



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles
y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el
departamento de Rivas, Nicaragua

por

Nelson Pérez Almario

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

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2011

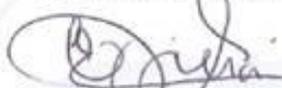
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL

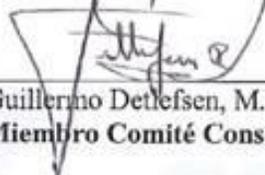
FIRMANTES:



Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Consejero Principal



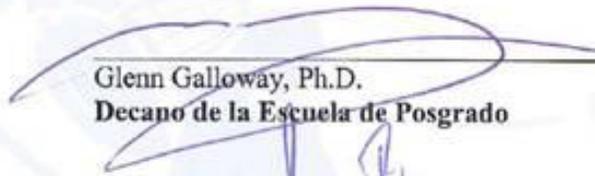
Cristóbal Villanueva, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



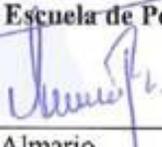
Guillermo Detlefsen, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Christina Skarpe, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Hubert Guerin, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Nelson Pérez Almario
Candidato

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, a mi familia, mi esposa, mis hijos, la gente sencilla y a mis amigos.

A Dios,

Más que una dedicatoria emotiva por este trabajo, te doy gracias por permitir llevar a feliz término una etapa más de mi vida.

Mi familia, mi madre Isabel, la memoria de mi padre Álvaro, todos mis hermanos, a mi esposa María Elcy, mis hijos Laura Milena y Johan Sebastián por su amor e invaluable apoyo y paciencia durante los últimos años, ejemplo de tesón, constancia y persistencia.

La gente sencilla,

campesinos y productores de Nicaragua, especialmente a los amigos de Cantimplora Roberto, Martín, Imar; de Mata de Caña Will, Alejandro, a la señora Paulina, Zulma, al “loco” Gerald, Nemer y todos aquellos que me brindaron su apoyo confianza y amistad, gracias.

Mis amigos,

y compañeros de la maestría de Agroforestería Florcita, Jessica, Francisco, Erick, Andrés, Pedrito, Carlos, Diter, Diana y Erwid por compartir gratos momentos que se quedarán por siempre en mi memoria. También a mis compañeros de las otras maestrías especialmente a “Carito y Pris”

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Muhammad Ibrahim mi director de tesis, por el apoyo y valiosa orientación brindada en los últimos años. De igual forma, a Lorenzo Pelaez quién como jefe y profesional me ha dado la oportunidad de capacitación, y de realizar la maestría.

Agradezco profundamente a Cristobal Villanueva miembro de mi comité asesor, quien a fuerza de tiempo y discusiones, orientaron este trabajo y la interpretación de resultados. Igualmente reitero mis agradecimientos a Fernando Casanoves y Sergio Vilchez quienes en su momento hicieron aportes importantes y dedicaron tiempo valioso al documento.

A Hubert Guerin y Guillermo Detlefsen por su disposición continua para la discusión del tema, por sus valiosos consejos y revisiones críticas del documento. A Christina Skarpe por su disposición para resolver inquietudes, a pesar de nuestras limitaciones de comunicación. De igual forma agradezco también a todos los que durante mis estudios de maestría ayudaron académicamente.

Quiero agradecer a Fabrice DeClerck, coordinador del proyecto (FUNCITree) por su apoyo y colaboración. Al equipo técnico y logístico del proyecto CATIE-FUNCITree en la oficina de Belén Rivas, Nicaragua por su colaboración. De igual manera a los asistentes de investigación en Belén, Nicaragua, especialmente a Gerald

y Carlos Colomer por el trabajo de campo. Debo reconocer la amabilidad de la gente de Belén, y agradecer la hospitalidad y colaboración brindada por los señores productores Trinidad Gutiérrez “Roberto” Imar Quiróz y Martín Mena de la comarca de Cantimplora, quienes me apoyaron en este proceso sin esperar nada a cambio.

A todo el personal de la biblioteca Orton por su esmerada atención y servicio, especialmente a Juan y Eyleen. Al proyecto (FUNCITree) del programa GAMMA por el apoyo financiero y logístico para la realización de este estudio. A Guiselle, Aranjid y Johana por su valiosa colaboración.

De igual manera a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) por su valioso apoyo económico para que iniciar la maestría. A mis compañeros de trabajo del C.I Nataima.

Con el pasar de los meses en la realización de esta tesis, dejó de ser requisito académico y se convirtió en ‘obsesión’. Por eso agradezco a mi familia y amigos a quienes descuidé por largos meses.

BIOGRAFÍA

El autor nació en el municipio de Gigante departamento del Huila, Colombia. Se graduó como bachiller Agrícola en el Instituto Agrícola de Gigante, posteriormente realizó estudios universitarios en la UNAD donde obtuvo los títulos de Tecnólogo en Producción Animal y después como Zootecnista de la Facultad de Ciencias Agrarias. En el año 2006 inició estudios de posgrado en estadística en la Facultad de Ciencias Básicas de la UNAL de Bogotá donde se graduó como Especialista en Estadística en febrero del 2007. En el año 2009 inicia estudios de maestría en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE en Turrialba, Costa Rica donde se graduó como MS.c en Agroforestería Tropical en diciembre de 2010. El autor actualmente desempeña el cargo de Investigador en el Centro de Investigación – NATAIMA Espinal, Tolima de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos del estudio.....	4
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.2 Hipótesis del estudio	5
1.3 Area de estudio.....	6
2 MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1 Cambio climático	7
2.2 Características nutricionales generales	8
2.3 Rasgos funcionales relacionados con la nutrición	10
2.4 Preferencia de forrajes	16
2.5 Las leñosas en los sistemas ganaderos.....	19
2.6 Calidad forrajera como conocimiento indígena	22
2.7 Calidad de leche	23
2.8 Aportes de las leñosas al suelo.....	26
3 MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Evaluación de leñosas	27
3.1.1 <i>Identificación de leñosas forrajeras</i>	27
3.1.2 <i>Criterios para la preselección de leñosas</i>	28
3.2 Determinación de rasgos funcionales físicos	30
3.3 Determinación de rasgos funcionales químicos.....	31
3.4 Cálculo de correlación de rasgos funcionales	32
3.5 Evaluación de leñosas en pruebas de cafetería	32
3.5.1 <i>Selección de leñosas para el estudio</i>	32
3.5.2 <i>Infraestructura para la prueba de preferencia</i>	33
3.5.3 <i>Pre-prueba para el estudio de preferencia de las leñosas</i>	33
3.5.4 <i>Selección de los animales</i>	34
3.5.5 <i>Acostumbramiento de los animales para la prueba</i>	35
3.5.6 <i>Recolección de forraje para la prueba de preferencia</i>	35
3.5.7 <i>Diseño de combinación de leñosas para la prueba de preferencia</i>	36
3.5.8 <i>Diseño de aleatorización de leñosas para la prueba de preferencia</i>	36
3.5.9 <i>Colocación del forraje y desarrollo de la prueba</i>	37
3.5.10 <i>VARIABLES medidas en las pruebas de preferencia</i>	38
3.5.11 <i>Estructura y registro de datos en la prueba de preferencia</i>	39
3.5.12 <i>Análisis de datos para pruebas de preferencia</i>	39
3.6 Otros rasgos funcionales frente al conocimiento local	40
3.7 Índices de rasgos nutricionales	40
3.8 Evaluación de leñosas en dietas balanceadas para suplementar vacas en producción..	42

3.8.1	<i>Infraestructura para la evaluación</i>	42
3.8.2	<i>Selección de especies</i>	43
3.8.3	<i>Información disponible para el balanceo</i>	43
3.8.4	<i>Requerimientos nutricionales de las vacas</i>	44
3.8.5	<i>Formulación y balanceo de dietas en las tres fincas</i>	45
3.8.5.1	<i>Sistema de alimentación para la vaca testigo</i>	46
3.8.6	<i>Ajustes de dietas</i>	47
3.8.7	<i>Periodo de registro y evaluación de dietas</i>	47
3.8.8	<i>Recolección y manejo de muestras</i>	48
3.8.9	<i>Diseño experimental</i>	48
3.8.9.1	<i>Modelo estadístico</i>	49
4	RESULTADOS	50
4.1	Pruebas de Preferencias	54
4.1.1	<i>Preferencia por consumo y tamaño de bocado</i>	54
4.1.2	<i>Número de bocados por minuto</i>	56
4.1.3	<i>Tiempo de consumo de leñosas forrajeras</i>	57
4.1.4	<i>Diámetro de ramas mordidas</i>	58
4.2	Rasgos funcionales foliares y nutricionales de leñosas	59
4.2.1	<i>Correlación de rasgos físicos y nutricionales</i>	59
4.2.2	<i>Correlaciones para SLA y variables de preferencia</i>	62
4.2.3	<i>Conocimiento local y otros rasgos funcionales</i>	65
4.3	Indices de calidad nutricional	69
4.4	Evaluación de leñosas en dietas balanceadas	70
4.4.1	<i>Resultados por fincas</i>	73
4.4.1.1	<i>Calidad y producción de leche en la finca Los Quiróz</i>	73
4.4.1.2	<i>Calidad y producción de leche en la finca Zaragoza</i>	73
4.4.1.3	<i>Calidad y producción de leche en la finca Santa Gertrudis</i>	74
4.4.1.4	<i>Consumo asociativo</i>	75
5	DISCUSIÓN	76
5.1	Pruebas de preferencias	76
5.1.1	<i>Consumo de forraje y tamaño de bocados</i>	76
5.1.2	<i>Número de bocados de forraje por minuto</i>	81
5.1.3	<i>Tiempo de consumo de forraje</i>	83
5.1.4	<i>Diámetro de ramas mordidas</i>	84
5.2	Rasgos funcionales de las especies leñosas	84
5.2.1	<i>Correlaciones de rasgos físicos y nutricionales</i>	84
5.2.2	<i>Otros rasgos funcionales y el conocimiento local</i>	93
5.3	Indices de calidad nutricional	95
5.4	Evaluación de leñosas en dietas balanceadas	96
5.4.1	<i>Producción y calidad de leche</i>	96
5.4.2	<i>Efecto asociativo de las leñosas</i>	99
6	CONCLUSIONES	102
6.1	RECOMENDACIONES	103
7	BIBLIOGRAFÍA	105
	ANEXOS	116

RESUMEN

En el trópico seco de América Central existe un periodo de ausencia de lluvias que varía de cuatro a siete meses, incidiendo en la cantidad y calidad de forrajes, afectando la productividad y rentabilidad de las fincas y en el deterioro de los recursos naturales. En este sentido, las leñosas forrajeras tienen potencial para ser utilizadas en las estrategias de alimentación bovina para mitigar las deficiencias nutricionales en este periodo. La investigación se realizó en dos fases que consistieron en identificar rasgos funcionales indicadores de calidad nutricional y la preferencia de vacas doble propósito por leñosas dominantes en sistemas silvopastoriles (SSP) en época seca, y en evaluar leñosas forrajeras con rasgos contrastantes en balanceo de dietas para vacas doble propósito. De las bases de datos FUNCITree-SILPAS, se preseleccionaron 23 especies consideradas con potencial forrajero, utilizando criterios de rasgos físicos y nutricionales; conocimiento local; presencia de forraje en época seca; abundancia de la especie y sugerencias de productores y asesores. Fueron seleccionadas 10 especies con potencial forrajero, en las que figuran *Acacia farnesiana*, *Albizia niopoides*, *Samanea saman*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia dentata*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa pigra* y *Moringa oleífera*. Para preferencias de leñosas se aplicó la metodología de pruebas de cafetería. Para esto se utilizó forraje de ramas delgadas <1,0 cm de diferentes individuos seleccionados de cada especie leñosa; Se utilizaron 5 vacas en producción con similares características, las cuales antes y después de las pruebas permanecieron con alimento y agua disponible. Se dispusieron atados en parejas de leñosas de acuerdo al orden de aleatorización. Se realizaron 225 combinaciones; 45 combinaciones por vaca (aleatorio) 25 combinaciones diarias (orden aleatorio); 3 minutos por evento; (75 minutos prueba/día); tiempo total de la prueba 11,25 horas; número de especies 10 y número días de prueba 9.

