	6.79	13.26	0.9403
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	28.22	15.26	34.06	4.27	9.45	0.9228
Meliaceae	*Cedrela odorata*	26.86	15.21	41.93	4.07	11.2	0.9938

(*) Significa diferencia significativa en el porcentaje de oclusión entre individuos de la misma especie.

(*) La cobertura de sombra, se estimó mediante la sumatoria del porcentaje de sombra de cada árbol, divido entre el área del potrero.

4.4.8. **Diseños de potreros arbolados**

El análisis de conglomerados generó el dendrograma (Figura 7) que permitió clasificar a los potreros arbolados en tres grupos según las variables que influyen en la proyección de sombra, lográndose el agrupamiento de los potreros con una correlación cofenética de (0.457). El análisis de comparación de medias de LSD Ficher manifiesta que las variables que más aportaron al agrupamiento ($p>0.05$) de los potreros y diferencia entre grupos fueron; cobertura de sombra[2], área de copa, riqueza, área basal, densidad arbórea, índice de Shannon, porcentaje de oclusión, altura de los árboles y copa "profundidad" (Cuadro 11).

El grupo 1 (CS Alta) agrupa a 8 potreros arbolados, los cuales presentan las características de cobertura de sombra, área de copa, riqueza de especies, densidad arbórea, índice de Shannon, altura de los árboles y copas, superiores en relación a los demás grupos. El grupo 2 (CS Media) aglomeró a 8 potreros, caracterizados por presentar árboles con cobertura de sombra, áreas de copas intermedia, baja riqueza e índice, alta área basal, densidad media y alto porcentaje de oclusión. El tercer grupo (CS Baja) aglutinó a 9 potreros, caracterizados por presentar los registros más bajos; sin embargo, la población de árboles en promedio reflejan un porcentaje de oclusión intermedio, posiblemente, producto a la presencia de especies con diámetros de copa grandes.

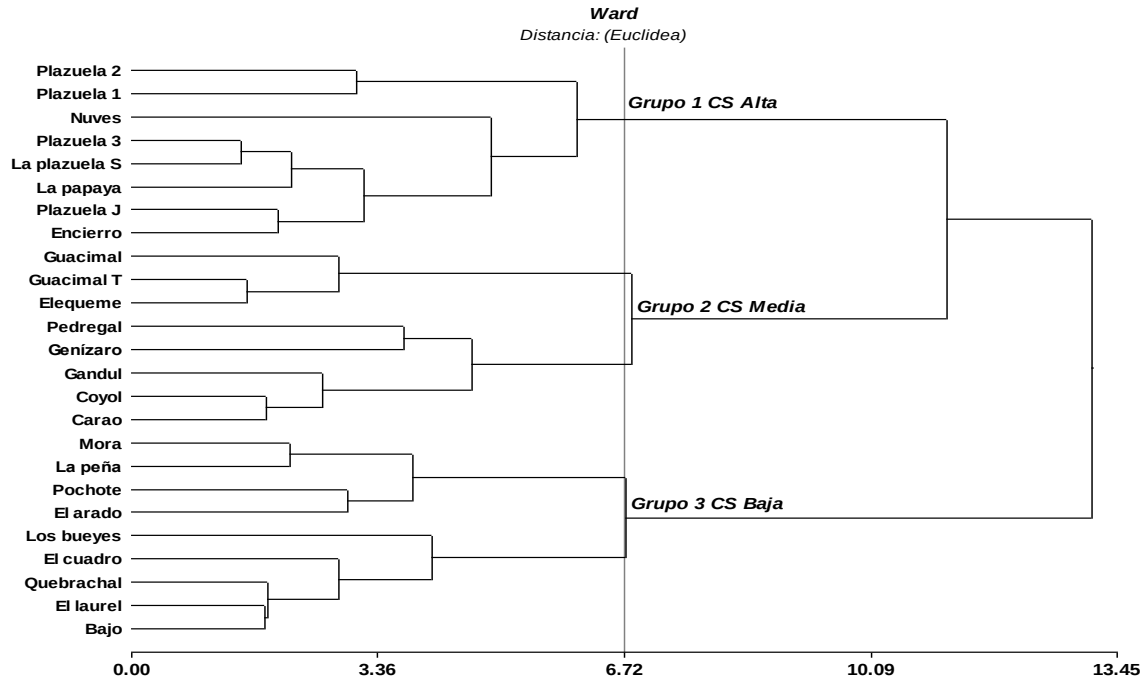

Figura 7. Dendrograma de conglomerado de 25 sistemas silvopastoriles en Matiguás, Nicaragua, 2013.

[2]se refiere a la sección del área de la copa ocluida por el follaje (sombra).

Cuadro 11. Análisis de varianza para las variables que conformaron los grupos de sistemas silvopastoriles Matiguás, Nicaragua, 2013.

Variables	CS Alta	CS Media	CS Baja	p-valor
CS (%)	17.06 ± 1.24 **a**	18.54 ± 1.24 **a**	10.32 ± 1.17 **b**	0.0001
Área de copa (m^2)	37.81 ± 2.33 **a**	36.11 ± 2.33 **a**	21.60 ± 2.20 **b**	0.0001
% Oclusión	43.01 ± 1.62 **b**	49.44 ± 1.62 **a**	45.62 ± 1.53 **ab**	0.0339
Densidad de árboles	113.50 ± 11.01 **a**	91.83 ± 11.01 **ab**	63.77 ± 10.38 **b**	0.0119
Riqueza de especies	15.13 ± 1.18 **a**	9.50 ± 1.18 **b**	11.44 ± 1.11 **b**	0.0087
I. Shannon	2.13 ± 0.09 **b**	1.57 ± 0.09 **a**	1.89 ± 0.09 **b**	0.0012
Área basal	0.11 ± 0.01 **ab**	0.14 ± 0.01 **a**	0.09 ± 0.01 **b**	0.0122
Altura del árbol	14.03 ± 0.85 **a**	11.74 ± 0.85 **ab**	10.47 ± 0.80 **b**	0.0202
Altura de la copa	6.98 ± 0.54 **a**	5.29 ± 0.54 **b**	4.74 ± 0.51 **b**	0.0164

Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05)

La conformación de los conglomerados indica que los potreros evaluados presentan densidades de árboles diferentes entre sí, en cambio, para las variables relacionadas a cobertura de sombra se deduce que los grupos con coberturas de sombra medias y altas se diferencian del grupo de baja cobertura.

4.5. CONCLUSIONES

- Los árboles dispersos registraron mayor altura del fuste, diámetro de copa y área de copa en relación a los dispuestos en cercas vivas de los potreros, sin embargo, la altura de copa fue similar para ambas distribuciones.

- Los potreros evaluados registraron alta diversidad arbórea (47 especies) las que representan el 61% de las especies nativas de Nicaragua. Sin embargo, la población total de árboles pertenecen a pocas especies arbóreas, representando la familia Fabácea el 30.4% del total. Los principales usos de los árboles son madera, leña y forraje; sin embargo, del total de especies registradas se identifican 21 con potencial para la producción de néctar y miel.

- Se encontró estrecha relación entre el porcentaje de oclusión y especie, esto indica, que la oclusión es afectada por las características propias de la especie (diámetro de copa, fenología) y por la época (verano e invierno). Las especies que registraron mayor porcentaje de oclusión para las época seca y lluviosa fueron: *Adelia barbinervis, Ficus sp, Simaruba amara, Guazuma ulmifolia, Albizia saman y Enterolobium cyclocarpum;* en cambio, las especies que proyectaron menor cobertura de sombra para ambas épocas fueron: *Croton lenchleri, Tababuia rosea, Spondias mombis, Erythrina berteroana* y *Cordia alliodora.*

- Los 25 potreros arbolados se agruparon en tres grupos de conglomerados, las variables que más aportaron al agrupamiento ($p>0.05$) de los potreros fueron cobertura de sombra, porcentaje de oclusión, área de copa, densidad arbórea, riqueza, índice de Shannon, área basal, altura de los árboles y copa "profundidad".

4.6. RECOMENDACIONES

- ✓ Aprovechar los espacios de las cercas vivas con especies arbóreas de utilización comercial (madera) entre ellos: *Cordia alliodora* y *Platymiscium palviflorum,* mediante la replantación de la regeneración natural para incrementar la diversidad florística, mejorar la conectividad entre parches de bosques y diversificar los ingresos en las fincas.

- ✓ Retener especies catalogadas "amenazadas" y que su regeneración natural es limitada, para lograr agropaisaje más diversos y que provean multifunción como madera y miel, esta última debe aprovecharse y promoverse dado la presencia de especies arbóreas melíferas en los potreros y el interés creciente en el territorio en la producción de miel.

- ✓ Estimar el porcentaje de oclusión a más especies arbóreas que son manejadas en los potreros ganaderos, así mismo, analizar el comportamiento de la oclusión para cada especie en otros meses del año, esto permitirá estructurar un catálogo, el cual pueda ser punto de partida para diseñar sistemas silvopastoriles donde la composición arbórea proyecte sombra más uniforme dentro del área de los potreros y que a su vez asocien alta densidad y diversidad de árboles.

Anexo 1. Resumen de las variables evaluadas para los árboles en potreros, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Propietario	Comunidad	Nombre/Pot[3]	Área pot[4] (ha)	Den/arb[5] (ha)	No. Árb[6]	Riq/sp/pot[7]	I. Shan[8]	Dap/pro[9] (cm)
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela1	0.9657	73.5	71	11	2.02	41.7
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela2	1.4307	116.7	167	17	1.71	40.4
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela3	1.1195	100	112	16	2.04	36.2
Juan Gutierrez	Las Limas	Encierro	1.1637	131.5	153	18	2.3	32.4
Juan Gutierrez	Las Limas	Plazuela	2.0745	81	168	18	2.38	35.9
Evelio Castro	Las Limas-Argelia	Papaya	0.2932	116	34	11	2.09	38.5
Evelio Castro	Las Limas-Argelia	Arado	0.7721	55.7	43	16	2.43	32.8
Sofía Gutierrez	Las Limas abajo	Bajo	1.4852	51.2	76	10	1.52	36.4
Sofía Gutierrez	Las Limas abajo	Plazuela	0.7568	91.2	69	13	2.22	34.2
Tomas Valle	Las Limas abajo	Guacimal	1.412	86.4	122	15	1.9	36.5
Tomas Valle	Las Limas abajo	Bueyes	1.5935	59	94	9	1.43	33.8
Jaime Urbina	Las Limas-Argelia	Quebrachal	0.4957	64.6	32	9	1.9	39.8
Jaime Urbina	Las Limas-Argelia	Coyol	0.4562	100.8	46	8	1.62	40.2
Miguel Dumas	Argelia	Pedregal	0.4725	46.6	22	6	1.54	50.1
Miguel Dumas	Argelia	Elequeme	1.2528	101.4	127	10	1.7	38.9
Esteban Flores	Argelia	Pochote	0.6796	105.9	72	18	2.28	30.7
Esteban Flores	Argelia	Nuves	0.6917	198.1	137	17	2.33	35.9
Esteban Flores	Argelia	Mora	0.9539	74.4	71	12	2.13	36.5
María Mendoza	Las Limas abajo	Gandul	0.2768	140.9	39	8	1.56	41.7
María Mendoza	Las Limas abajo	Genízaro	0.2483	64.4	16	6	1.25	44.9
María Mendoza	Las Limas abajo	LA Peña	0.9019	93.1	84	10	1.61	32.4
María Mendoza	Las Limas abajo	El carao	0.3546	104.3	37	8	1.36	34.8
Pedro Centeno	Bul Bul	El guacimal	1.459	89.8	131	15	1.59	35.2
Pedro Centeno	Bul Bul	El laurel	1.2152	46.9	57	9	1.89	36
Pedro Centeno	Bul Bul	El cuadro	2.9433	23.1	68	10	1.8	36.7
			1.02	**88.66**	**81.92**	**12.00**	**1.86**	**32.74**