Se evaluó el tiempo de consumo de cada leñosa, número de bocados/especie, y se obtuvo el consumo por diferencia de forraje ofrecido y rechazado. Las correlaciones realizadas indican que las hojas de las diferentes especies poseen características especiales de tamaño, grosor de hoja, y DIVMS que están influenciados por los contenidos de (FDN y FDA). Los rasgos de nitrógeno (N), fósforo (P) y taninos condensados (TC) están correlacionados e inciden sobre la DIVMS y preferencia de consumo. Las cuatro especies de mayor preferencia

de consumo por evento (gMS vaca⁻¹) fueron: *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *C. dentata*. Las especies más preferidas tuvieron un mayor tiempo efectivo (minutos) de consumo: *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *M. oleífera* y *C. dentata*. La variable número de bocados por minuto tuvo un patrón diferente al orden de preferencia de las especies, las primeras cinco fueron: *C. dentata*, *G. ulmifolia*, *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *S. saman*. Para esta fase se concluye que las especies leñosas con mayor preferencia (*S. saman*, *A. niopoides* y *L. leucocephala*) es atribuido al mayor tiempo efectivo de consumo. Estas leñosas poseen características especiales de área foliar específica (SLA) y digestibilidad (DIVMS) que están influenciados por contenidos de fibra detergente neutra y ácida (FDN, FDA). También, los rasgos de nitrógeno, fosforo y taninos condensados (TC), están correlacionados e inciden sobre la DIVMS y preferencia de consumo. La forma de las hojas y la distribución de éstas en las ramas del árbol, presentan una gran influencia sobre las preferencias y consumos de bovinos, debido a la cantidad de forraje que pueda obtener en un solo bocado. Que los bovinos requieren menor tiempo de consumo cuando la disponibilidad de forraje es de leñosas forrajeras, lo que justifica una alta y rápida satisfacción de necesidad en consumo. Los bovinos seleccionan y prefieren los forrajes en función del contenido de N, que a su vez se relacionan con otros rasgos como contenidos de TC. Para la segunda fase, fueron seleccionadas de la prueba de preferencia de consumo (cafetería), las cuatro mejores especies en las que figuran *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* y *C. dentata*. Para conocer si la presencia de leñosas forrajeras que componen de un 20 a 25% las dietas, inciden sobre la producción y calidad de leche, se balancearon conformando las siguientes Dietas: A) (*S. saman*, *C. dentata*); B) (*L. leucocephala*, *C. dentata*); C) (*A. niopoides*, *C. dentata*); D. (Testigo en pastoreo + suplementos), las cuales se suministraron en dos raciones al día. Para esto se confinaron tres vacas doble propósito y una como testigo que permaneció en pastoreo, durante 40 días, 400 kg de peso, con lactancias entre 90 a 120 días y buen estado sanitario. Se evaluó la producción de leche, incremento de grasa y sólidos totales. Para esto se utilizó la mezcla de leñosas como una forma de hacer uso eficiente de la diversidad de especies proveedoras de forraje en mezclas forrajeras. La Dieta B (*Leucaena leucocephala* + *Cordia dentata*) presentó la mayor posibilidad para incrementar la producción de leche por finca (8,74 litros/día). Las variables grasa y sólidos, presentan valores pequeños por lo que no alcanza a evidenciar diferencias estadísticas. Sin embargo, se puede concluir que las dietas B (*L.*

leucocephala + *C. dentata*) y C (*A. niopoides* + *C. dentata*), favorecen el incremento de grasa (5,29 y 5,02), y los porcentajes de sólidos totales (14,78 y 14,84) respectivamente, incidiendo en la calidad y producción de leche.

SUMMARY

There is a period of absence of rainfall varies from four to seven months, influencing the quantity and quality of fodder, affecting productivity and profitability of the farms and the deterioration of natural resources in dry tropical Central America. Regarding of this, the woody forage has the potential to be used on cattle feeding strategies to mitigate the nutritional deficiencies during this period. The work was conducted in two phases consisted in identifying functional traits indicators of nutritional quality and preference of cow dual purpose by silvopastoriles system (SSP) dominated by in dry season and assessing woody forage species with contrasting traits and diets balancing in cow dual purpose. From FUNCITree-SILPAS databases were pre selecting 23 tree species considered as forage potential, using criteria of physical and nutritional traits, local knowledge, presence of foliage during the dry season, abundance of the species and suggestions of farmers and advisors. Then, 10 tree species were selected, considering the forage potential. The tree species were *Acacia farnesiana*, *Albizia niopoides*, *Samanea saman*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia dentata*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa pigra* and *Moringa oleifera*. 'Cafeteria testing' methodology was applied to the preferences testing. Forage trees of thin branches < 1.0 cm was used for this testing, taking different selected individuals of each woody species. Likewise, 5 cows in production with similar characteristics were used, which before and after the testing remained with food and water available. The forage was arranged trays in pairs of woody species, according to the order of randomization; 225 combinations were executed; 45 combinations per cow (random); 25 daily combinations (random order); 3 minutes per each event; (75 minutes test/day); and a total test time of 11.25 hours, a number of species 10 during 9 days. Each of the forage specie was assessed, number of bits/woody species consumption time. The consumption was obtained for difference each of fodder specie offered and declined. Correlations calculate indicated that the leaves of different forage species had special characteristics of size, thickness leaves and DIVMS (Digestibility In-vitro of Dry Matter) influenced by the contents of neutral and acid detergent fiber (NDF and ADF). Characteristic of nitrogen (N), phosphorus (P) and condensed tannins (CT) are correlated and the influence on DIVMS and consumption preference. The four species of major consumption preference per event (g MS cow⁻¹) were: *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* and *C. dentata*. The most preferred species had more consumption actual time

(minutes): *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *M. oleifera* and *C. dentata*. The variable 'number of bits per minute' had a different pattern of preference for woody species. The first 5 were: *C. dentata*, *G. ulmifolia*, *A. niopoides*, *L. leucocephala* and *S. saman*.

The conclusions for this testing phase were that woody species with major preference (*S. saman*, *A. niopoides* and *L. leucocephala*) was attributed to more effective consumption time. These woody species had special characteristics of specific leaf area (SLA) and digestibility (DIVMS), influenced by contents of acid and neutral detergent fiber (ADF, NDF). Meanwhile, the characteristics of nitrogen, phosphorus and condensed tannins (CT) are correlated and affect on DIVMS and consumption preference. The shape and distribution of the leaves in the tree branches had a major influence on preferences and consumption of cattle, due to the quantity of forage obtained in a single bite. The cows required less time consumption when the availability of foliage of the forage trees, which was justified in a rapid and high satisfaction of needing in consumption. Cows selected and preferred forages, depending on content of nitrogen, at the same time were related to other traits as condensed tannins. For the second phase, were selected for the consumption preference testing (cafeteria testing), the four best species: *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* and *C. dentata*. To determine if the presence of forage species that represented 20% to 25% in the diets had an impact on production and milk quality, where were balanced the following combinations of diets: (A) (*S. saman*, *C. dentata*); (B) (*L. leucocephala*, *C. dentata*); (C) (*A. niopoides*, *C. dentata*); (D). (Grazing control + food supplements), those which were provided to the cows in two rations per day. Three dual purpose cows were confined and the other cow as control in grazing, turning the cows in the different diets every 8 days during 40 days. Cows of 400 kg of weight, with lactations between 90-120 days and healthy was used during the testing. The increasing production of milk, fat and total solids was assessed. For this testing was used the mixed woody as a way to assess the efficient use of species diversity as suppliers of forage to mixed forage. The Diet "B" (*Leucaena leucocephala* + *Cordia dentata*) had an impact on the possibility to increase milk production per farm (8.74 liters/day). Fat and solids variables, presented minor values and not evidenced statistical differences. However, the testing results concluded that the diets D (*L. leucocephala* + *C. dentata*) and C (*A. niopoides* + *C. dentata*), and helped to increase the fat (5.29 and 5.02) percentages and total solids percentages (14.78 and 14.84) respectively, influencing in the quality and milk production.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. ASOCIACIÓN DE ALGUNOS RASGOS FUNCIONALES DE LAS PLANTAS Y CONDICIONES AMBIENTALES O DE DISTURBIO A NIVEL DE ECOSISTEMAS	11
CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE LA LECHE Y VALOR NUTRITIVO	24
CUADRO 3 ESPECIES LEÑOSAS CON POTENCIAL FORRAJERO PARA RIVAS, NICARAGUA	29
CUADRO 4 DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS LEÑOSAS FORRAJERAS EN LAS BASE DE DATOS FUNCITREE-SILPAS.....	30
CUADRO 5. COMBINACIONES POR VACA PARA LA PRUEBA DE PREFERENCIA	36
CUADRO 6. COMBINACIONES ALEATORIZADAS DE ESPECIES FORRAJERAS PARA PRUEBA DE PREFERENCIAS	37
CUADRO 7. ESTRUCTURA Y REGISTRO DE DATOS PARA LA PRUEBA DE PREFERENCIA	39
CUADRO 8. VACAS SELECCIONADAS PARA LA EVALUACIÓN DE DIETAS.....	44
CUADRO 9. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA VACAS	45
CUADRO 10. BALANCEO DE DIETAS USADAS PARA EL EXPERIMENTO (MS).....	46
CUADRO 11. DISTRIBUCIÓN DE DIETAS PARA LOS CUATRO PERIODOS.....	49
CUADRO 12. MATRIZ DE RASGOS FÍSICOS Y NUTRICIONALES DE LAS ESPECIES PRESELECCIONADAS	53
CUADRO 13. CORRELACIONES DE RASGOS FOLIARES FÍSICOS Y NUTRICIONALES	61
CUADRO 14. RELACIÓN DE RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LAS LEÑOSAS FORRAJERAS	67
CUADRO 15. RASGOS NUTRICIONALES PARA CÁLCULO DE ÍNDICES NUTRICIONALES	69
CUADRO 16. ÍNDICES DE CALIDAD NUTRICIONAL DE ESPECIES LEÑOSAS (DIFERENCIAS AJUSTADAS)	70
CUADRO 17. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE PARA LAS TRES FINCAS (VACA – DÍA).....	72
CUADRO 18. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN LAS TRES FINCAS.....	74
CUADRO 19. CONSUMO ASOCIATIVO PARA LAS ESPECIES LEÑOSAS DE LA MEZCLA.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
FIGURA 2. UBICACIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS FORRAJERAS SELECCIONADAS	35
FIGURA 3. PREFERENCIA DE LEÑOSAS POR CONSUMO POR VACA - PRUEBA CORTA EN RIVAS, NICARAGUA.....	54
FIGURA 4 PREFERENCIA DE LEÑOSAS POR TAMAÑO DE BOCADO (GMS) POR VACA EN RIVAS, NICARAGUA	55
FIGURA 5. NÚMERO PROMEDIO DE BOCADOS DE FORRAJE (VACA/MINUTO) RIVAS, NICARAGUA.....	57
FIGURA 6. TIEMPO EFECTIVO PROMEDIO DE CONSUMO DE LEÑOSAS POR VACA (MINUTOS) RIVAS, NICARAGUA....	58
FIGURA 7. DIÁMETRO PROMEDIO (CM) DE RAMA DE LEÑOSAS MORDIDA (VACA)	59
FIGURA 8 CORRELACIONES DE RASGOS IMPORTANTES CON ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA.....	63
FIGURA 9. ASOCIACIÓN DE RASGOS NUTRICIONALES Y FOLIARES CON ESPECIES	64
FIGURA 10. AGRUPACIÓN DE ESPECIES POR RASGOS FUNCIONALES.....	68
FIGURA 11. AGRUPACIÓN DE ESPECIES EN ANÁLISIS DE VARIANZA DE SIMILITUD	69
FIGURA 12. EFECTO DE LAS DIETAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LECHE EN LOS 4 PERIODOS.....	71
FIGURA 13. EFECTO DE LAS DIETAS Y COMPORTAMIENTO DE LA GRASA EN LA LECHE EN LOS 4 PERIODOS.....	71
FIGURA 14. EFECTO DE DIETAS Y COMPORTAMIENTO DE SÓLIDOS TOTALES DE LA LECHE EN LOS 4 PERIODOS	72