[3] Nombre del potrero
[4] Área del potrero
[5] Densidad arbórea
[6] Número de árboles censados por potrero
[7] Riqueza de especies por potrero
[8] Índice de Shannon
[9] Diámetro a la altura del pecho promedio

Continuación…

Propietario	Comunidad	Nombre/ Pot	AltPA (m)[10]	AltPF (m)[10]	ACSV(m²/apar to)[11]	ACSI(m²/apar to)[11]	%CSV [12]	%CSI[12]	Alt (msnm)
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela1	16.5	7.7	1330	1944.6	13.8	20.1	292
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela2	14.3	7.2	2821.4	3782.4	19.7	26.4	291
Trinidad Lanzas	Las Limas Arriba	Plazuela3	12.6	6.9	1609	2202.4	14.4	19.7	291
Juan Gutierrez	Las Limas	Encierro	15.1	6.2	1300.3	3285.8	9.3	15.8	325
Juan Gutierrez	Las Limas	Plazuela	14.1	6.9	1938.2	2045.2	11.2	17.6	319
Evelio Castro	Las Limas-Argelia	Papaya	15.9	6.1	358.5	484.2	12.2	16.5	302
Evelio Castro	Las Limas-Argelia	Arado	12.7	5.9	435.1	691.5	5.6	9	310
Sofía Gutierrez	Las Limas abajo	Bajo	13.1	7	1091.1	1627.4	7.3	11	265
Sofía Gutierrez	Las Limas abajo	Plazuela	13.3	7.4	1089.1	1704.4	14.4	22.5	266
Tomas Valle	Las Limas abajo	Guacimal	7.3	7.8	2810.1	3490.7	17.6	21.9	275
Tomas Valle	Las Limas abajo	Bueyes	6.6	6.4	1431.4	1866.3	10.1	13.2	274
Jaime Urbina	Las Limas-Argelia	Quebrachal	13.1	7.7	534	810.7	10.8	16.4	315
Jaime Urbina	Las Limas-Argelia	Coyol	14.1	6.2	597.3	844.4	13.1	18.5	302
Miguel Dumas	Argelia	Pedregal	14	7.8	421.6	605	8.9	12.8	303
Miguel Dumas	Argelia	Elequeme	8	7.1	2273.4	3041.3	18.1	24.3	303
Esteban Flores	Argelia	Pochote	7.3	4.9	410.1	675.5	6	9.9	296
Esteban Flores	Argelia	Nuves	10.4	6.4	798.8	1205.4	11.5	17.4	294
Esteban Flores	Argelia	Mora	8.4	7	1531.4	2281.4	16.1	23.9	311
María Mendoza	Las Limas abajo	Gandul	13.3	6	488.7	659.3	17.7	23.8	281
María Mendoza	Las Limas abajo	Genízaro	13.2	8.7	527.2	669.7	21.2	27	281
María Mendoza	Las Limas abajo	LA Peña	10.1	5.6	831.9	1160.1	9.2	12.9	286
María Mendoza	Las Limas abajo	El carao	11.1	6.4	515.6	704.8	14.5	19.9	285
Pedro Centeno	Bul Bul	El guacimal	12.9	7.8	2853	3389.5	19.6	23.2	256
Pedro Centeno	Bul Bul	El laurel	12	8.5	1503	2033.9	12.4	16.7	262
Pedro Centeno	Bul Bul	El cuadro	10.9	9	1448.5	1913.1	4.9	6.5	262
			11.23	**5.59**	**1237.95**	**1724.76**	**12.78**	**17.88**	

Anexo 2. Factor de unidad animal para las distintas categorías del hato ganadero.

Tipo de animal	Unidad animal específica
Vaca con cría	1.30
Vaca madura no lactando	1.00
Vaquilla preñada más de 18 meses de edad	1.00
Toro adulto	1.50
Ternero	0.30

[10] Altura promedio del árbol y fuste
[11] Cobertura de sombra en verano e invierno
[12] Porcentaje de cobertura de sombra por potrero en verano e invierno

Cría bovina destetada de 8 a 12 meses de edad	0.60
Novillo y vaquilla de 12 a 15 meses de edad	0.70
Novillo y vaquilla de 15 a 18 meses de edad	0.75
Novillo y vaquilla de 18 a 24 meses de edad	0.80

Fuente: INIFAP 2011, PROGAN 2010, Mandaluniz et ál. 2005.

4.7. LITERATURA CITADA

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 Mátiguas, Matagalpa, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 10(39-40): 47-51.

Böhnke M y Bruelheide H. 2012. How do evergreen and deciduous species respond tos hade?-Tlerance and plasticity of subtropical tree and shrub species of South-East China. ELSEVIER. Environmental and Experimental Botany 87: 179-190.

Casasola F, Ibrahim M, Harvey C, Kleinn C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 8(30): 17-20.

Cordero J y Boshier D. H. (eds). 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manuel para Extensionistas. 1079 p. Consultado el 18 de octubre del 2013. Disponible en http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species

Di Rienso J.A, Casanoves F, Balzarini M.G, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Esquivel F. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 158 p.

Esquivel H, Ibrahim M, Harvey C, Villanueva C, Benjamin T, Sinclair F. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39-40): 24-29.

Esquivel H. 2007. Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impacto in productivity and nutritive value of pasture in the dry Tropics of Costa Rica. PhD. CATIE, CR. 160 p.

Gamboa, H. 2009. Efecto de la sombra de Genízaro (*Albizia saman* Jack) y Coyote (*Platymisciumparviflorum* Benth) sobre la productividad primaria neta aérea y la composición química de pastizales seminaturales en fincas ganaderas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 100 p.

Harvey C, Villanueva C, Esquivel H, Gómez R, Ibrahim M, López M, Martínez J, Muñoz D, Restrepo C, Saénz J, Villacís J, Sinclair F. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. ELSEVIER 261: 1664-1674.

Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. 5 ed. en español. IICA. San José, CR. 216 p.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal, NI). 2009. Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007-2008. 232 p.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2013. Estadísticas climatológicas. (En línea) consultado el 16 de septiembre del 2013. Disponible en http://www.ineter.gob.ni/ sección boletines meteorológicos.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, MX). 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. Manual de capacitación. Cuajimalpa, D.F. 50 p.

Kushwaha C.P, Tripathi S.K, Tripathi B.D, Singh K.P. 2011. Patterns of tree phonological diversity in dry tropics. ELSEVIER. Acta Ecologica Sinica (31). 179-185.

López F, Gómez R, Harvey C, López M, Sinclair F. 2006. Toma de decisiones de productores ganaderos sobre el manejo de los árboles en potreros en Matiguás, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45: 1-7.

Mandaluniz N, Ruiz R, Oregui L. 2005. Propuesta de definición de unidad animal y metodología de estimación, para su aplicación en sistemas de pastorea extensivo. XLV Reunión científica de la SEEP (sesión: sistemas silvopastorales) vitoria. P 275-280.

MARENA-INAFOR (Ministerios del Ambiente y los Recursos Naturales y del Ambiente-Instituto Nacional Forestal, NI). 2002. Guía de especies forestales de Nicaragua. 1ª Ed. Managua, Nicaragua. 304 p.

Martín G. O, Nicosia M. G, Lagomarsino E. D. sf. Fenología foliar en leñosas nativas del Chaco semiárido de Tucuman y algunas consideraciones para su aprovechamiento forrajero. Revista producción animal. 13 p.

Matínez J. 2003. Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del río bul bul en Matiguás, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 176 p.

Miranda J. 2012. Efecto de las características de las plantas y rasgos funcionales de la copa de árboles del neotrópico seco, sobre la transferencia de la lluvia y la captura de nutrientes. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 67 p.

PROGAN (Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola, MX). 2010. Guía PROGAN para cumplir los compromisos de los beneficiarios. Quintana Roo, México, D.F. 24 p.

Ramírez I. 2012. Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento, comportamiento y preferencia de árboles por vacas lecheras en Rivas, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.

Román L, Palma J.M. 2007. Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. Redalyc, Mexico. p 3-24.

Salas, J. 1993. Arboles de Nicaragua. Servicio Forestal Nacional. Managua, Nicaragua. 390 p.

Sánchez D, Harvey C, Grijalva A, Medina A, Vílchez S, Hernández B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje en Matiguás, Nicaragua. Rev. Biología Tropical53(3-4): 387-414.

Sandker M. 2003. Repoblación con árboles que constituyen una importante fuente de néctar para las abejas en el Salvador. PROMABOS, El Salvador. 5 p.

Sauceda M. 2010. Impacto del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes en

los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p.

Stevens W. 2001. Introducción de vegetación, p. 1-23. *In* Stevens W, Ulloa C, Pool A y Montiel O (eds). Flora de Nicaragua. Jardín Botánico de Misuri.

Zapata P. 2010. Efecto del guácimo (*Guazuma ulmifolia*), carao (*Cassia grandis*) y roble (*Tabebuia rosea*) sobre la productividad primaria neta aérea y composición florística de pasturas naturales en Muy Muy y Matiguás, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 153 p.

5. ARTÍCULO 2. EFECTO DE LA COBERTURA DE SOMBRA DE LOS ÁRBOLES EN POTREROS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS NATURALES Y PRODUCTIVIDAD DE LECHE EN MATIGUÁS, NICARAGUA.

RESUMEN

Se realizó en 25 potreros arbolados pertenecientes a 10 fincas ganaderas del municipio de Matiguás, la evaluación del efecto de diferentes áreas de cobertura de sombra proyectada por la composición arbórea sobre pasturas naturales. Para cada potrero se registró la composición botánica y disponibilidad de pasto para los meses abril, mayo, junio y julio. Se simuló la productividad de leche en vacas de doble propósito para cada potrero en relación a la disponibilidad de pasto de los cuatro meses. Para conocer el efecto de sombra sobre la composición y disponibilidad del pasto se realizaron análisis de modelos generales lineales y mixtos (MGLM) aplicados a regresión y análisis de varianza para los conglomerados. Los árboles dispersos registraron mayor altura del fuste, diámetro y área de copa, comparados a los dispuestos en cercas vivas. Las formas de las copas de los árboles más abundantes fueron elipse y semielipse. La especie herbácea más predominante en los potreros para ambas épocas fue *Paspalum conjugatum*. El análisis de MLGM refleja que existe un efecto de CS ($p<0.0001$) sobre la disponibilidad de pasto. Para época seca se registra un máximo de disponibilidad con CS de 17% y para lluviosa de 18.5%. Se estima mayor productividad en CS media y alta en comparación a CS baja ($p<0.0001$); sin embargo, considerando la distribución de las medias de productividad, la disponibilidad de pasto no se ve afectada por coberturas de sombra medias a altas. Para reducir el efecto de sombra en los diseños de sistemas silvopastoriles se debe considerar la distribución espacial de los árboles, el índice de oclusión relacionado con la composición de especies y la densidad de árboles.

Palabras claves: diversificación, efecto de sombra, factor de oclusión, potreros arbolados, tipos de copas.

Article 2. Effect of shadow cover of trees in pastures on natural grass availability and milk productivity in Matiguás, Nicaragua.

ABSTRACT

Was performed on 25 wooded pastures belonging to 10 cattle farms Matiguás Township, evaluating the effect of different coverage areas of shadow projected for the composition treeson natural pastures., for each pasturethe botanical composition and , grass availability was registered for the months April, May, June and July, the productivity of milk was simulated in the cows with calf for each farm in relation with the variation of the availability of pasture that was registered in four months For dasometric herbaceous composition variables and descriptive statistics were performed also for the effect of shade on the grass MGLM analysis applied to regression and analysis of variance for clusters. Scattered trees showed greater stem height, diameter and treetop area compared to those laid boundaries. The shapes of the tops of the trees were often semi-ellipse and ellipse. The most abundant in pastures for both seasons was herbaceous species *Paspalum conjugatum*. The analysis shows that there is a MLGM effect of SC ($p<0.0001$) on the availability of grass. To dry season maximum availability register with SC of 17 % and 18.5 % wet. Higher productivity is estimated at medium and high SC compared to low ($p<0.0001$), however, considering the distribution ofthe area of productivity the availability of pasture is not affected by shadow cover average or higher to reduce the effect of shadow in the silvopastoril system designs should be consider the spatial distribution of the trees the occlusion index is related with the composition of species and trees density

Keyword: diversification, occlusion factor, shadow effect, types of treetop, wooded pastures.

5.1. INTRODUCCIÓN

A raíz de los efectos varios del cambio climático, principalmente para los escenarios futuros de incremento en los grados Celsius de temperatura, precipitación y períodos secos más prolongados y frecuentes (Cifuentes 2010), se ve la necesidad de identificar diseños silvopastoriles más congruentes con un equilibrio entre productividad del pasto y conservación del componente arbóreo en las fincas ganaderas. Es por ello que los sistemas silvopastoriles requieren de especies herbáceas que toleren sombra considerando la complejidad de las estructuras arbóreas en los potreros (Piñeiros 2011). EL buen manejo de estas asociaciones pasto-árboles depende en gran medida de la selección de especies que conformen una cobertura herbácea tolerante a distintos tipos y niveles de sombreo ejercido por el dosel del estrato arbóreo (Guenni et ál. 2007). Pero además, incluir en los diseños especies arbóreas diversas que proyecten una cobertura de sombra baja (Piñeros 2011).

La sombra proyectada por el dosel arbóreo sobre el estrato herbáceo, constituye uno de los efecto negativos de la presencia de los árboles en los sistemas silvopastoriles (Pentón 2000). En este sentido, son muchos los estudios que han abordado la interacción, reportando mayor crecimiento, productividad y calidad nutritiva de las herbáceas bajo sombra (Piñeros 2011, Fassola 2006). Además, se menciona en otros estudios, menor productividad a porcentajes mayores al 30% de sombra (Obispo et ál. 2008).

En el corredor seco de Matiguás se perciben en el paisaje gran abundancia de árboles asociados a pasturas naturales y mejoradas, ya sea disperso o dispuesto en las cercas vivas (Sánchez 2005), lo que asume, su alta aceptación por parte de los productores, producto a la multifuncionalidad que cumplen los árboles dentro de las fincas ganaderas (Martínez 2003).

Pese a la existencia de sistemas silvopastoriles con interacciones árbol-pasto, es mucha la variabilidad de la información en cuanto a las bondades y limitantes de la sombra, estando determinada por una diversidad en condiciones de proyección de sombra como "naturales y artificiales" en que se han desarrollado las investigaciones. Es por ello que este trabajo trata de proveer información del efecto de la cobertura de sombra proyectada por los árboles sobre pasturas naturalizadas, considerando la diversidad de especies presentes y su fenología foliar para la época seca y lluviosa. Asimismo conocer la relación de CS con la disponibilidad de pasto y el impacto de esta en la producción de leche.

5.1.1. SUPUESTOS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ El porcentaje de área de cobertura de sombra es afectado por la densidad, diversidad y fenología de las especies arbóreas presentes en los diferentes potreros arbolados.
- ✓ La disponibilidad de pasto se modifica en función de la variación de la cobertura de sombra proyectada por las especies arbóreas dentro de los potreros.
- ✓ La productividad animal cambia en función de la variación de disponibilidad de pasto presente para cada potrero o por la época.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. **Localización del sitio de estudio**

El estudio se realizó en los meses de abril a julio del 2013, en fincas ganaderas con sistema de manejo doble propósito, pertenecientes al corredor seco del municipio de Matiguás, ubicado al sur del departamento de Matagalpa, entre las coordenadas 12°50’ N y 85°45’ O (Figura 1). El municipio de Matiguás está ubicado en la Región Ecológica III sector central, caracterizado por ser una zona de transición de las regiones del pacífico y atlántico, y tener un clima moderadamente cálido (Holdridge 2000).

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua.
Fuente: Johana Romero 2010.

5.2.2. **Descripción del sitio de estudio**

La zona de estudio se encuentra a una altitud media de 337 m.s.n.m (220 a 780). La temperatura y la precipitación promedio anual (en el período 1970 a 2001) fueron 25ºC y 1517 mm, respectivamente. La estación lluviosa dura aproximadamente siete meses, desde mayo a noviembre y la estación seca dura cinco meses (diciembre hasta abril). El suelo de la zona es franco arcillo, moderadamente profundos y drenados. De acuerdo con la clasificación ecológica de zonas de vida, la región es bosque subhúmedo tropical de transición entre la zona seca y la zona húmeda (Holdridge 2000). Las condiciones físicas y climatológicas presentes en las zonas, permiten las actividades agropecuarias como ganadería y granos básicos (maíz y

frijol). La crianza de ganado de doble propósito es la principal actividad económica del municipio.

Durante los meses de evaluación se registró en la zona de Matiguás, un brillo solar de 7 horas/día, una temperatura y precipitación promedio de 25.5 °C y 109.8 mm (Figura 2), respectivamente (INETER 2013).

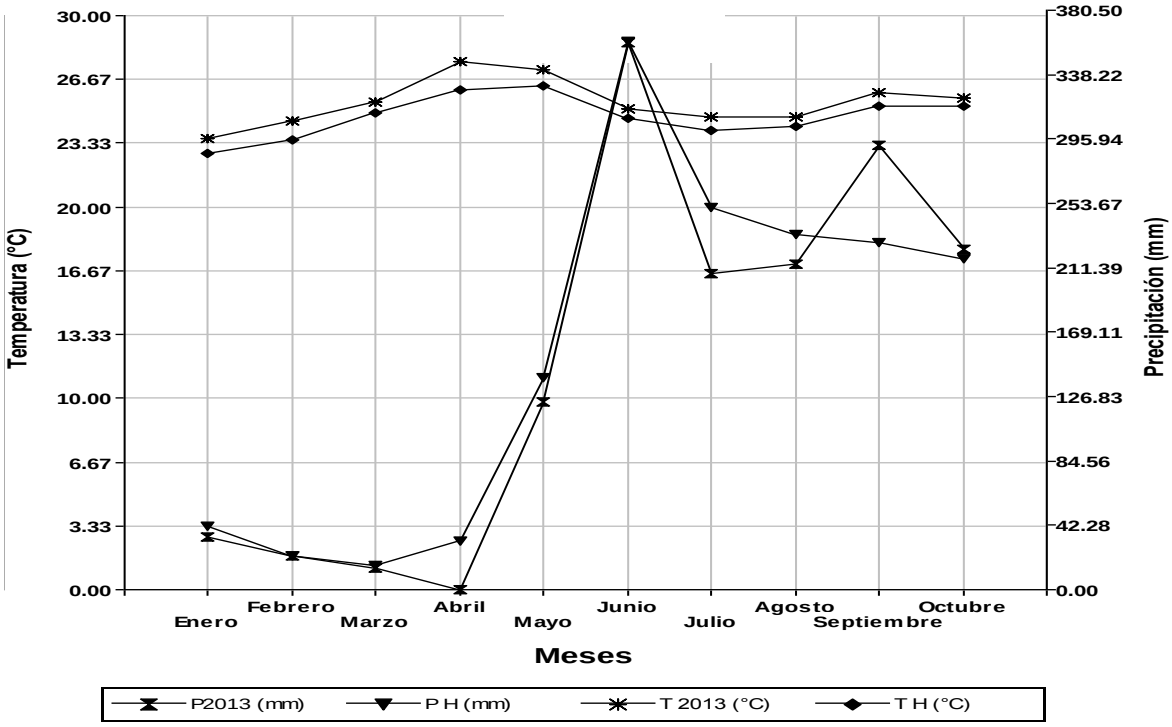

Figura 2. Comportamiento de la precipitación y temperatura en Matiguás, Nicaragua, 2013.

P: precipitación **T**: temperatura **H**: histórica

5.2.3. **Arreglo espacial de los árboles dentro de los potreros**

Con la geo referenciación de cada uno de los árboles dispersos y en las cercas vivas de los potreros, se procedió a determinar su arreglo dentro de los potreros, utilizándose la herramienta Average Nearest Neighbor Distance en Analyzing Pattems del programa Arcgis v9.3. Esta herramienta, permite calcular un índice de vecino más cercano en base a la distancia promedio entre individuos "árboles" dentro de un determinado terreno. El software estima un p-valor que indica la probabilidad de asociación entre individuos; además, el índice de vecino más próximo es la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada. La distancia esperada es la distancia promedio que hay entre vecinos en una distribución hipotética aleatoria.

El análisis asigna tres tipos de arreglos espaciales diferentes (Figura 8). El caso de arreglos aleatorios no existe correlación entre localidades de los puntos; en el patrón agrupado, los subgrupos de puntos tienden a estar significativamente más cerca unos de otros, con relación a otros subgrupos de puntos y finalmente en el arreglo disperso, los puntos tienden a mantenerse equidistantes unos de otros.