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

DAP: diámetro a la altura del pecho
PC: Proteína cruda
FC: Fibra cruda
N: Nitrógeno
P: Fosforo
Ca: Calcio
FDN: Fibra detergente ácida
FDA: Fibra detergente neutra
DIVMS: Digestibilidad Invitro de materia seca
TC: Taninos condensados
G: Gramos
Kg: Kilogramo
MS: Materia seca
PS: Peso seco
AF: Área foliar
SLA: Área foliar específica
LNC: Leaf AreaNitrógeno Content
LDMC: Lignin dry mater content
LMA: Leaf area mass
DMS: Digestibilidad de material seca
EN: Energía neta
EM: Energía metabolizable
Mcal: Mega calorías
Kcal: Kilo calorías
Ton: Toneladas
Ha: Hectárea
MO: Materia orgánica
ICE: Índice de calidad estándar
IRCE: Índice rendimiento y calidad estándar
PSM: Metabolitos secundarios en plantas
NaCl: Cloruro de sodio
SSP: Sistemas silvopastoriles

1 INTRODUCCIÓN

Nicaragua, tiene un área de 130.000 km² en los cuales concentra una gran diversidad de suelos, relieves, altitudes, climas, y una población bovina de 2.657,039 cabezas de ganado. En el departamento de Rivas los principales usos de la tierra están en ganadería y la agricultura (caña y plátano), presentan una distribución de pastos naturalizados 33%, pastos mejorados 15% y otros usos de la tierra, estas áreas en pastos sostienen nutricionalmente a 71.339 cabezas de ganado bovino en explotaciones de doble propósito (Inec y Cenagro 2001).

La zona de vida (Bosque húmedo tropical) del Departamento de Rivas, presenta un prolongado periodo carente de lluvias, lo que genera una baja productividad y degradación de pasturas, debido a que en la época seca tienen su mayor limitante en la baja disponibilidad y calidad del forraje. Por esta razón se requiere orientar los esfuerzos hacia un mayor conocimiento de rasgos nutricionales y especies de especies leñosas con adaptación a sequía dentro de sistemas silvopastoriles (Inec y Cenagro 2001; Palma 2006; Navas 2007).

Aunque muchos autores se han interesado por la presencia de árboles en los sistemas de producción ganadera en Centroamérica y han sugerido que el componente arbóreo es muy diverso y muy variable entre diferentes fincas, se requiere analizar información existente sobre rasgos nutricionales de las especies forrajeras leñosas en potreros que permita evaluar su función dentro de los sistemas ganaderos y los factores que influyen en la variabilidad de la calidad de las leñosas. Este vacío dificulta entender la importancia económica y ecológica del componente arbóreo para poder brindar alternativas y estrategias de manejo y diseño espacial de los sistemas silvopastoriles (SSP) (Camero 1999).

Uno de los principales problemas que enfrenta la ganadería del trópico es la producción de forrajes en cantidad y calidad en la época seca. Este fenómeno ha ocasionado pérdidas de animales, una baja en la producción de leche y una disminución en los ingresos de los productores (Holguín y Ibrahim 2005). De este modo, es fundamental el uso de alternativas tecnológicas que aseguren el equilibrio nutricional y ambiental. Para lo cual, se considera que las especies forrajeras arbóreas, podrían ser una alternativa tecnológica para el diseño de

sistemas silvopastoriles, que ayuden o faciliten la producción y conservación de forrajes de buena calidad (nutrición y resistencia a la sequía), que permita mantener la producción pecuaria durante periodos críticos de alimentación en las fincas ganaderas (Díaz *et al.* 2000; Palma 2006).

La prueba de preferencia es un método de consumo que puede ser determinado en forma directa o indirecta. El método directo puede ser usado con animales en pastoreo o en estabulación; el de estabulación se basa en el peso de forraje ofrecido y rechazado de las especies forrajeras más preferidas por un animal, requiriendo esta técnica de compartimentos individuales. Sin embargo, los resultados obtenidos no son aplicables a animales en pastoreo (León 1972). Los rumiantes cuando se les deja ramonear *ad libitum*, preferirán una dieta variada, por esto es que los ensayos de "cafetería" han sido usados ampliamente para determinar las diferencias de palatabilidad relativa dentro de distintas especies arbóreas (Rosales 2006).

No siendo una casualidad, que los animales seleccionan las partes más gustosas de la planta (hojas verdes) o especies de plantas preferidas, por tal razón, no todo el material de la planta puede ser considerado disponible para alimentación de los animales, es decir, parte del forraje disponible para alimentación puede limitar el consumo a pesar de que el material de la planta sea abundante y de buena calidad (Lyons y Machen 2000). También, que las preferencias de los herbívoros pueden estar influenciadas por el régimen alimenticio antes de la experimentación y el dominio del comportamiento animal dentro del grupo. Sin embargo, esta podría ser una importante fuente de variación (Augustine y Mcnaughton 1998; Lloyd *et al.* 2010b).

Es así, como los forrajes de árboles y arbustos con bajos niveles de factores antinutricionales, pueden jugar un importante papel en el aumento de la productividad animal. (Makkar y Becker 1996; Makkar y Becker 1998). Hasta ahora, los factores que determinan la selección de forrajes no han sido bien descritos, en particular bajo condiciones de pastoreo intensivo, ya que se confunde con el concepto de preferencia. Debido a lo anterior es importante definir claramente la diferencia entre preferencia y selectividad, dejando claro que

ambos términos describen una respuesta animal, pero no consideran los mecanismos que determinan esa respuesta (Hodgson 1979).

Por tanto, la **preferencia** se define como la discriminación que se presenta entre componentes de un forraje, estando todos disponibles sin restricción (Hodgson 1979) y llegando a ser una respuesta animal a las características químicas y físicas de hojas, que afectan el tacto, gusto, visión y olfato (Hodgson y White 1999). pudiendo ser medida únicamente en condiciones muy controladas (Hodgson 1994), como en ensayos de cafetería (Hodgson 1979).

Consecuentemente, la **selectividad** de forrajes se refiere a la capacidad del animal para escoger parte de la planta ó una especie determinada. En esta intervienen factores como reflejos de atención, aproximación, examen, consumo ó rechazo y diferencias en características químicas y físicas entre forrajes. Generalmente, el forraje seleccionado tiene una mayor proporción de hojas que de tallos y una mayor proporción de materia verde que de materia seca (Ibrahim 2009).

En este mismo sentido, se considera que los rasgos funcionales desde el punto de vista nutricional, tiene relación con la selectividad, preferencia y consumo voluntario. Este último se define como la cantidad de materia seca consumida por un animal cada día cuando hay exceso de forraje y reviste importancia al determinar los efectos de las variedades y partes de la planta consumida (Ibrahim 2009).

De otra parte, dentro de las comunidades arbóreas se ofrece una matriz de diversos productos bioquímicos para los animales que puede producir una gran variedad de interacciones que no son explicadas con enfoques y formas tradicionales de estudiar los nutrientes de las plantas con metabolitos secundarios (PSM) de manera aislada. En consecuencia, el exceso de consumo de nutrientes, desequilibrios de nutrientes y todas las toxinas pueden limitar el consumo de alimento, influir en el sabor, color y calidad de la leche o dar una sensación de saciedad a los animales (Provenza *et al.* 2007). Además, en condiciones naturales es raro que los animales eviten forrajes específicos.

Por lo tanto, aprender a mezclar alimentos que difieren en tipo y concentraciones de nutrientes (Plantas con metabolitos secundarios - PSM) puede mejorar y promover una dieta más uniforme con el uso de todas las plantas en una comunidad (Provenza *et al.* 2007). En vista de lo anterior, se ha analizado el enfoque convencional de promover el uso de especies arbóreas forrajeras "en forma individual", cuando la realidad es que los animales son alimentados con "mezclas" de distintos follajes arbóreos (Rosales 2006; Provenza *et al.* 2007). Por esta razón, los bovinos en libre pastoreo tienden a escoger una dieta mixta de especies forrajeras, aún cuando solo uno de los componentes de la dieta pueda suplir todas sus necesidades nutricionales (Hill *et al.* 2009).

Basados en los diferentes estudios de diversidad y composición arbórea en fincas ganaderas en Rivas, realizados en los proyectos FUNCITree/SILPAS, desarrollados por el CATIE donde encontraron arreglos de sistemas silvopastoriles (SSP) con árboles dispersos en potreros y en cercas vivas, se seleccionaron diez especies leñosas forrajeras, características del agropaisaje y que presentaran rasgos de calidad nutricional y resistentes a periodos secos. Una vez seleccionadas las especies leñosas, se evaluó el consumo de forraje en pruebas de cafetería en pares (especies combinadas) con vacas en producción, con el fin de conocer el orden de las preferencias de las vacas por las leñosas ofrecidas. Posteriormente, con las cuatro leñosas de mayor preferencia se evaluaron combinaciones o mezclas de especies en dietas balanceadas para vacas en estado fisiológico de producción de leche, buscando conocer efectos asociativos y rasgos contrastantes de las especies para la producción y calidad de leche.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Identificar rasgos funcionales indicadores de calidad nutricional y preferencias de consumo de leñosas para bovinos, que contribuyan al diseño de sistemas silvopastoriles y a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas Nicaragua.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar especies leñosas forrajeras en la época seca con pruebas de cafetería y definir el orden de preferencia por consumo con vacas doble propósito.

Determinar la relación de rasgos indicadores de calidad nutricional de especies leñosas en sistemas silvopastoriles frente a la preferencia por consumo de los bovinos en época seca.