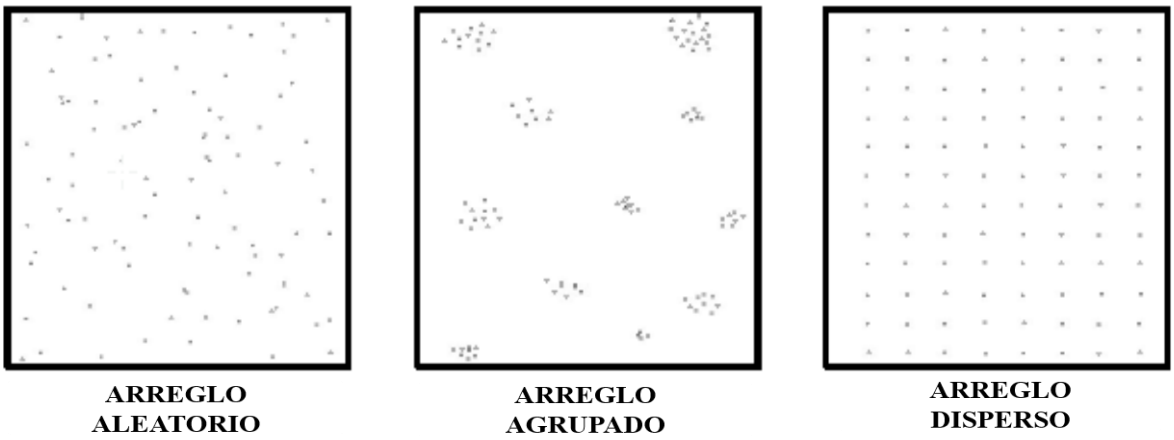

Figura 8. Tipos de arreglos que asigna la herramienta en Arcgis, según la distancia promedio entre vecinos, Matiguás, Nicaragua, 2013.

5.2.4. **Estimación de la disponibilidad de pasto en potreros arbolados**

Para esta práctica se procedió a la aplicación del método botanal (Ibrahim 2012); sin embargo, por efecto de la falta de humedad en época seca y patrón de crecimiento de las pasturas en estudio, se realizó una modificación en la cantidad de categorías reales (MR) a distribuir en los potreros, para la época seca se consideraron (3 MR) replicando cada una 5 veces, en cambio, para el período lluvioso se aplicaron (5 MR) donde cada una se replicó 3 veces, para una representación final para ambas épocas de 15 MR. La asignación de las categorías reales se realizó acorde al tamaño y vigor de la pastura dentro del potrero. Las réplicas de cada categoría real permitió aumentar la confiabilidad en la regresión entre la producción (Y) y escala (X).

Para el registro y análisis, la categoría 1 significó menor tamaño y vigor de la pastura, 5 el máximo tamaño y vigor y 3 indicadores intermedios, las restantes categorías (2 y 4) fueron promedios entre 1-3 y 3-5, en su orden. Una vez establecidas las MR en el potrero, se procedió a la distribución de manera estratificada (Figura 9) de 60 escalas visuales (MV). Las MR sirvieron como referencia para calificar la frecuencia de cada muestra visual en el potrero.

Además, se estimó la composición herbácea (gramínea y leguminosa) presente en las pasturas naturales mediante la identificación de las especies y su porcentaje que representaba dentro del cuadrante. Además se calificó la cobertura vegetal del suelo considerando como

100% de cobertura el área del cuadrante. Esta práctica se realizó para cada punto de muestreo de las muestras visuales.

Las muestras de las categorías reales (destructivas) se cortaron a 5 cm de la superficie del suelo y se pesaron en fresco individualmente, luego, se mezclaron por escala y se obtuvieron dos sub muestra de 200 gramos, enviándose a laboratorio un total de 10 sub muestras por potrero, para su respetivo secado, el cual se realizó por un período de 72 horas a 60°C para la época lluviosa y 24 horas a 60°C para la época seca. Después del secado cada sub muestra fue pesada para registrar su peso seco, para luego estimar el %MS, el cual se utilizó para estimar la materia seca presente de cada muestra real.

Posteriormente, se calculó la materia seca para cada potrero mediante una regresión de la producción registrada en las 15 muestras reales contra las escalas asignadas, el coeficiente de la recta "b" indica el incremento en producción de MS cuando se aumenta una unidad en la escala. Enseguida se sumó la frecuencia de las escalas visuales en relación a cada escala real y se procedió a justar la producción de MS (Y) de la pastura por medio de la ecuación;

Y = x + b (MV-MR)

Donde;
Y = disponibilidad de pasto (kg/ha)
x = promedio de materia seca (MS) en las 5 escalas
b = valor de la regresión de producción de MS contra las escalas
MV = muestras visuales
MR = muestras reales

Para la medición de disponibilidad de pasto (kg MS ha-1) se consideró solo la oferta antes del pastoreo, realizando ajustes mensuales de 30 días y 2 días de ocupación; se realizaron cuatro muestreos, dos en época seca (primera semana de los meses abril y mayo) y dos en época lluviosa (primera semana de los meses de junio y julio), para tener representación de la pastura en ambas épocas.

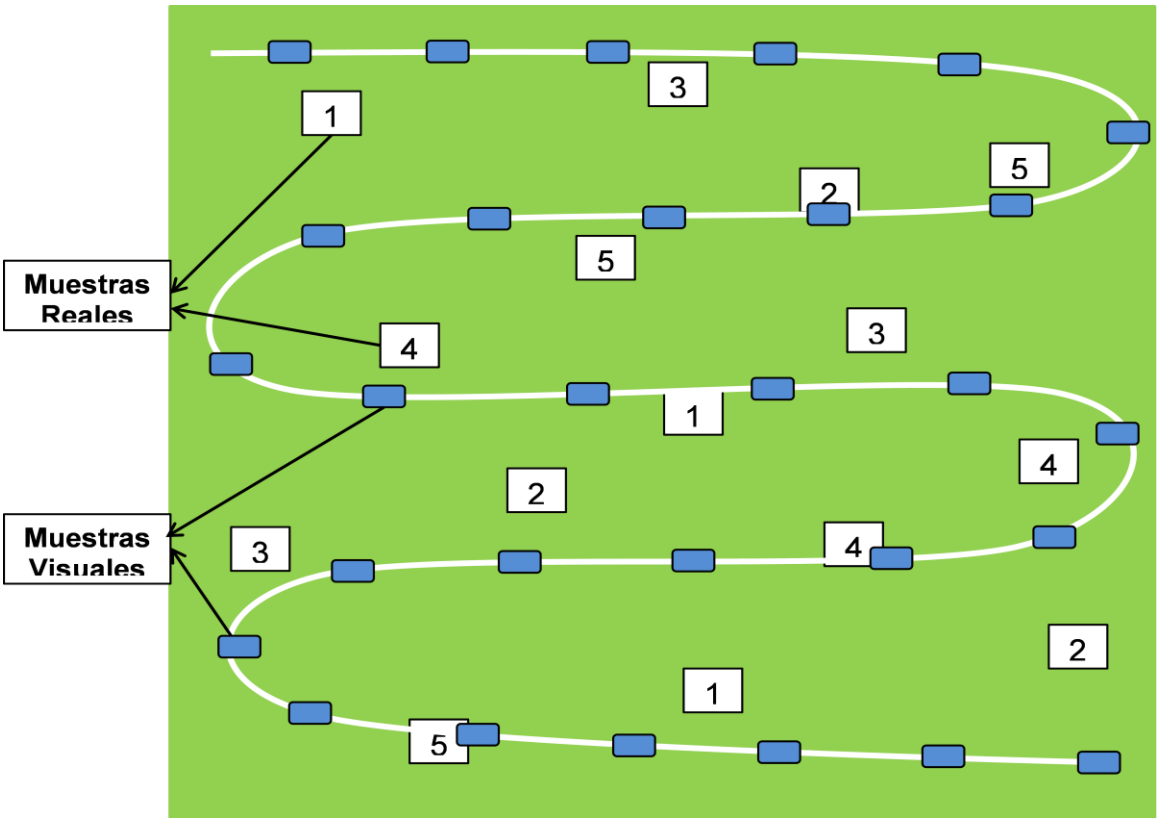

Figura 9. Distribución de las categorías reales y visuales dentro del terreno, Matiguás, Nicaragua, 2013.

5.2.5. **Simulación de productividad mediante el software LIFE-SIM**

La simulación del potencial productivo de las pasturas naturales se realizó mediante el software Livestock Feeding Strategies Simulation Models (LIFE-SIM) (León Velarde et ál. 2006). El modelo aplicado fue para vacas lecheras, debido a que es la actividad más representativa en las 10 fincas visitadas. El modelo permitió predecir los cambios en producción animal "leche" para los meses abril, mayo, junio y julio en función de la variación de disponibilidad de pasto que existía en los potreros. De la información solicitada por el software se modificaron las siguientes variables: en la ventana "descripción animal" se modificó la edad promedio de las vacas, número de lactancia, meses de lactancia y potencial de producción; en la ventana "temperatura" se modificó temperatura, humedad y velocidad del viento; en la ventana "Pastura" disponibilidad, digestibilidad, proteína cruda y forraje corte y acarreo. Para cada estimación de disponibilidad de pasto se modificó el potencial de la ingesta de materia seca para los animales y se procedió a simular para cada uno de los meses (abril, mayo, junio y julio).

5.3. ANALISIS ESTADISTICO

Se estimaron promedios y desviación estándar y análisis de varianza a las variables relacionadas con la distribución de los árboles clasificados por tipos de arreglos espaciales. Se calculó un promedio para la composición de herbáceas presente en los potreros por época. Se realizaron análisis de regresión en modelos generales lineales y mixtos en InfoStat v2012p (Di Rienzo et al 2012) para determinar la relación entre el área de cobertura de sombra y la disponibilidad de pasto para los 25 potreros arbolados. También, se realizó un análisis de varianza para conocer la diferencia entre medias de disponibilidad de pasto de los conglomerados, particionado por época.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1. Arreglos espaciales de los árboles en los 25 potreros evaluados

De los 25 potreros arbolados, 12 presentaron árboles en arreglo espacial aleatorio con un índice de vecinos más próximo de 0.98. Los potreros que presentaron árboles en arreglo dispersos registraron una mayor distancia promedio entre árboles (12.47) en relación a los demás arreglos (Cuadro 12). En general la distancia media observada y esperada para los árboles en los 25 potreros fue de 8.42 y 7.77, respectivamente (Anexo 3). El análisis de comparación de medias LSD Fisher, refleja que los potreros que presentan arreglo clúster tienden a tener mayor cantidad y riqueza de especies que arreglos aleatorios y dispersos (Cuadro 13). La disponibilidad de pasto fue estadísticamente similar ($p>0.05$) en los tres tipos de arreglos, posiblemente se deba a una presencia de especies de árboles con arquitectura de copa similar.

Cuadro 12. Distribución espacial de los árboles en potreros por tipo de arreglo, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Variable	Arreglo espacial		
	Disperso	**Aleatorio**	**Agrupado**
Número de potreros	6	12	7
Distancia media observada (m)	12.47 ± 6.96	7.09 ± 1.26	6.36 ± 1.81
Distancia media esperada (m)	8.49 ± 3.02	7.38 ± 1.04	7.73 ± 2.29
índice de vecinos más próximos (m)	1.41 ± 0.31	0.98 ± 0.08	0.85 ± 0.04

Cuadro 13. Comportamiento de variables de riqueza y estructura en los tipos de arreglos de los árboles en potreros, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Variable	Arreglo espacial			
	Disperso	**Aleatorio**	**Agrupado**	**p-valor**
Riqueza de especies	9.33 **b**	11.25 **a**	12.57 **a**	0.0073
Número de árboles/ha (n)	71.67 **b**	70.08 **b**	98.57 **a**	0.0092
Disponibilidad de pasto (kg/ha)	177.67 **a**	179.52 **a**	173.35 **a**	0.9715

Medias con una letra común en la misma fila, significa que no son significativamente diferentes sus medias (p>0.05)

5.4.2. **Cobertura herbácea en los potreros arbolados**

En los 25 potreros arbolados predominó la especie *Paspalum conjugatum* para ambas épocas (Cuadro 14). Cabe mencionar que esta especie tolera el efecto de la sombra hasta un máximo de 40% (Kaligis 1991) y posee alta persistencia y gran capacidad de rebrote después del pastoreo (Zelada 1996), razón por la cual su presencia en potreros con cobertura de media a alta fue más notoria; en cambio, potreros con mayor humedad fue más frecuente registrar especies como *Dichromena ciliata* y *Cynodon plectostachyus*.

La especie *Paspalum virgatum* presentó bajo porcentaje de materia seca, producto a la baja abundancia en los potreros para ambas épocas; sin embargo, Velásquez et ál. (2009) reporta que esta especie fue preferida en tratamiento horro y leche en las épocas seca y lluviosa, en su orden, producto a dos posibles factores: 1) las chapias que se realizan antes de iniciar la época lluviosa, estimula el rebrote de la especie, los cuales son consumidos por el ganado y 2) a su disponibilidad de biomasa verde en época seca, provocando su consumo a pesar de su baja calidad y palatabilidad.

Cuadro 14. Composición de la cobertura herbácea presente en los 25 potreros arbolados en Matiguás, Nicaragua, 2013.

Herbácea		Época (% MS)	
N.Común	**N.Científico**	**Seca**	**Lluviosa**
Grama común	*Paspalum conjugatum*	21.8	16.3
Zacatón	*Paspalum virgatum*	4.5	1.9
Estrella común	*Cynodon plectostachyus*	3.5	3.4
Estrellita blanca	*Dichromena ciliata*	6.5	3.8
Malezas	-	11.1	4.3

Es evidente que existen diferencias significativas para la abundancia de la composición herbácea para ambas épocas (Cuadro 15). Sin embargo, el porcentaje de las herbáceas presentes para los tres conglomerados es diferente en su mayoría entre los potreros con CS alta en relación a los de CS media y baja. La abundancia de la especie *P. conjugatum* en potreros

de Matiguás es congruente con lo reportado por Zapata (2010) y lo encontrado por (Zamora et ál. 2001) en Boaco, Nicaragua. Es por ello que se considera clave este género debido a su abundancia en los paisajes ganaderos y a la preferencia en consumo por el ganado, resistencia al pisoteo y a la sequía (Zapata 2010). La mayor presencia de la gramínea en CS alta está asociado a una mayor humedad bajo las copas de los árboles, lo cual favorece que mantenga su ritmo de crecimiento y rebrote (Muñoz-Cabrera et ál. 2011, Zapata 2010, Gamboa 2009).

Cuadro 15.Proporción de la cobertura herbácea presente en los diferentes potreros arbolados en relación a los grupos de conglomerados, Matiguás, Nicaragua, 2013.

Tipo de Pastura	Época seca			Época lluviosa		
	CS Alta	CS Media	CS Baja	CS Alta	CS Media	CS Baja
Paspalum conjugatum	21.70	14.90	14.47	53.88	36.09	44.97
Paspalum virgatum	1.60	5.10	3.40	4.09	6.10	5.40
Cynodon plectostachyus	1.11	5.70	1.48	4.69	16.69	6.88
Dichromena ciliata	0.94	8.41	4.90	5.59	15.78	9.99
Malezas	5.40	6.39	7.82	10.31	11.73	11.64

5.4.3. **Disponibilidad de pasto en los potreros arbolados.**

Se encontró que existe efecto de la cobertura de sombra ($p<0.0001$) sobre la disponibilidad de pasto, con un coeficiente de determinación de (R^2verano= 0.96 y R^2lluviosa=0.95). Los modelos mejores ajustados para ambas épocas fue un polinomio de segundo orden, cuya expresión y estadísticos se detallan a continuación:

Época seca $DP_{kgMS/ha} = 51.63 + 3.97_{(CS)} - 0.13_{(CS)}$
Época lluviosa $DP_{kg/ha} = 239.15 + 4.84_{(CS)} - 0.14_{(CS)}$.
Donde:
DP: Disponibilidad de pasto
MS: Materia seca
CS: Cobertura de sombra

La curva de los modelos para cada época adoptó forma de parábola (Figura 10 y 11), incrementándose la biomasa (kgMS/ha) a medida que condiciones de CS proyectada por la composición arbórea aumentaba, alcanzando un máximo para la época seca de 17% de cobertura de sombra; en cambio, para la época lluviosa la tendencia de incremento alcanzó un 18.5% para luego descender. Para ambos casos de cobertura de sombra se pueden manejar entre 65 y 115 árboles por hectáreas (Figura 12), sin que la presencia de estas densidades incremente la proyección de sombra y afecte la disponibilidad de pasto. La variación de las densidades de árboles en potreros con similar CS se debe a la composición de especies: en el caso de las mayores densidades predominan especies con menor factor de oclusión y en las de menor densidad sobresalen las de mayor factor de oclusión.

Este comportamiento de las medias indica, que potreros con CS superior a los indicados para cada época, la disponibilidad disminuye, ocurriendo más fuerte en época lluviosa que en seca, posiblemente relacionado con la disponibilidad de humedad. En este sentido, Zelada e Ibrahim (2005) reportan que la producción de pasto disminuye a porcentajes de sombra mayores a 40%, al evaluar el efecto de sombra sobre *Brachiaria brizantha*, *Panicum máximum*, *Arachis pintoi* y *Axonopus compressus*. Por su parte Obispo (2008), encuentra menor rendimiento (kgMS/ha) de *Panicum maximun* en altas densidades de sombra (>30%), en relación a coberturas bajas (<10%) y sin cobertura; no obstante, menciona que la digestibilidad del forraje fue mayor en coberturas alta y media (20-30%) de *Albizia saman*.

La forma parabólica adoptada por las medias mensuales de disponibilidad de pasto (kgMS/ha) bajo distintas estructuras de doseles, se asemeja a la reportada por Fassola (2006), quien evaluó el efecto distintos niveles de sombra proyectado por *Pinus taeda* sobre acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus compressus*. Sin embargo, cabe mencionar que el efecto de sombra evaluado deriva de una plantación homogénea, en cambio, este estudio esta relacionando la sombra proyectada por una composición arbórea diversa y multiestrato que proyecta una compleja y variada sombra sobre el estrato herbáceo, lo que representa la realidad de los diseños silvopastoriles.

Por consiguiente, el conocimiento de la acumulación de biomasa (kgMS/ha) en función del porcentaje de sombra disponible es de vital utilidad e importancia para manejar y anticipar niveles críticos para la producción forrajera; lo cual permite definir la composición, distribución y oportunidad del manejo silvícola a través de prácticas de raleo y/o podas (Fassola 2006).

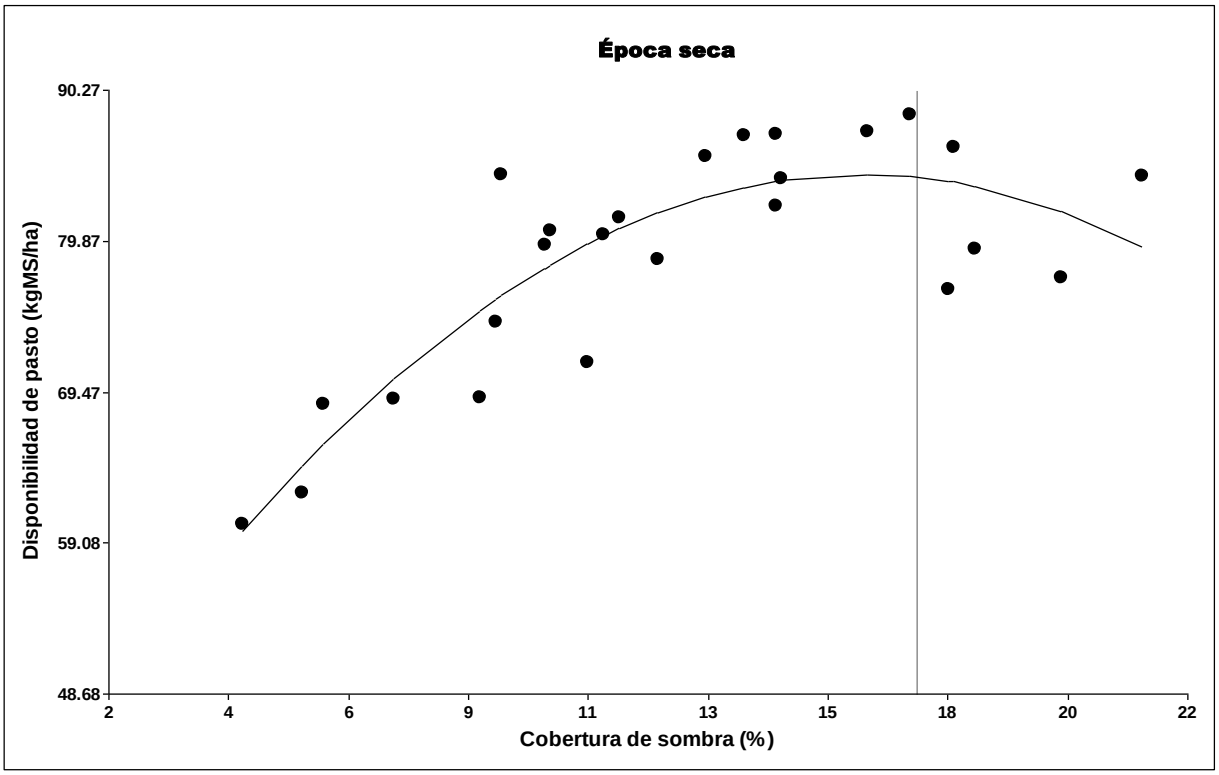

Figura 10. Efecto de diferentes porcentajes de cobertura de sombra sobre las medias de disponibilidad de pasto presente en cada potrero enla época seca, Matiguás, Nicaragua, 2013.