Evaluar dietas balanceadas con las especies leñosas identificadas para medir la incidencia en la producción y calidad de leche de vacas doble propósito en época seca.

1.2 Hipótesis del estudio

1. Existe variada preferencia del ganado bovino por follajes arbóreos con características físicas y químicas de hojas
2. Los bovinos presentan preferencia por especies leñosas forrajeras de variada calidad.
3. Algunos rasgos físicos y nutricionales favorecen las preferencias de los bovinos por las leñosas forrajeras.
4. Las especies leñosas preferidas por vacas en producción presentan efectos diferentes en el incremento y calidad de la leche.
5. Existe diferencia asociativa en relación a la preferencia de los bovinos por las leñosas en las dietas.

1.3 Area de estudio

El área de estudio se localiza en el Municipio de Belén, Departamento de Rivas, ubicada en las coordenadas UTM entre 609410 W a 1277251 N y 613867 W a 1284141 N, a una altura de 80 msnm. Belén se caracteriza por ser una zona sub-húmeda y cálida. Presenta dos estaciones marcadas: época seca (Noviembre – Abril) y época lluviosa (Mayo – Octubre), con una precipitación promedio anual de 1,400 mm, y presenta una temperatura media de 27°C (Ineter 2004). De igual forma, la clasificación según (Holdridge 2000), las zonas de vida de esta región se encuentran como zonas de bosque seco tropical.



Figura 1. Ubicación del área de estudio

En Rivas, el área ocupada en ganadería representa cerca del 60% del territorio. Predominan gramíneas naturalizadas como jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y grama (*Paspalum sp*) (Inec y Cenagro 2001). En este sentido, el municipio de Belén, donde se ubica el área de estudio, es una localidad representativa de los paisajes ganaderos de la costa pacífica del país, mostrando un mosaico dominado por pasturas, con algunos parches pequeños de cultivos agrícolas y bosque. Las fincas ganaderas aún mantienen alguna cobertura arbórea con árboles dispersos, generalmente en densidades bajas de 16,2 árboles/ha, en cercas vivas aisladas y en pequeños parches de bosque < 5 ha (López *et al.* 2004).

De otra parte, los suelos en Rivas, están formados sobre materiales de origen marino de la era terciaria joven, principalmente al complejo de Rivas. Estos materiales parentales consisten en arena y arcillas de espesor variable, con pocas intercalaciones volcánicas. Los suelos son provisionalmente clasificados como Haplusterts / Calciusterts. En la parte central plana del abanico aluvial presenta suelos vérticos, mólicos, Calciustolls o Haplustolls en la parte de las lomas y Calciustepts o Haplustepts en las pendientes escarpadas con leve erosión. (Buurman y Hoosbeek 2009).

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Cambio climático

El cambio en el clima ocurre porque la variabilidad climática natural que incluye eventos periódicos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas que alteran los patrones de ocurrencias de amenazas meteorológicas. Los impactos de estas alteraciones ya son conocidos, pero se considera que los impactos mayores serán en el largo plazo y estarían relacionados directamente con la disponibilidad del recurso de agua, la seguridad alimentaria y el aumento en el nivel del mar. Esto constituye una seria amenaza para pobladores a nivel mundial (Sepúlveda y Ibrahim 2009). Para los próximos años, se prevé una degradación de los medios de vida especialmente de las comunidades pobres, que son las más afectadas y vulnerables debido a que son las que tienen menos capacidad de respuesta a estos eventos (Sepúlveda y Ibrahim 2009).

2.2 Características nutricionales generales

Un árbol es forrajero si tiene ventajas de tipo nutricional, de producción y de versatilidad agronómica como la adaptación al sitio, especie rustica y de fácil establecimiento, En tal sentido, para considerar a un árbol como potencial forrajero, su contenido de nutrientes y el consumo debe ser adecuados para esperar cambios en los parámetros de respuesta animal, la especie debe ser tolerante a la poda o ramoneo y debe producir niveles significativos de biomasa comestible por unidad de área (Benavides 1994c).

Donde el valor nutritivo incluyen entre otras variables, la materia seca (MS) proteína cruda (PC), energía neta (EN), fibra detergente ácida (FDA), fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), minerales (Nrc. 1984), Digestibilidad de materia seca (DMS), Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), (Tilley y Terry 1963).

Las especies forrajeras se clasifican en cuatro categorías basadas en la selectividad y nivel de preferencia: I) Las especies altamente seleccionadas son muy palatables, lo cual se evidencia porque su contribución a la dieta supera a la encontrada en la biomasa disponible; II) Las especies medianamente apetecibles; III) Las especies neutras que son aquellas que dan volumen a la dieta con mayor aporte proporcional; IV) Las especies rechazadas, las cuales son consumidas en períodos críticos por escases de alimento o muy baja calidad, o son consumidos al mezclarse con especies más palatables (Velazquez 2005).

Sin embargo, Lyons *et al.* (2001a) sugiere que la calidad nutricional depende del tipo de planta, parte de la planta, edad, época de crecimiento, clima, suelo, sitio, carga animal y compuestos antinutricionales. Algunas de las especies con sabor menos agradable pueden ser al final las más sabrosas de la escala. El hecho de que las especies leñosas presenten una cantidad aceptable de proteína cruda (PC), moderados niveles de fracciones de fibra, bajo contenido de taninos condensados (TC) y valores de degradación aceptables, hacen que el uso de estas especies en la ganadería sea promisorio, algunas leñosas como *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata* y *Gliricidia sepium* sobresalieron por su importancia nutricional en México, donde se consideró este aspecto (Pinto *et al.* 2010).

En el mismo sentido, la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) desarrollada por (Van Soest 1994), es considerado un estándar esencial para la caracterización de forrajes. Una alta concentración de FDA en forrajes se asocia con una baja digestibilidad ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se asocia con un menor consumo de alimento. (Cobos *et al.* 1999) , sugiere que en el caso de las plantas tropicales, el contenido de FDN y FDA se incrementa con la presencia de tallos, por lo que se puede estimar que afectan en forma negativa tanto el consumo como la digestibilidad de la planta.

Desde el punto de vista de rasgos nutricionales, el contenido celular de las plantas incluye la proteína cruda (ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados), azúcares, almidón y lípidos. La pared celular, está formada por material menos digestible (fibra), el cual consta de hemicelulosa, celulosa y la porción menos digestible (lignina). Estas partes se usan en fracciones conocidas como Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD) (Lyons *et al.* 2001a). También se considera que los taninos forman complejos con macromoléculas, principalmente con proteínas y disminuyen su disponibilidad. De igual manera disminuyen la disponibilidad de nutrientes para el animal y la productividad de los mismos al reducir la actividad de las diversas enzimas, además se sabe que tienen efectos post-absortivo (Makkar, 1993).

En pasturas con composición botánica diversa, como es el caso de pasturas naturales y naturalizadas, es fundamental el conocimiento de las especies leñosas forrajeras presentes en la pastura, en virtud que estas constituyen parte de la dieta para el ganado, dicha composición varía en las pasturas por los regímenes de pastoreo. (Velasquez *et al.* 2009).

Algunas investigaciones desarrolladas en sistemas silvopastoriles, han cubierto aspectos muy diversos que van desde la identificación y caracterización de los sistemas predominantes, con énfasis en el papel de las especies leñosas forrajeras en dichos sistemas, la evaluación de la calidad nutritiva de las especies arbóreas y arbustivas de uso más frecuente tanto en términos de nutrimentos, digestibilidad y consumo, así como en la presencia de metabolitos secundarios, que podrían afectar su utilización en los animales (Benavides 1994b; Pezo y Ibrahim 1996). Las leguminosas, especies no-leguminosas y otras C3, usualmente

mantienen alta calidad nutricional con el avance de la edad. Las leguminosas generalmente tienen más contenido de células mesófilas que las gramíneas, la estructura cambia dependiendo de la parte de la planta, de igual forma, el estado de crecimiento y los factores de manejo. Las diferencias en la estructura (estructura anatómica, procesos fotosintéticos, relación de haces vasculares por unidad de área y el grosor de las láminas vasculares) son las que hacen que los forrajes tengan un alto o bajo rango de digestibilidad. Las partes tiernas tienen mayor digestibilidad y son mejor consumidas por los animales; sin embargo la digestibilidad de la materia seca (DMS) y la proteína de hojas y tallos disminuyen con el avance de la edad (Ibrahim 2009).

2.3 Rasgos funcionales relacionados con la nutrición

Muchos estudios han sugerido que los rasgos morfológicos y fisiológicos de las especies de árboles de zonas tropicales secas varían con el hábito de la hoja (es decir, las hojas de especies perennes, de hojas caducas o semi-caducifolios) y por lo tanto esta característica puede servir como un instrumento útil para distinguir los tipos funcionales ecológicamente válidos (Powers y Tiffin 2010), rasgos que se deben tener en cuenta para otros estudios.

De esta manera, las clasificaciones de rasgos funcionales se consideran como una herramienta de seguimiento en los patrones de distribución de las especies vegetales y los procesos del ecosistema. Estas agrupaciones funcionales fueron diseñadas por primera vez para agrupar las plantas a priori, basado en el conocimiento de su función, o en base a observar correlaciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, la reproducción o de las características demográficas (Díaz *et al.* 2007).

Cuadro 1. Asociación de algunos rasgos funcionales de las plantas y condiciones ambientales o de disturbio a nivel de ecosistemas.

Rasgos funcionales de las plantas	Respuesta a los recursos del suelo	Respuestas al régimen de disturbios	Habilidad competitiva	Mecanismos defensa/protección
En la planta completa:				
Forma de crecimiento	X	x	x	x
Forma de vida	X	x	x	
Altura de la planta	X	x	x	x
Clonalidad	X		x	
Espinosidad			x	x
En la hoja:				
Área específica	X		x	x
Tamaño de la hoja	X		x	x
Contenido de materia seca	X	x		x
Concentración de N y P	X		x	x
Longevidad	X	x	x	x
Fenología		x	x	
En el tallo:				
Densidad específica		x		x
De raíz (bajo el suelo):				
Longitud específica	X		x	x
Profundidad de raíces	X	x	x	

Adaptado de Cornelissen *et al.* (2003)

Es así, como la variación inter-específica del tamaño de las hojas ha sido relacionada con variables climáticas, con geología, altitud y/o latitud. De este modo, el estrés por calor, frío, sequía y radiación alta, tienden a seleccionar hojas relativamente pequeñas (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005).

En este sentido, la variación en el tamaño de la hoja puede estar relacionado también a factores alométricos (tamaño de la planta, tamaño de las ramas, anatomía y arquitectura), y estrategias ecológicas respecto a los disturbios y estrés de nutrientes en el medio ambiente dentro de una zona climática, mientras que los factores filogenéticos pueden también jugar un rol importante (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005).

En muchos casos, el área específica de la hoja (specific leaf area –SLA), de una especie está relacionada en forma positiva con su rango de crecimiento potencial relativo y rango fotosintético máximo basado en la masa foliar (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005). Como una medida para la densidad de tejidos, el rasgo de contenido de materia seca de la hoja (leaf dry matter content –LDMC) se considera como una densidad de tejidos que juega un papel central en la utilización de nutrientes de una especie, determinando el índice del volumen de biomasa (por ejemplo), la baja densidad de tejidos de una planta está asociada con un alto índice de crecimiento) (Knevel *et al.* 2005).