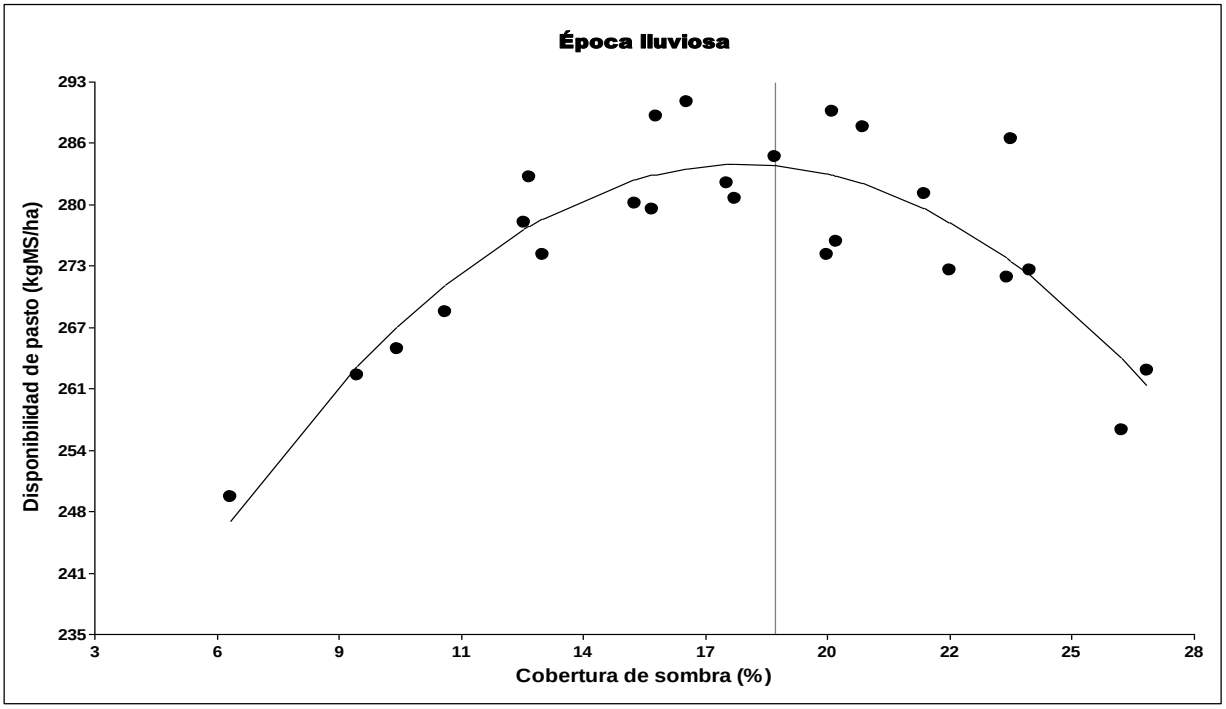

Figura 11. Efecto de diferentes porcentajes de cobertura de sombra sobre las medias de disponibilidad de pasto presente en cada potrero en la época lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013.

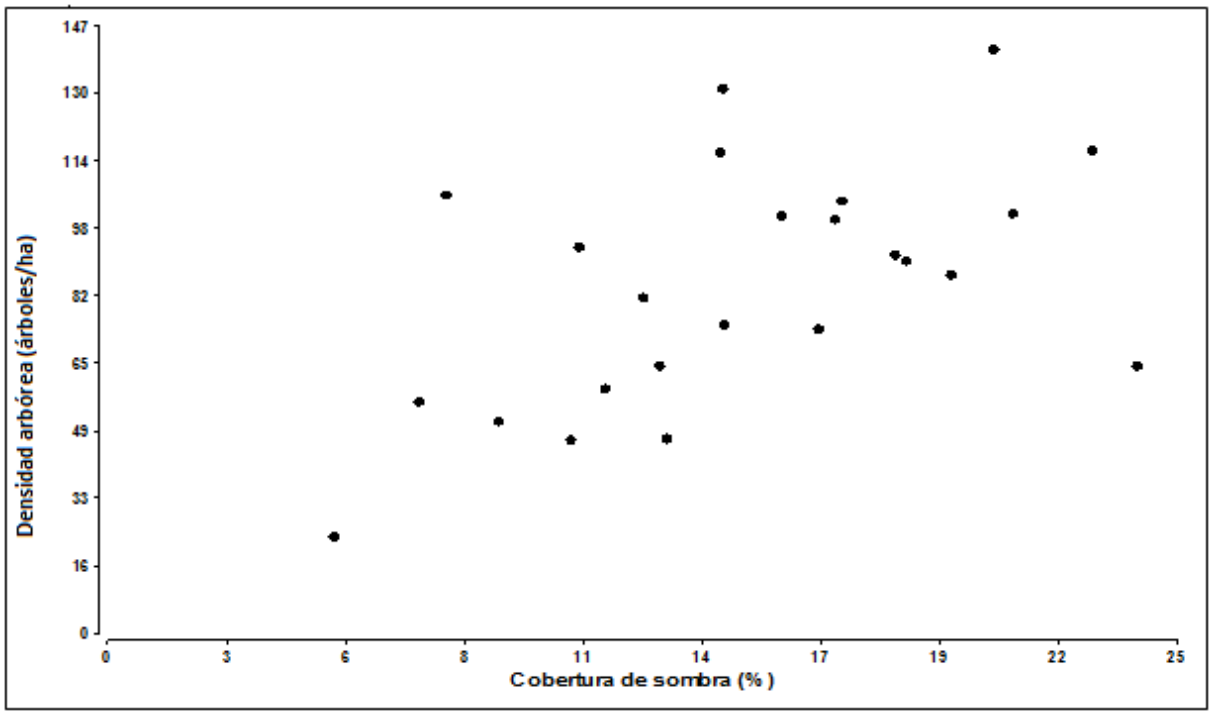

Figura 12.Relación de la densidad arbórea sobre el porcentaje de cobertura de sombra proyectado por los árboles en cada potrero, Matiguás, Nicaragua, 2013.

5.4.4. **Disponibilidad de pasto según clúster de potreros.**

Los potreros que presentaron CS media y alta registraron mayor disponibilidad de pasto para ambas época en relación a potreros con CS baja (Cuadro 16). Sin embargo, es notorio que la diferencia en disponibilidad de pasto para los tres conglomerados no es distante, lo que indica que potreros con cobertura alta y media facilitan mejores condiciones tanto en época seca y lluviosa para una mayor productividad de las pasturas en relación a potreros con cobertura baja. En este sentido, según los resultados es posible manejar potreros con cobertura se sombra media a alta debido a que no ejercen efecto negativo sobre productividad de los pastos.

En este contexto Restrepo (2004) registra mayor producción de materia seca en las especies *Brachiaria brizantha* y *Hyparrhenia rufa* bajo cobertura media y alta para época seca, en cambio, para época lluviosa la disponibilidad en cobertura alta es similar a la registrada en baja cobertura arbórea. El efecto de la sombra sobre el estrato herbáceo se hace más evidente en la época seca ya que existen limitaciones de agua, tendiendo a ser las áreas bajo las copas de los árboles más productivas, caso contrario, ocurre en época lluviosa donde los factores agua y nutrientes no son limitantes (Ludwig et ál. 2009).

Por consiguiente, Piñero et ál. (2011) reporta mayor crecimiento de la pastura *Bothriochloa saccharoides* en cobertura de sombra de 50 y 30%, en relación a pleno sol para época seca, relacionándola a una mejor reserva de agua y nutrientes bajo las copas de los

árboles. Pentón (2000) y Shelton et ál. (1987) mencionan que este comportamiento se debe a las mejores condiciones ambientales bajo sombra, lo cual permite una mejor efectividad microbiana del suelo actuando sobre la materia orgánica y consecuentemente una mayor liberación de N2 mineralizado, el que a su vez es utilizado por las gramíneas. Por su parte (Guenni 2007), encuentra un mejoramiento significativo en la calidad nutricional del forraje, relacionándolo a un incremento en el contenido de nutrimentos y en especial de proteína cruda en especies forrajeras bajo la sombra de árboles en sistemas silvopastoriles.

Cuadro 16. Disponibilidad de pasto (kgMS/ha/ciclo[13]) en sistemas silvopastoriles con alta, media y baja cobertura de sombra en época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013.

ÉPOCA SECA				
Categoría	**Medias**	**E.E**		
CS Media	81.33	1.29	A	
CS Alta	80.95	0.83	A	
CS Baja	73.51	1.02		B
ÉPOCA LLUVIOSA				
CS Alta	276.89	0.24	A	
CS Media	276.81	0.37	A	
CS Baja	274.30	0.29		B

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

Como se demuestra, se registró alta diferencia de disponibilidad de pasto entre época, registrándose aproximadamente el triple de la disponibilidad en relación a la seca. Esta diferencia es producto de la escases de humedad en la época de verano, donde, la disponibilidad de pasto es producto del manejo de las pasturas (periodo de descanso, ocupación, carga animal y sistemas de pastoreo), en cambio en la época lluviosa no se presenta esta limitante.La mayor productividad de las pasturas en niveles de sombra intermedios a altos es producto de la mayor mineralización de la materia orgánica y consecuente mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, debido a mayor humedad y menor temperatura (Veiga et ál. 2000). Sin embargo, se debe considerar la fisiología de los pastos, ya que existe variabilidad de las especies en cuanto a la tolerancia a sombra; por ejemplo las especies como *Paspalum conjugatum*, *P. nonatum* y *Axonopus compressus* presentan alta tolerancia a la sombra. En cambio especies como *Panicum máximum, Brachairia decumbes* y *Setaria sphacelata* toleran menos la sombra, y la productividad se afecta cuando la sombra excede el 40% (Veiga et ál. 2000).

[13] Ciclo significa un mes calendario.

5.4.5. **Productividad de leche en relación a la variabilidad de la pastura**

La producción simulada para la época seca oscilo en 1.5 l de leche por hectárea día y para época lluviosa fue de 6.7 l (Anexo 3). No se escontró diferencia entre la producción de leche por día en relación a la cobertura de sombra y se encontró un patron similar; esta situación se podría atribuir a las razones siguientes: el potencial productivo de las vacas utilizadas en la modelación fue el mismo para todos los potreros, ya que fue lo encontrado en fincas de el área de estudio y es lo que solicita el modelo para que la diferencia en la respuesta animal se deba a la disponibilidad y calidad de los recursos forrajeros asociados a la cobertura arbórea; el monitoreo de la disponibilidad y calidad de pasto y la respectiva simulación solamente incluyó cuatro meses del año, el incremento del periodo de monitoreo podría cambiar el patrón de los resultados; en ambas épocas se consideró en la simulación la suplementación con pasto de corte que usan las fincas incluidas en el estudio, dicho suplemento podría estar enmascarando el efecto de los potreros con alta cobertura arbórea en la época seca (disponibilidad de recursos forrajeros). Es importante que futuros estudios aparte de la producción de leche consideren la parte reproductiva, para conocer si existe influencia de potreros con alta cobertura de sombra sobre parametros reproductivos como indice de natalidad y nacimiento de los terneros (Navas 2010). La producción y el índice de natalidad puede ser afectado por exposiciones al estrés calórico, aparte de las deficiencias nutricionales que conlleva (Roca 2011, Ponce 2008).