La altura de la copa está asociada con el vigor competitivo de la planta; La fecundidad de la planta entera con el tiempo de regeneración luego de alteraciones; Entre la altura de la copa y la tolerancia. El efecto del estrés ambiental, se generan importantes equilibrios y adaptaciones. La altura de la copa tiende a correlacionarse alométricamente con otros rasgos de tamaño, tales como biomasa superficial, profundidad de raíces, tamaño y ancho lateral de las hojas (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005).

La variación inter-específica en longevidad foliar refleja la variación en la capacidad de conservación de nutrientes entre las especies leñosas y se considera que se asocia con la disponibilidad de nutrientes en el hábitat característico. La defoliación interfiere sobre la conservación de nutrientes en hojas de larga vida. La variación en la vida de la hoja se mide en comparación con los rasgos de la hoja; la disponibilidad de nutrientes sobre la ocurrencia a lo largo de perturbaciones de las plantas, y las tasas de crecimiento relativo de las especies (Ryser y Urbas 2000).

Un estudio realizado en Cuba con *Leucaena leucocephala* cultivada en bancos de proteína con fertilización de fósforo y potasio, determinaron el área foliar (AF) tomando un total de 96 muestras al azar de rebrote de hojas representativas en diferentes estados vegetativo (de la tercera semana hasta la 12) durante la estación lluviosa, encontrando valores mínimos de 19714 mm² y máximos de 51903 mm² (Del Pozo y Alvarez 2001).

Del Pozo (1998), considera que el área foliar específica ($\text{mm}^2/\text{g MS}$) en la estación de seca mostró los valores más altos, lo cual puede considerarse una respuesta fisiológica para compensar los bajos valores de fotosíntesis neta relacionado con una reducción en el número de hojas en las plantas como consecuencia de los valores más bajos por la radiación que se presentan comúnmente en esta época del año. Bajo estas condiciones las plantas desarrollan sus hojas menos gruesas y con un área foliar superior, con el propósito de incrementar su capacidad intersección de la luz y a su vez reducir su tasa de respiración (Sanderson *et al.* 1997).

Algunas especies no leguminosas han mostrado elevados contenidos nutricionales, su alta concentración de proteína y su rápida degradación en el rumen sugieren su inclusión en dietas de baja calidad, ya que podrían mejorar la utilización eficiente de las mismas y mantener niveles adecuados de producción. Leguminosas como *Calliandra calothyrsus* presenta una baja degradabilidad ruminal. Este aspecto ha sido asociado con su elevada concentración de taninos condensados (Cobos *et al.* 1999).

La combinación de especies leguminosas y no leguminosas, en la suplementación de rumiantes en el trópico, deberá continuarse evaluando en programas estratégicos de alimentación, tratando de aprovechar el potencial de las no leguminosas para proveer nutrientes a los microorganismos ruminales y el de las leguminosas, principalmente las que presentan elevados niveles de taninos, como fuentes potenciales de nutrientes sobrepasantes (Stewart 2003).

En otro sentido, Stewart (2003) encontró que los niveles de taninos condensados, variaron desde 3.8% a 11.1% en hojas liofilizadas de diferentes procedencias de *Calliandra calothyrsus* y la variación en la digestibilidad del nitrógeno de hojas frescas varió desde 24.5% hasta 79.8%. Estas cifras también indican el grado nutricional que puede alcanzarse simplemente por selección de material genético de buena calidad.

Verheyden *et al.* (2008), sugiere que el consumo de forrajes con taninos observado en herbívoros en la época de verano, fue una consecuencia de la selección de forrajes ricos en azúcares solubles, estos mismos forrajes en invierno también contenían una gran proporción de rasgos fibrosos (FDN). Lo anterior indica que los herbívoros orientan su alimentación hacia fibras digestibles (Verheyden *et al.* 2008). El cambio de la dieta de los herbívoros está relacionada con un cambio en la disponibilidad de nutrientes, principalmente azúcares solubles (Verheyden *et al.* 2008).

De este modo, se considera que en las plantas se producen varios compuestos químicos después de los estadios iniciales de la fotosíntesis. Los compuestos “anti-nutricionales”, son químicamente complejos y sirven como mecanismos de defensa para las plantas contra insectos, herbivoría y medios ambientales adversos. La lignina también provee una estructura fuerte que reduce el marchitamiento en las plantas y actúa como defensa para evitar ser consumidas (Lyons *et al.* 2001a).

La mayoría de los estudios para medir variación en especies agroforestales se concentran en mediciones de crecimiento y producción en ensayos de campo. Además de las producciones de biomasa, los ensayos de campo frecuentemente incluyen la evaluación de otras características agronómicas importantes como hábito (biomasa entre madera y hoja, formas de ramificación), respuestas a corte repetido, tolerancias ambientales (por ejemplo a suelos ácidos, sequía o salinidad) y estacionalidad de la producción de forraje (Stewart 2003).

Si bien, todas estas características son importantes en el desarrollo de suministros constantes y sostenibles de forraje, no son los únicos. El valor nutritivo del forraje, como lo determinan su composición química y características físicas, son también de principal importancia. La evaluación de la calidad, ya sea en el laboratorio o en ensayos de alimentación, es mucho más compleja, costosa y más demorada que las mediciones agronómicas, lo cual quizás explica por qué los estudios de especies de árboles forrajeros se basa en criterios de producción a pesar de la importancia potencial de la variación en los rasgos o niveles de calidad nutricional (Stewart 2003; Stewart y Dunsdon 2003).

La extensión y el patrón de la variación genética dentro de una especie debería ser una consideración central en la evaluación de árboles forrajeros. La variación de un rasgo puede darse a través de una amplia variedad de características específicas de la especie. Existe un gran ámbito para el mejoramiento de muchos aspectos de las características agronómicas y nutritivas de los árboles. La diversidad de rasgos funcionales en este contexto debería evaluarse en términos de los rasgos de interés directo de los productores (Stewart 2003).

En otro sentido, la presencia de metabolitos secundarios como las saponinas en el caso de *Pithecelobium spp*, disminuye la población de protozoarios ciliados en ovinos hasta en un 80 por ciento, en menos de una semana al consumir el 80% de su dieta con follaje de este árbol, lo cual mejora en forma sustancial la digestibilidad *in vitro* de nitrógeno en estos animales,.(Cobos *et al.* 2001; Navas 2007).

De este modo se puede considerar que las hojas con rasgo nutricional mayor son preferidas por herbívoros tanto en el pastoreo como en experimentos de cafetería, por tanto, esta relación entre el pastoreo y el consumo de cafetería y la calidad de las hojas se pudo observar cuando los herbívoros generalistas y plantas de alta accesibilidad fueron considerados en su dieta (Perez-Harguindeguy *et al.* 2003).

Muchos de estos rasgos “anti-nutricionales”, son venenosos. Sin embargo, algunos tipos de taninos que se encuentran en herbáceas y hojas de plantas leñosas puede tener beneficios nutricionales para los rumiantes (Lyons *et al.* 2001a). El concepto de taninos anti-nutricionales, nocivos y/o tóxicos para los rumiantes es común. Sin embargo, los taninos también pueden tener efectos beneficiosos sobre la fisiología de los rumiantes, la producción y la salud. Aunque muchas plantas con altos niveles de taninos producen efectos negativos y requieren de tratamientos, otros son muy útiles como alimentos para animales. Nuestra capacidad para predecir si el tanino que contienen los alimentos ofrecen efectos positivos o negativos dependerá de la investigación (Mueller-Harvey 2006).

Las plantas han co-evolucionado con las poblaciones de depredadores de bacterias, insectos, hongos y animales de pastoreo, y han desarrollado mecanismos de defensa que ayuda a su supervivencia. Los árboles de leguminosas y arbustos a menudo tienen espinas, hojas fibrosas y hábitos de crecimiento que protegen la copa del árbol de la defoliación. Muchas plantas también producen sustancias químicas que no están directamente involucrados en el proceso de crecimiento de las plantas (compuestos secundarios), sino que actúan como elementos disuasorios para los insectos y el moho. Estos compuestos también afectan a los animales (incluyendo humanos) y el valor nutritivo de los forrajes. Las micotoxinas (metabolitos fúngicos) producidas por hongos saprófitos y endófitos son también una fuente potencial de toxinas en los forrajes (Norton 1994).

Los efectos de los metabolitos secundarios y micotoxinas varían con las especies animales. Animales no rumiantes (por ejemplo, cerdos, aves de corral y caballos) son generalmente más susceptibles a la toxicidad mientras que los rumiantes tienen la capacidad para desnaturalizar las toxinas potenciales en el rumen (Norton 1994).

2.4 Preferencia de forrajes

Existe un número determinado de factores que influyen en la identificación de cuál de las plantas se comen y cuánto se come un bovino. Esta situación hace que sea difícil relacionar directamente las características del forraje disponible para la dieta seleccionada por un animal en pastoreo (Lyons y Machen 2000).

Los experimentos de preferencia con método de cafetería en pastoreo tienen varias y obvias limitaciones para derivar predicciones sobre los efectos de la herbivoría (Pollock *et al.* 2007). Las características funcionales de las plantas jóvenes cultivadas en condiciones controladas no reflejan el mismo comportamiento que las plantas adultas encontradas en potreros, ya que pueden alterar las preferencias de los herbívoros en experimentos de cafetería (Lloyd *et al.* 2010b).

Dentro de este patrón general y en términos de proporción de los rebrotes de follaje, existen marcadas diferencias en selección y preferencia entre las especies herbívoras por especies forrajeras frondosas. Mientras que los herbívoros seleccionan las especies arbóreas por su estructura, los rasgos químicos de las plantas han tenido menor impacto (Pollock *et al.* 2007).

Una teoría sugiere que los animales en pastoreo poseen sabiduría nutricional, lo que significa que deliberadamente o instintivamente seleccionan y prefieren forrajes en función del contenido de proteína, energía y otros nutrientes. Parece no haber evidencia científica que apoye esta teoría (Lyons y Machen 2000). Sin embargo, (Lloyd *et al.* 2010b) afirma que la selectividad de la herbivoría de ciervos de montaña en pastizales subalpinos de Nueva Zelanda ha sido frecuentemente atribuido a los niveles de nutrientes foliares. Los autores relacionan un mayor contenido de nitrógeno en hierbas de hojas grandes. Esto se podría considerar válido también para los bovinos.

En un estudio de cafetería con poblaciones de herbívoros, probaron alimentos granulados con contenidos adicionales de fructosa, cloruro de sodio (NaCl), ácido cítrico y taninos. A pesar de la separación geográfica, los herbívoros mostraron los mismos patrones de alimentación. Los pellets con altos contenidos de energía eran los más preferidos. Al eliminar los pellets, la fructosa (como indicador energético) asumió el rango de mayor preferencia (Parsons *et al.* 2006). El mismo estudio confirma la tendencia de los herbívoros para seleccionar los alimentos con sabores asociados con altos contenidos nutricionales (Parsons *et al.* 2006; Lloyd *et al.* 2010b). Alimentos con altos contenidos de taninos y NaCl fueron consumidos rara vez (Parsons *et al.* 2006).