Sin embargo, si hubo diferencia en la producción entre épocas (Figura 13). La epoca lluviosa mostró una producción mas de 400% veces superior a lo logrado en la época seca, esto tiene relación con la disponibilidad y calidad de recursos forrajeros (pasto natural, leguminosas herbáceas y otras no leguminosas nativas) y pasto de corte. Asimismo, fue evidente que una alta cobertura de sombra no afecta la disponibilidad de pasto y por ende la productividad animal, por el contrario, genera una serie de beneficios ecosistemicos como la provisión de alimento para el ganado (follaje y frutos) durante el año, pero especialmente para le época seca. Además, de otros beneficios como productos maderables, reciclaje de nutrientes para mejora de suelos, ciclo hidrológico, secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad; estos últimos tres con trascedencia fuera de la finca (a nivel regional y global).

Este tipo de estudios aclara el mito de muchos productores acerca de que potreros con alta cobertura de árboles reducen la disponibilidad de pastos y por consiguiente la producción animal (leche y carne). En principio la cantidad y efecto de sombra dependerá de la composición de árboles, si predominan especies con bajo factor de oclusión el efecto será menor; además, de la distribución espacial donde árboles dispersos y aleatorios ofrecen las mayores ventajas en cuanto a menor efecto de sombra. Por lo tanto, si los potreros con alta cobertura de arbórea presentan un patron productivo de leche o carne similar a potreros con baja (o sin árboles) cobertura arbórea, eso significa superar el mito del efecto negativo de la sombra. Adicionalmente, potreros con alta cobertura arbórea ofrecen multiples beneficios que inician desde la finca con la disponibilidad de recursos alimenticios para el ganado a lo largo

del año y sombra que contribuyen con la adaptación y mitigación de la actividad ganadera al cambio climático; producción de madera para uso en finca o para la venta que mejoran la intensificación productiva del terreno e incremento de la plusvalia de la tierra. Sin dejar de lado la generación de otros servicios ecosistemicos de regulación como la conservación del suelo, ciclo hidrológico, secuestro de carbono y conservación de la biodiversidad.

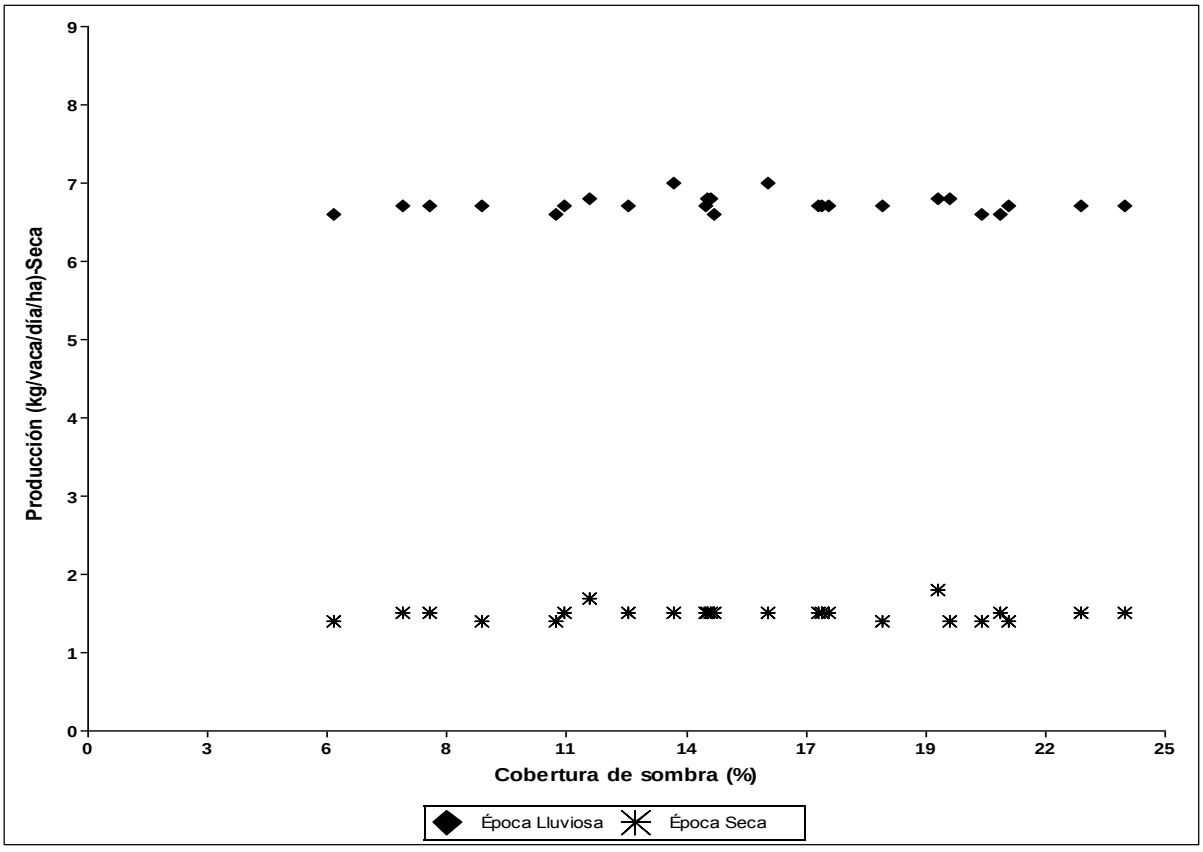

Figura 13. Productividad animal "leche" para la época seca y lluviosa, Matiguás, Nicaragua, 2013.

5.5. CONCLUSIONES

- Los árboles con copas cilíndricas, elipse y semielipse fueron los que mayor oclusión proyectaron, debido al diámetro y profundidad de la copa; también los árboles con formas de copa semielipse y elipse fueron los más abundantes y en los árboles donde predominaron contribuyeron con una cobertura de sombra alta.

- El arreglo espacial más frecuente en la distribución de los árboles fue aleatorio con 12 potreros, asimismo, la disponibilidad de pasto fue mayor en potreros con arreglo de árboles aleatorios y dispersos.

- La especie herbácea *Paspalum conjugatum* fue la más abundante en ambas épocas, producto a su tolerancia a la sombra y la recuperación rápida después del pastoreo. Además, se registró una mayor cobertura herbácea en la época lluviosa en relación a la seca.

- Estadísticamente se registró mayor disponibilidad de materia seca de pasto en potreros que presentaron una cobertura de sombra media a alta, en comparación a los de CS baja.

- Entre épocas se registró una diferencia significativa en la producción de leche; pero dentro de cada época se presentó un patrón de producción similar en los potreros con distintas coberturas de sombra (baja hasta alta). Esto es relevante considerando que existe la idea que la producción ganadera se disminuye en potreros con alta cobertura arbórea.

5.6. RECOMENDACIONES

- Considerando los resultados de este estudio, se pueden manejar un número de aproximadamente 85 a 115 árboles por hectárea los que proyectarían entre un 15 a 20% de cobertura de sombra sin disminuir la disponibilidad de pasto; esto considerando la composición de especies y el arreglo espacial.

- Ampliar los meses de evaluación de disponibilidad y calidad de pastura a lo largo del año para tener una curva de disponibilidad en relación a los meses y cobertura de sombra. Esto podría mejorar el patrón de productividad animal (leche y carne) según la cobertura de sombra.

- Identificar e incrementar especies leñosas locales con potencial forrajero, para las cuales desarrollar un plan de manejo de podas estratégicas para producción de forraje en potreros (árboles dispersos o en cercas vivas), especialmente en la época seca.

- Brindar mayor atención a los beneficios de los árboles forrajeros dentro de los potreros, principalmente en zonas secas; donde en la época de verano la disponibilidad de pasto es muy baja y el aporte de follaje de los árboles “ramoneo o corte y acarreo” suplen la demanda de alimento del ganado para mantener o mejorar la producción animal de la finca (leche y carne).

5.7. LITERATURA CITADA

Cifuentes M. 2010. ABC del cambio climático en Mesoamérica. 1ed. CATIE, Turrialba, CR. 83 p.

Di Rienso J.A, Casanoves F, Balzarini M.G, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Fassola H.E, Lacorte S.M, Pachas N, Pezzutti R. 2006. Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de Pinus taeda L. sobre la acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. Revista Argentina de Producción Animal (26): 101-111.

Gamboa, H. 2009. Efecto de la sombra de Genízaro (*Albizia saman* Jack) y Coyote (*Platymisciumparviflorum* Benth) sobre la productividad primaria neta aérea y la composición química de pastizales seminaturales en fincas ganaderas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 100 p.

Guenni O, Camacho F, Seiter S. 2007. Efecto de la intensidad lumínica sobre la anatomía foliar de tres especies del género Brachiaria y su relación con la calidad del forraje. An.Bot.Agr 14: 6-15.

Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. 5 ed. en español. IICA. San José, CR. 216 p.

Ibrahim M. 2012. Práctica del botanal. Apuntes del curso "Bases técnicas para la Agroforestería". CATIE, CR. Presentación Power point.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2013. Estadísticas climatológicas. (En línea) consultado el 16 de septiembre del 2013. Disponible en http://www.ineter.gob.ni/ sección boletines meteorológicos.

Kaligis D, Sumolang C. 1991. Forage species for cocomut plantations in Northe Sulawesi. In Shelton, HM; Stur, WW. (eds). Proceedings. Workshop Forages for Plantation Crops (27-29 June 1990, Sanur Beach, Bali, Indinesia). Camberra, AU, ACIAR Proc (32): 45-48.

Kaligis D. 1991. Performance of Pasture Species Under Free Grazing in Coconut Plantation. Sam Ratulangi University, Indonesia. P 23-27.

Lemus G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 126 p.

León C, Cañas R, Quiroz R, Guerrero J. 2006. LIFESIM; Modelo de simulación de estrategias de alimentación del ganado. Versión 8.1. CIP, Lima, Perú. Manual. 39 p.

López F, Gómez R, Harvey C, López M, Sinclair F. 2006. Toma de decisiones de productores ganaderos sobre el manejo de los árboles en potreros en Matiguás, Nicaragua. Agroforestería en las Américas (45): 1-7.

Ludwig A, Lippold S, Debus L & Reinartz R. (2009): First evidence of hybridization between endangered sterlets (*Acipenser ruthenus*) and exotic Siberian sturgeons (*Acipenser baerii*) in the Danube River. Biol. Invasions 11:753-760.

Martínez J. 2003. Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del río bul bul en Matiguás, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 176 p.

Muñoz-Cabrera D, Muñoz D, Jovas Y, Muñoz L, Fernandez L, Clavel N. 2011. Efecto de la sombra de especies arbóreas en el comportamiento de los pastos en diferentes suelos de la provincia de Camagüey. 5to congreso forestal de Cuba. 6 p.

Navas, A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistema de producción ganadera tropical. Rev. Medicina veterinaria (19): 113-122.

Obispo N, Espinoza Y, Ovalles F, Rodríguez M. 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. Zootecnia tropical 26(3):285-288.