Adicionalmente, se estima que a pesar de existir diferentes estudios de comportamiento animal no se ha mostrado claramente cómo funciona la conexión del cerebro con componentes químicos que regulan la cantidad de forraje consumido por rumiantes pastoreando y/o ramoneando, pero sí, que los bovinos al consumir forrajes con toxinas pueden detectarlas entre 4 y 12 horas después de consumido. Por tanto, parece ser que los principales factores que regulan el consumo de forraje de los rumiantes son la capacidad ruminal y la velocidad de paso por el rumen (Lyons y Machen 2000).

De otro lado, el ganado vacuno posee boca ancha y labios superiores inflexibles, así sus bocados de forraje son grandes, limitando su capacidad de selección, obteniéndose así baja selectividad, incluso, el ganado llega a consumir material vegetal muerto del alimento seleccionado. A diferencia de otros rumiantes como la oveja, la cabra y el venado, que poseen bocas más estrechas y labios más flexibles, que les permite una más alta capacidad de selección. Estas estructuras anatómicas y forma de ingestión hacen que sea más difícil para los bovinos el seleccionar hojas de plantas leñosas (ramonear) (Lyons y Machen 2000).

Mientras que el número y tamaño de bocado en ovejas parece no tener mayor importancia, ya que en un estudio durante el mes de enero en Nueva Zelanda, la tasa de bocados en una pradera con especies forrajeras que presentaron taninos condensados (TC) fue mayor que en praderas de menor porcentaje de TC (64 frente a 61 ± 1) bocados/minuto, $P < 0,05$) (Montossi *et al.* 1997). El alto número de bocados es explicado por la mayor selectividad de los ovinos facilitada por su estructura anatómica con bocados de menor tamaño comparado con bovinos (Lyons y Machen 2000).

En este sentido, el ganado bovino puede mejorar la calidad de su dieta teniendo mordeduras o bocados de forraje de menor tamaño. El tamaño de mordida lo restringe al seleccionar pequeñas cantidades de vegetación que se mezclan con forraje seco, esto significa que grandes rumiantes debe comer más lentamente que los pequeños rumiantes para evitar el material seco no deseado. Por esta razón, los grandes rumiantes pasan más tiempo comiendo, mientras que los pequeños rumiantes requieren menor cantidad de alimentos y pueden ser más selectivos y pasar más tiempo en búsqueda de dietas de alta calidad (Lyons y Machen 2000).

Es así, como los pastos con alturas similares, pero con diferentes cantidades de hojas y estados fenológicos, son consumidos por los animales a ritmos diferentes y con diferentes tamaños de mordida (Lyons y Machen 2000). Las gramíneas con hojas de láminas largas, después de la defoliación no muestran diferencias respecto al tipo de pastura, esto puede ser explicado porque el animal puede obtener un bocado normal de acuerdo a la densidad de la pradera (Stobbs 1973; López *et al.* 2003).

De esta forma es que se estima que a nivel de pastoreo, los periodos largos de animales pastoreando indican dificultad en la satisfacción de las necesidades nutritivas, estas han sido registradas en vacas en pastoreo de pastos tropicales, incluso cuando habían grandes cantidades de forrajes disponibles (Stobbs 1973). En este sentido, se considera que la selectividad, preferencia y consumo de forraje de animales en pastoreo y ramoneo se verían modificados y afectados en la medida que disminuya la disponibilidad de forraje cuando se analiza por varios días.

En estudios desarrollados en cinco zonas de pastizales de montaña en México, encontraron que la cobertura de arbustos jóvenes de *Acacia denticulata* fue considerable en los tres primeros pastizales de montaña; sin embargo, el número medio de bocados en la zona 1 fue superior al de las zonas 3 y 4, donde la presencia de otras arbustivas explica este comportamiento. La mayor preferencia por la especie *Acacia pennatula* ocurrió en el mes de octubre cuando florece. Similar evolución en las preferencias se observó para el huisache (*Acacia farnesiana*). Es probable que en octubre, debido al inicio del periodo de fructificación, su apetecibilidad se incrementa considerablemente (Franco *et al.* 2008).

2.5 Las leñosas en los sistemas ganaderos

La introducción de árboles en un sistema de producción de forrajes puede contribuir a establecer sistemas ganaderos más diversos y que provean servicios múltiples. En muchos casos se puede incrementar la productividad forrajera y/o atenuar efectos de estrés climático sobre las plantas y animales, evitan a su vez la degradación del suelo, proporcionando hábitat para una amplia variedad de biodiversidad y generando un aprovechamiento forrajero y recursos alimenticios (Pezo y Ibrahim 1999; Fao 2007).

Zamora et al. (2001), estudió las pasturas predominantes en Boaco Nicaragua, las cuales fueron *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea* fueron las especies más comunes. En Costa Rica, la utilización de árboles forrajeros para alimentación de rumiantes a disminuido el uso de gramíneas rastreras, y se ha observado un sustancial incremento en el tamaño de los hatos y en los niveles de producción de leche por animal (Benavides 1994a). Las características nutricionales y de producción de biomasa de muchas especies leñosas, puede permitir su integración ventajosa en los sistemas de producción animal (Andrade et al. 2008a). En la ganadería, estas especies pueden contribuir a mejorar la demanda de forrajes en épocas de sequía. Por otro lado, en algunos casos el sistema radicular de los árboles es más desarrollado que el de las forrajeras rastreras, por lo que estas plantas podrían constituir un medio para promover el movimiento de nutrientes desde las capas inferiores a las capas superiores (Benavides 1994a).

Holmman et al. (2004), reportaron que las especies arbóreas no influyeron significativamente ($P > 0,05$) en la producción anual de forraje de *Hyparrhenia rufa* y *Brachiaria brizantha*. La producción de ambas pasturas no fue influenciada por las especies arbóreas ni por la posición de la copa de los árboles. Sin embargo, los sistemas agroforestales con leñosas pueden jugar un rol importante en la reducción de la pérdida de nutrientes. Pero también, los árboles pueden competir por agua, luz y nutrientes con los pastos, si las especies arbóreas tienen requerimientos nutricionales similares a las pasturas (Pezo y Ibrahim 1999).

Sin embargo, produjo entre 3 y 10 veces más frutos que las otras especies. La calidad de frutos de *Enterolobium cyclocarpum* fue mayor que en no leguminosas. En el mismo sentido, la combinación de especies de árboles podría proveer al ganado, mayores y adicionales recursos forrajeros de alta calidad comparados con el pasto, reduciendo así el uso de alimentos comerciales. Este estudio concluye que la introducción de árboles nativos (incluyendo frutales) en pasturas puede incrementar la producción de pasto y oferta de frutos forrajeros de alta calidad en épocas limitantes para la alimentación del ganado (Andrade et al. 2008b).

Otros estudios han encontrado impactos contrastantes en la producción de forraje de *B. brizantha*, incrementos de 10 a 42% bajo 30% de sombra, y reducción del 35% cuando se establecen en sistemas silvopastoriles con *Eucalyptus deglupta* y *Acacia mangium*). Estos resultados implican un efecto por la interacción de las especies (arbóreas y pasturas) y el porcentaje de sombra sobre la productividad de las pasturas (Andrade *et al.* 2008b).

La inclusión de mezclas de forrajeras potenciales, con diferencias especialmente en las épocas de producción de frutos, podría proveer recursos forrajeros adicionales de mayor valor nutricional que los pastos en las épocas secas. Esto permite que el ganado obtenga y seleccione forraje de alta calidad para contribuir al mantenimiento de su peso corporal durante la época seca, los cuales son períodos críticos de pérdida de peso. La alta calidad nutricional de leñosas evita total o parcialmente, el uso de concentrados, los cuales disminuyen la rentabilidad de los sistemas (Andrade *et al.* 2008b).

Trabajos reportados por (Navas 2007), donde mide el ciclaje de nutrientes en pasturas de *Cynodon nlemfluensis* en monocultivo, y asociadas con especies de árboles leguminosos y no leguminosos, mostraron que en las pasturas asociadas con árboles hubo aportes de nitrógeno, fósforo y potasio al suelo mediante podas, siendo mayores en todos los nutrientes los aportes de la especie leguminosa, además de los incrementos en la producción de pasto en los sistemas asociados a árboles de 1,3 y 3,5 veces más con árboles no leguminosos y leguminosos, respectivamente.

Investigaciones realizadas con especies como *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia* y *Erythrina berteroana*, bajo diferentes densidades y arreglos, soportan ramoneo y se recuperan al tiempo con la pastura asociada. Especies como *Gliricidia sepium*, *Trichantera gigantea* y *Erythrina poeppigiana* no soportan ramoneo y deben ser manejadas bajo sistemas de corte y acarreo (bancos forrajeros, cercas vivas), lo cual puede favorecer el uso del suelo en zonas con pendientes (Navas 2007).

2.6 Calidad forrajera como conocimiento indígena

Los agricultores de escasos recursos en Nepal con un detallado sistema de conocimiento indígena describen el valor nutritivo de los forrajes de árboles utilizados como suplementos para el ganado rumiante, los forrajes de arbustos es particularmente importante como suplemento de nitrógeno, debido a la mala calidad de los residuos de la cosecha durante la estación seca, (Thorne *et al.* 1999). Este forraje puede recolectarse de las zonas forestales o de los árboles cultivados en tierras agrícolas.

Una investigación anteriormente realizada, basada en el conocimiento de los agricultores ha examinado en detalle, dos sistemas de clasificación de árboles forrajeros; posilopan y obanopan. En Nepal, posilo puede ser literalmente traducido como "forrajes nutritivos" para promover la producción de leche, grasa y mantequilla en animales lactantes; El rápido aumento de peso y la salud animal (Thapa *et al.* 1997). El forraje obano, también es valorado por los agricultores y puede ser traducido como "forraje de tierras áridas y caliente" (Rusten y Gold 1991).

Estos investigadores sugieren que el término se refiere a la coherencia entre el forraje de calidad consumido por los animales y el estiércol producido. Sin embargo, los agricultores también señalan que los forrajes obano llenan el animal, y esta situación es altamente aceptable, en particular durante meses más fríos, debido a que lo consumen vorazmente, aunque causando gran estreñimiento si son alimentados en exceso. Los dos sistemas de clasificación son en general, aplicado coherentemente entre los productores, y además, se demuestra que son independientes entre sí (Thapa *et al.* 1997).

Las concentraciones de proteína de los árboles utilizados tradicionalmente en la alimentación de rumiantes presentan niveles proteicos de 12 a 30%, valores altos en comparación con pastos maduros que oscilan entre 3 y 10%. La digestibilidad de estos materiales está muy relacionada con la proporción y grado de lignificación de las paredes celulares (FDN) así como de la presencia de compuestos secundarios, principalmente taninos (Norton 1994).

En el trópico húmedo de Costa Rica, se realizaron estudios de manejo de podas de cercas vivas de poró y madero negro, con el fin de incrementar la producción de forraje. Con podas tres veces por año se produjeron 3500 a 6000 kg MS km⁻¹ año⁻¹, con un nivel de digestibilidad (DIVMS) de 56–65% y proteína (PC) de 20 a 26% (Romero *et al.* 1993). Elementos anti-nutricionales (TC), puede reducir la ingestión y / o la utilización de componentes de la alimentación (micotoxinas, los taninos de alta), o puede mejorar el valor nutritivo de los piensos (taninos bajos, protozoos anti-actividad) (Norton 1994).

Bernal (2003); Pirela (2005), coinciden en que los factores que afectan el valor nutritivo están los que son propios de la planta (especie, edad, morfología, etc.), factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo), factores bióticos (plantas arvenses, plagas y enfermedades) y factores de manejo (selección de la semilla, siembra, manejo, fertilización, enfermedades, frecuencia y altura de pastoreo, carga animal y tiempo de ocupación) que el hombre ejerce sobre la pastura (Lemus De Jesús 2008).

Además, los factores que influyen en la disponibilidad de MS y la calidad de las pasturas fueron el manejo, la carga animal, el sobre pastoreo, la falta de fertilización, las condiciones de sitio, condiciones climáticas y la edad en pasturas naturalizadas. Además, el impacto de la cobertura arbórea de copas livianas sobre la disponibilidad de biomasa forrajera fue mínimo en pasturas mejoradas. El mayor efecto en la reducción de la disponibilidad de forraje se tiene en copas densas (Lemus de Jesús. 2008).

2.7 *Calidad de leche*

La leche se define como el producto de la síntesis de la glándula mamaria, y desde el punto de vista nutritivo es una buena fuente de proteínas, vitaminas y minerales particularmente calcio; como también realiza un interesante aporte de carbohidratos y grasa (Morales y Sol 1999). Es así como (Veisseyre 1980), considera que la leche es una emulsión de materia grasa en una solución acuosa, que contiene numerosos elementos disueltos y otros en estado coloidal. Presenta la propiedad de ser una mezcla física y química, compuesta por agua, grasa, proteínas, azúcares, minerales, vitaminas, enzimas y algunos materiales celulares de la glándula mamaria.

Cuadro 2. Composición de la leche y valor nutritivo

Factor	Mala	Regular	Buena	Excelente
Grasa %	< 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,5	> 3,5
Proteína %	< 2,6	2,6 - 2,8	2,8 - 3,2	> 3,2
Lactosa %	< 4,6	4,6 - 4,9	4,9 - 5,3	> 5,3
Sólidos Totales %	< 11,3	11,3 - 11,8	11,8 - 12,0	> 12,2
Sólidos no grasos %	< 8,0	8,0 - 8,4	8,4 - 8,7	> 8,7
Reductasa (horas)	< 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 5,0	> 5,0
Densidad (g/ml)	< 1,028	1,028 - 1,029	> 1,029	> 1,029
Crioscopia	< 500	520 - 500	530 - 520	530 - 545
Recuento Bact UFC/ml (x1000)	> 300	100 - 300	50 - 100	< 50
CCS/ml en tanque (x1000)	> 400	200 - 400	100 - 200	< 100

Parra et al. (2003); Calderón et al. (2006)

La composición de la leche varía considerablemente con la raza, el estado de lactancia, la alimentación y la época del año, entre otros factores. Aún así, algunas de las relaciones entre los componentes son muy estables y pueden ser utilizados para indicar si ha ocurrido alguna adulteración en la composición de la leche (Veisseyre 1980; Parra *et al.* 2003).

En todos los casos, las vacas de una misma raza no presentan rendimientos lecheros similares, y la leche producida no tiene la misma composición, ya que la aptitud para la producción de mayor o menor cantidad de leche o de leches con valores determinados en su composición, son caracteres que se transmiten por herencia (Veisseyre 1980), también afirma que dentro de cada raza hay una gran variabilidad en cuanto a producción y composición química de la leche, más aún, entre vacas individuales de una misma raza.

La leche se define como el producto de la síntesis de la glándula mamaria y desde el punto de vista nutritivo es una buena fuente de proteína, vitaminas, minerales, particularmente calcio, a demás de un interesante aporte de carbohidratos y grasa (Morales y Sol 1999). Los porcentajes en grasa están en relación inversa con la producción de leche; la depresión en los niveles de grasa en la leche tienen que ver con la disminución de acetato ruminal y descenso del pH del rumen al aumentar consumo de alimentos concentrados (Parra *et al.* 2003).

La grasa láctea es el componente lácteo más variable y fácil de modificar a través de las prácticas de manejo, especialmente mediante la manipulación de dietas, sin embargo (Hazard 1998; Morales y Sol 1999), consideran que la composición de la leche, documentada por autores Estadounidenses, para los principales componentes lácteos es: 3,6% materia grasa, 3,2% proteína y 4,7% lactosa. Así como en Chile, a nivel nacional la escasa información disponible apunta a una composición algo más pobre: $3,11 \pm 0,51\%$ de materia grasa, $3,04 \pm 0,25\%$ de proteína (Morales y Sol 1999). En Venezuela contiene un 87.6% de agua. El resto de los componentes son grasa (3,4%), proteína cruda (3,5%), lactosa (4,6%), cenizas (0,8%). En términos de sólidos no grasos estos ascienden a 8,9% y sólidos totales 12,3% (Hazard 1998).

La fuente de carbohidratos en la dieta, es otro factor a considerar, dado que pueden influir sobre la fermentación en el rumen y consecuentemente sobre el porcentaje de grasa láctea. Por ejemplo la menor o más lenta degradación ruminal del maíz en el rumen en comparación con la cebada podría resultar en la producción de leche con un mayor contenido de grasa. En ese sentido, hoy día se manejan una serie de tratamientos orientados a modificar y mejorar el comportamiento de degradación ruminal para obtener mayor producción y mejor calidad de la leche (Morales y Sol 1999).

Niveles de proteína cruda del forraje menores del 6 a 8% generalmente reducen el consumo. Esta disminución parece estar asociada a una baja actividad microbiana en el rumen, lo que reduce la digestibilidad y aumenta el tiempo que el forraje permanece en el rumen. Con dietas bajas en proteína, la suplementación proteica aumenta el consumo hasta el punto en que la cantidad de suplemento empieza a sustituir el consumo de forraje (Lyons *et al.* 2001b).

Una característica de la calidad composicional de la leche corresponde a la materia grasa, que es sintetizada en la ubre a partir de sus precursores tomados de la sangre circulante. La riqueza en grasa varía según la especie animal y el tipo racial, pero también tiene mucha influencia el tipo de alimentación que se suministre a la vaca y las condiciones ambientales (Parra *et al.* 2003).

2.8 Aportes de las leñosas al suelo

Los árboles fijadores de nitrógeno (generalmente leguminosas), debido a su capacidad de captación de la atmósfera incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo, esto se realiza a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio (Botero y Russo 1997).

Los arbustos y árboles pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente); Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo. (Botero y Russo 1997).

Leucaena leucocephala se incluye dentro de estas especies, a pesar de que su mayor producción y persistencia se logra en suelos bien drenados, profundos, con alta fertilidad natural y suelos neutros. Sin embargo, algunas especies, ecotipos e híbridos experimentales logrados de este género, crecen en una amplia gama de suelos incluyendo los medianamente ácidos, con pH mayor de 5.5 y saturación de aluminio de media a baja (Shelton 2000).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Las tecnologías aplicadas hasta ahora, han contribuido en forma significativa al deterioro y eliminación de la cobertura natural de la tierra con los continuos efectos negativos sobre el ambiente, el suelo y la biodiversidad. La vegetación predominante en las zonas de vida existentes en Rivas, Nicaragua, son de tipo arbóreo, arbustivo y una baja presencia de gramíneas que representan una fuente importante de alimentos para los bovinos en épocas secas.

La estimación de las preferencias por medio de la cuantificación del consumo de forraje para bovinos en pastoreo, representa una dificultad técnica y científica aun no completamente resuelta. Para este efecto, se han realizado pruebas de consumo en diferentes estudios, con diferentes métodos de cafetería bajo observación del comportamiento de los animales y la preferencia de especies forrajeras en pastoreo, especialmente para animales herbívoros, pequeños rumiantes y bovinos. Son pocas las pruebas de cafetería desarrolladas en condiciones controladas, donde estas tenían diferentes especies forrajeras disponibles para consumo ad libitum dentro de las praderas, otras pocas fueron diseñadas para medir el consumo de las especies leñosas dentro de los potreros.

A fin de contribuir a la solución de este problema, se diseñó un estudio que tiene como fin el uso de técnicas de preferencias de leñosas con el método de cafetería para bovinos al usar como estimadores el consumo, tiempo de consumo, número y tamaño de bocados con el fin de identificar las leñosas más preferidas para los bovinos y diseñar con las leñosas, diferentes dietas balanceadas para vacas en estado productivo, que puedan generar incrementos en la producción, al existir la posibilidad de presentarse consumos asociativo.

3.1 Evaluación de leñosas

3.1.1 Identificación de leñosas forrajeras

Basados en la información de especies arbóreas generadas en los proyectos FUNCITree-SILPAS que contiene información de leñosas de una área estudiada de 10 km² en Belén, Rivas, caracterizadas en 102 fincas de tamaños variados, (0,46 - 450 has), donde se identificaron 3258 árboles dispersos en potreros de 72 especies leñosas diferentes. En cercas vivas encontraron 1778 árboles que pertenecen a 71 especies diferentes. Posee información como (especies, altura total, altura de ramas, DAP, densidad de madera etc) de árboles y arbustos en pasturas con arreglos que están asociados a SSP.

Algunas de las especies encontradas en las dos bases de datos se repiten, y para consolidar una sola base de datos, se identificaron las especies coincidentes como una sola y se adicionó a las no coincidentes, con el fin de unificar el número de especies leñosas de las dos bases de datos. De este ejercicio se obtuvo un total de 166 especies (anexo 1), que sirvieron de base para la preselección de 23 leñosas forrajeras presentes en la zona de estudio.

3.1.2 Criterios para la preselección de leñosas

Las especies se clasificaron de acuerdo a la función que cumplen dentro de los sistemas, de esta forma, las especies se puede considerar como grupos dominantes.

Frutales: *Magifera*, *Esondia sp*, *Annona sp*, *Psidium sp*, *Citrus sp* entre otras.

Maderables: *Tabebuia sp*, *Cordia spp*, *Cedrela sp*, *Astronium graveolens*, *Croton Niveus*, *Ficus insípida* entre otros.

Forrajeras (follaje y/o frutos): *Albizia sp*, *Samanea saman*, *Gliricidia Sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata*, *Cordia dentata*, *Pithecellobium Dulce*, *Cassia sp*, *Erythrina Berteroana*, *Bursera Simaruba*, *Acacia Collinsii*, *Leucaena Shannoni*, *Hymenaea Coubaril* entre otras.

Otro grupo de especies arbustivas como *Ricinus sp*, *malvaviscus sp* y *Lantana sp* entre otras.

La preselección de las leñosas se basó en los siguientes criterios: I) Mayor información de leñosas encontradas en fuentes secundarias como forrajeras para la construcción de la matriz de rasgos físicos y nutricionales (cuadro 12); II) Información de conocimiento local sobre usos forrajeros de leñosas en fincas de productores consignada en trabajo de tesis de (Mosquera 2010); III) Especies que presentan mayor disponibilidad de forraje en época seca, esta información fue obtenida de los productores de la zona y confirmada en el estudio de tesis de (Mosquera 2010); IV) Observación de abundancia de las leñosas forrajeras en la zona de Rivas, y datos registrados en la base de datos FUNCITree-SILPAS; V) sugerencias de productores y asesores para la inclusión de las especies *L. leucocephala* y *M. pigra*, las cuales que han mostrado buena adaptación a las condiciones de la zona y buen comportamiento en otros estudios.