Pentón G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. FAO. Consultado el 19/11/2013, disponible en http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6345s/x6345s00.htm

Piñeros R, Delgado J, Holguín V. 2010. Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes intensidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena, Tolima (Colombia). Corpoica 12(1): 42-50.

Ponce R. 2008. Efecto del stréss térmico sobre la fertilidad del ganado bovino. Centro experimental pecuario paso del toro, Veracruz, México. Ciencia veterinaria. 265-291.

Ramírez I. 2012. Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento, comportamiento y preferencia de árboles por vacas lecheras en Rivas, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.

Restrepo, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Harmand, M; Morales, J. 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en trópico seco en Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 41-42:29-36.

Roca A. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. Manabí, Ecuador. 11 p.

Sánchez D, Harvey C, Grijalva A, Medina A, Vilchez S, Hernández B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje en Matiguás, Nicaragua. Rev. Biología Tropical53(3-4): 387-414.

Sauceda M. 2010. Impacto del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes en los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p.

Shelton Hm, Humphreys LR, Batello C. 1987. Pastures en the plantations of Asia and the Pacific: Perfomance and Prospect. Trop Grassl 21:159-168.

Somarriba E. 2002. Estimación visual de la sombra en cafetales y cacaotales. Agroforestería en las Américas 9(35-36): 86-94.

Veiga J, Veiga D. 2000. Sistemas silvopastoriles en la Amazonia oriental. EMBRAPA, BR. 29 p.

Velásquez R, Pezo D, Skarpe C, Ibrahim M, Mora J, Benjamín T. 2009. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas seminaturales en Muy Muy, Nicaragua. Agroforestería en las Américas (47): 51-60.

Zamora S, García J, Bonilla G, Agrilar H, Harvey C, Ibrahim M. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 8(21): 31-38.

Zelada E.E, Ibrahim M.A. 2005. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en el trópico húmedo de Costa Rica. Arch. Latinoam. Prod. Anim.5 (Supl. 1):42-44 p. Disponible en http://www.avpa.ula.ve/congresos/ALPA97/PF15.pdf

Zelada, E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 88 p.

ANEXO

Anexo 1. Caracterización de tipos de copas en las especies censadas en los 25 potreros, Matiguás, Nicaragua.

Tipos de copa	**Especie y copa representativa**
Elipse (Generalmente, *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*)	
Semielipse (Común observarla en especies de *Cassia grandis*)	
Cono (Generalmente se observa en especies de *Tabebuia rosea, Cordia alliodora, Pachira quinata*)	

Cono invertido Común visto en especies *Platymiscium parviflorum*	
Cilindro Su forma es muy vista en *Simarouba amara*, *Adelia barbinervis*	

Anexo 2. Arreglo espacial y productividad de leche en los 25 potreros arbólados.

Nombre P	No.AP	R sp	%CS	DMO	DME	IVP (m)	Arreglo	Pseca	Plluviosa
Plazuela1	71	11	19.9	5.57	7.24	0.77	Agrupado	1.5	6.7
Plazuela2	167	14	26.4	4.53	5.68	0.80	Agrupado	1.5	6.7
Plazuela3	112	15	19.6	5.91	6.77	0.87	Agrupado	1.5	6.7
Encierro	153	18	16.9	6.65	6.64	1.00	Aleatorio	1.5	6.8
Plazuela	81	18	15.2	8.80	7.39	1.19	Disperso	1.4	6.7
Quebrachal	32	8	15.9	10.01	9.40	1.06	Aleatorio	1.5	7.0
Coyol	46	7	18.1	6.09	7.20	0.84	Aleatorio	1.5	6.7
La papaya	34	8	16.2	9.08	7.23	1.25	Disperso	1.5	6.7
El arado	43	10	8.4	16.70	12.18	1.37	Disperso	1.5	6.7
Pedregal	22	6	12.8	8.65	8.59	1.00	Aleatorio	1.5	6.6
Elequeme	127	10	24.2	4.90	5.56	0.88	Agrupado	1.5	6.6
Bajo	76	15	10.8	8.72	10.30	0.85	Agrupado	1.4	6.7
La plazuela	69	15	22.1	8.70	6.98	1.25	Aleatorio	1.5	6.7
Gandul	39	7	23.7	6.47	7.03	0.92	Aleatorio	1.4	6.6
Genízaro	16	6	27.1	26.18	12.46	2.10	Disperso	1.5	6.7
La peña	84	10	12.7	12.16	9.14	1.33	Disperso	1.5	6.7
Carao	37	7	19.8	7.06	7.02	1.01	Aleatorio	1.5	6.7
Guacimal	131	14	23	5.70	4.04	1.41	Disperso	1.8	6.8
El laurel	57	8	16.2	7.61	7.87	0.97	Aleatorio	1.5	6.6
El cuadro	68	8	6.4	8.50	10.81	0.79	Agrupado	1.4	6.6
Pochote	72	14	9.5	7.51	8.08	0.93	Aleatorio	1.5	6.7
Las nubes	137	16	23.4	5.70	5.29	1.08	Aleatorio	1.4	6.8
La mora	71	12	17	7.32	6.84	1.07	Aleatorio	1.5	6.8
El guacimal	122	8	21.8	5.70	4.04	1.41	Disperso	1.8	6.8
Los bueyes	94	14	13.3	7.01	7.20	0.97	Aleatorio	1.7	6.8

Nombre P: nombre del potrero, No. AP: Número de árboles en cada potrero, R sp: riqueza de especies, %CS: porcentaje de cobertura de sombra, DMO: distancia media observada, DME: distancia media esperada, IVP: índice de vecino más próximo, Pseca: producción de leche litros /ha/día/en época seca y lluviosa.

6. ANÁLISIS E INPLICACIONES DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO

La búsqueda de prácticas en la ganadería que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero "metano" ha conllevado a diseñar sistemas silvopastoriles, donde interactúan las plantas herbáceas con las leñosas en un mismo sitio (Sepúlveda e Ibrahim 2009). Esta iniciativa ha generado que áreas que estaban sin cobertura a causa del despale para el establecimiento de cultivos anuales y ganadería, se conviertan en áreas con alta cobertura arbórea. Sin embargo, esta asociación ha generado inconformidad por parte del productor ya que asocia la presencia de los árboles con la reducción de la productividad de los pastos, es por eso que se investigan la elasticidad de los efectos, con el objetivo de diseñar sistemas donde la productividad de pastura no se afecte y al mismo tiempo mantener cobertura arbórea.

En el municipio de Matiguás se práctica generalmente el manejo extensivo en la ganadería, pero se ha demostrado que es una zona con alta cobertura arbórea en los potreros (Sánchez 2005). También es de conocimiento que la población de árboles presente en los potreros es dominada por pocas especies que cumplen ciertos objetivos de los productores. Las decisiones de manejo en relación a la regeneración natural y el establecimiento de especies en cercas vivas enfocadas a generar bienes y servicios específicos, están generando que pocas especies predominen en el paisaje, y aún más, de continuar, la diversidad de especies de árboles se podría estrechar en un futuro.

Los resultados del efecto del porcentaje de cobertura de sombra (CS) proyectada por la cobertura arbórea demuestran que la mayor disponibilidad de pasto por hectárea se registra en potreros con cobertura de sombra alta y media. Este comportamiento está asociado a una mejor condición del suelo y microclima bajo las copas de los árboles. En este sentido, mantener o incrementar la densidad arbórea y riqueza de especies en los potreros genera una multifuncionalidad a lo largo del año, sin que la disponibilidad de pasto se vea afectada. Sin embargo, es importante rescatar que se debe de diseñar arreglos más aleatorios o dispersos, para evitar sitios de concentración de sombra dentro de los potreros. Aparte de que el diseño consideré un predominio de especies de con bajo factor de oclusión. Por supuesto que sombras altas se pueden reducir por la vía de retención de especies específicas de poca sombra o manejo silvicultural como podas y raleos.

Pero además, el efecto del incremento en la densidad arbórea y riqueza de especies no solo está dirigido a las herbáceas y beneficios a la finca, sino que también a los servicios ecosistemicos que se generan como captura de carbono, belleza escénica, conectividad, refugio para animales, que tienen un impacto a distintas escalas de territorio.

Otro de los resultados muy importantes al cual se debe dar mucho énfasis es la estimación de oclusión para 47 especies arbóreas, lo que permitirá contar con un registro de sombra el cual es importante estimar a otras especies y en otros meses del año, de esta manera se podrán diseñar sistemas con la mayor diversidad posible y que proyecten menor porcentaje de sombra

y se conserven o manejen altas densidades arbóreas. Además, el potencial de 21 especies arbóreas presentes en los potreros considerados melíferos, por su producción de néctar y polen, las cuales podrían ser consideradas en un futuro para la producción de miel en fincas ganaderas. Especialmente en territorios donde se viene promoviendo la producción apícola para mejorar los medios de vida de las familias rurales.

7. ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LOS RESULTADOS PARA LA FORMACIÓN DE POLÍTICAS

Si bien es cierto, la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos se acrecienta ante el cambio climático, esta condición cada vez es más notoria en campo y percibida por las familias ganaderas. En este sentido, se plantea la necesidad de búsqueda de sistemas silvopastoriles donde el efecto de la sombra sobre los pastos y otras herbáceas forrajeras sea mínimo y que la conservación y regeneración de las especies arbórea sea la más diversificada (sistemas silvopastoriles multifuncionales). Con este enfoque se busca que los sistemas cumplan variadas funciones como sombra, producción de recursos alimenticios para el ganado, producción de madera, y otros servicios ecosistemicos con efecto dentro como fuera de la finca. La resiliencia ante el cambio climático dependerá de los rasgos funcionales de la diversidad de especies del sistema.

Mathew et ál. (1992) menciona que el crecimiento y rendimiento de las especies forrajeras se modifica en función de la infiltración de la luz de la cobertura arbórea, por consiguiente, la diversidad y densidad arbórea influyen en la disponibilidad y calidad del forraje dentro de un sistema silvopastoril.

El mantener e incrementar las densidades arbóreas dentro de los potreros ganaderos trae son sigo beneficios para la finca y el territorio, principalmente en zonas secas y donde la principal actividad económica es la ganadería, la cual ocupa la mayor área disponible para actividades agropecuarias. Es por ello, resulta esencial incorporar en la agenda política gubernamental, regional y municipal, la investigación y divulgación de catálogos de especies arbóreas que aborden variables asociadas a sombra como: porcentaje de oclusión, diámetro promedio de copa, fenología foliar, usos y capacidad regenerativa, debido que el porcentaje de sombra es la principal limitante que visualiza el productor de la presencia de los árboles dentro de sus pasturas. Esto permitirá diseñar y manejar sistemas más diversificados, con alta densidades arbóreas, lo que generará mayor multifuncionalidad dentro y fuera de la finca.

Por este motivo, es necesario difundir los resultados de la investigación a los actores locales, regionales y gubernamentales del país para orientar diseños de políticas que permitan desarrollar proyectos de regeneración y fomento a la diversificación de los paisajes ganaderos para potenciar los servicios ecosistemicos y la economía rural de la población.