A continuación se muestra el cuadro 3 donde se consignan los nombres científicos de las 23 especies preseleccionadas con sus respectivas familias y nombres comunes.

Cuadro 3 Especies leñosas con potencial forrajero para Rivas, Nicaragua

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	MIMOSACEAE	<i>Acacia collinsii</i>	Cornizuelo
2	MIMOSACEAE	<i>Acacia farnesiana</i>	Aromo
3	MIMOSACEAE	<i>Acacia pennatula</i>	Carboncillo
4	MIMOSACEAE	<i>Albizia guachapele</i>	Gavilan – Iguá
5	MIMOSACEAE	<i>Albizia niopoides</i>	Guanacaste blanco
6	MIMOSACEAE	<i>Samanea saman</i>	Genizaro
7	CAESALPINIACEAE	<i>Bauhinia unguolata</i>	Pata de venado
8	MORACEAE	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche, Ramón
9	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Jiñocuabo
10	CAESALPINIACEAE	<i>Cassia grandis</i>	Carao
11	BORAGINACEAE	<i>Cordia dentata</i>	Tiguilote, Uvito
12	BIGNONIACEAE	<i>Crescentia alata</i>	Jícara
13	MIMOSACEAE	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste
14	FABACEAE	<i>Erythrina berteroana</i>	Elequeme
15	FABACEAE	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro
16	STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo
17	CAESALPINIACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol
18	MIMOSACEAE	<i>Leucaena leucocephala*</i>	Leucaena
19	MIMOSACEAE	<i>Leucaena shannonii</i>	Sopa magui
20	MIMOSACEAE	<i>Mimosa pigra*</i>	Zarza, Mimosa
21	MORINGACEAE	<i>Moringa oleifera</i>	Marango
22	MIMOSACEAE	<i>Pithecellobium dulce</i>	Espino de playa
23	ANACARDIACEAE	<i>Spondias mombin</i>	Jobo

Fuente: En línea Flora de Nicaragua <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?projectid=7>

*Especies que no se encuentran en las bases de datos pero fueron sugeridas por productores y asesores.

En el cuadro 4 se muestra el número de individuos de algunas leñosas consideradas como forrajeras, las cuales fueron encontradas en potreros y que se encuentran en la base de datos FUNCITree-SILPAS. El porcentaje fue considerado como la participación de la especie, respecto al total de individuos encontrados en potreros (3258). En este mismo sentido, según esta base de datos, las especies que hacen mayor presencia en el área de estudio son *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *B. simaruba*, *C. dentata*, *E. cyclocarpum*, *G. sepium* y *G. ulmifolia*.

Cuadro 4 Distribución de algunas leñosas forrajeras en las base de datos FUNCITree-SILPAS.

Especie	Número individuos	Porcentaje
<i>A. collinsii</i>	20	0,61
<i>A. farnesiana</i>	82	2,52
<i>A. pennatula</i>	2	0,06
<i>A. guachapele</i>	11	0,34
<i>A. niopoides</i>	86	2,64
<i>S. samam</i>	9	0,28
<i>B. ungulata</i>	5	0,15
<i>B. alicastrum</i>	1	0,03
<i>B. simaruba</i>	77	2,36
<i>C. grandis</i>	22	0,68
<i>C. dentata</i>	262	8,04
<i>C. alata</i>	10	0,31
<i>E. cyclocarpum</i>	64	1,96
<i>G. sepium</i>	358	10,99
<i>G. ulmifolia</i>	650	19,95
<i>H. courbaril</i>	2	0,06
<i>L. channonii</i>	12	0,37
<i>M. oleífera</i>	2	0,06
<i>P. dulce</i>	3	0,09
<i>S. mombin</i>	23	0,71

La información de rasgos físicos y rasgos nutricionales de las especies preseleccionadas (Cuadro 3), es una combinación de datos promedios obtenidos con trabajo de campo y de fuentes secundarias. Con el trabajo de campo se realizó la toma de rasgos físicos (MS, SLA, tensión de la hoja, grosor de la hoja, número de espinas en 20 cm y largo de espinas). La información obtenida en fuentes secundarias corresponde a FDN, FDA, FC, cenizas Ca, P, DIVMS y TC, lo cual será detallado más adelante.

3.2 Determinación de rasgos funcionales físicos

La información fue obtenida de la siguiente manera.

- Materia seca (MS): Fue calculada siguiendo la metodología de (Cornelissen *et al.* 2003), con algunos cambios como la selección de 5 árboles por especie y 5 hojas por árbol. Sin embargo, el peso seco se obtuvo tomando el peso de la hoja al momento de tomar la muestra, posteriormente la hoja fue hidratada de 6 a 8 horas y pesada nuevamente, luego sometida a secado a 60°C por 48 horas para obtener el peso seco de la hoja. Este valor está expresado en porcentaje.

- Area foliar específica (SLA): Fue calculada siguiendo la metodología de (Cornelissen *et al.* 2003), con algunos cambios como la selección de 5 árboles por especie y 5 hojas por árbol. Sin embargo, se efectuó la recolección de las muestras de hojas con pedúnculo para evitar la deshidratación de las hojas, se colocaron en papel húmedo durante 6 a 8 horas para hidratarlas, posteriormente se eliminó el pedúnculo y se procedió a pesarlas en una balanza de precisión (0.01), inmediatamente se realizó la medición y cálculo de área foliar con un escáner con resolución de 600 dpi, dividido por la masa seca de la hoja.
- Tensión de hoja: Para la obtención de esta medida se utilizó un tensiómetro que mide la resistencia al rompimiento de la hoja.
- Grosor de hoja: Se desarrollo la medición del grosor de las hojas, la cual fue tomada con un pie de rey o vernier.
- Número de espinas en 20 cm: Se contaron las espinas que se encontraron en 20 cm lineales en cinco individuos por especies que fueron identificados con espinas.
- Largo de espinas: Las espinas encontradas en los 20 cm fue medida su longitud.

Algunos rasgo como SLA de las especies *A. collinsii*, *A. guachapele*, *B. simaruba*, *C. grandis*, *H. courbaril* y *S. mombin* fueron facilitados por Chávez (s/f). Adicionalmente, se encuentran los rasgos de tensión de la hoja (g) y grosor de la hoja (mm) suministrados por el proyecto FUNCITree/SILPAS, a excepción de las especies *G. ulmifolia* y *S. saman* facilitados por Olivero (s/f).

3.3 Determinación de rasgos funcionales químicos

- Porcentaje de N: Para las especies *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *B. alicastrum*, *C. dentata*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *M. pigra*, *M. oleífera* y *S. saman* fue obtenida mediante muestras desarrolladas en el laboratorio de CATIE. Para las demás especies leñosas se consiguió la información en fuentes secundarias.
- Porcentaje FDN, FDA, Ca, P, DIVMS y TC: fueron obtenidas por medio de fuentes secundarias.

- Cenizas: De igual manera que N, también fue obtenido para las especies antes mencionadas por medio de muestras en el laboratorio de CATIE y para las demás especies se encontró en fuentes secundarias.

3.4 Cálculo de correlación de rasgos funcionales

Los rasgos funcionales fueron evaluados por medio de correlaciones, para lo cual se considera que una correlación nos muestra el grado de asociación que puede existir entre dos rasgos funcionales, estas correlaciones pueden ser positivas o negativas (-1 a 1). Las correlaciones positivas muestran un incremento proporcional de dos rasgos involucrados. Las correlaciones negativas muestran un incremento inversamente proporcional de dos rasgos involucrados.

3.5 Evaluación de leñosas en pruebas de cafetería

3.5.1 Selección de leñosas para el estudio

Se utilizaron los criterios de selección antes descritos para la selección de 10 especies leñosas forrajeras. Las especies leñosas seleccionadas fueron utilizadas para desarrollar pruebas de preferencia por consumo con vacas en estado productivo usando el método de cafetería en pares de leñosas y para determinar índices de calidad nutricional, las cuales son descritas más adelante. El número de leñosas se debe a que la prueba de preferencia por el método de cafetería se vuelve dispendiosa al usar un número mayor.

Además de los criterios de selección antes mencionados, se contó con el conocimiento de los productores de la zona, sobre las principales especies leñosas que, de acuerdo a su experiencia, son consumidas por los rumiantes. Se tuvo también en cuenta algunos resultados de estudios donde se evaluaron estas especies, con resultados interesantes.

Fueron seleccionadas las especies de acuerdo a sus familias con rasgos contrastantes tales como:

Mimosaceae: *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *L. leucocephala*, *M. pigra* y *S. saman*.

Fabaceae: *G. sepium*

Moraceae: *B. alicastrum*

Moringaceae: *M. oleífera*

Boraginaceae: *C. dentata*

Sterculiaceae: *G. ulmifolia*

Además de lo anterior, dentro del grupo de especies, existen diferencias funcionales nutricionales, físicas y fenológicas que muestran la variabilidad entre las leñosas.

Leguminosas sin espinas: *A. niopoides*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *M. oleífera* y *S. saman*.

Leguminosas con espinas: *A. farnesiana*, *M. pigra*.

Leñosas no leguminosas: *B. alicastrum*, *C. dentata* y *G. ulmifolia*.

3.5.2 Infraestructura para la prueba de preferencia

La prueba se hizo en la finca Santa Gertrudis de propiedad de Marcial Corrales en la Comarca de Cantimplora, Municipio de Belén, Rivas. Se usó la infraestructura de los comederos construidos en cemento y corrales en madera disponibles. El sistema productivo en la finca es carne, leche y producción de crías, en este sistema la producción de leche no es lo más importante. En este sentido, los animales corresponden a cruces raciales predominantes de la raza cebú, los cuales son manejados generalmente en pastoreo rotacional, donde predominan pastos naturales y naturalizados como *Hyparrhenia rufa*, *Cynodon sp* y *Angleton climacuna*, pastos introducidos como *Panicum maximun cv mombasa* y *Brachiaria brizantha*. Durante la época seca, cuando escasean los forrajes, suplementan la alimentación de los bovinos con el corte de ramas de árboles forrajeros, silo de maíz, heno y melaza.

3.5.3 Pre-prueba para el estudio de preferencia de las leñosas

Con el objetivo de ajustar la metodología de la prueba de preferencia se efectuó una pre-prueba tres días previos a la prueba, que consistió en desarrollar la metodología con los siguientes pasos:

- Suministro de forraje en atados de diferentes cantidades de forraje (1, 2 y 3 kg)
- Uso de animales en diferentes estados fisiológicos - novillas, vacas horras y de ordeño

- Orden de entrada de los animales en forma grupal e individual.
- Medición de tiempos de consumo (3 y 5 minutos por evento)
- Formas de agrupar y suministrar los forrajes (individual, pares y de tres atados)
- Ubicación y alturas de los forrajes en la prueba (el piso del comedero, a 120 cm y 150 cm)
- La posición en que se colocaron los atados del forraje fue en forma vertical (follaje hacia arriba y hacia abajo)

De esta pre-prueba se obtuvo como resultado lo siguiente:

- I) Para esta prueba es suficiente suministrar un kg de forraje de cada leñosa para tres minutos.
- II) Manejar cantidades mayores de un kg de forraje dificulta el manejo por el volumen, especialmente cuando se involucran especies espinas.
- III) Metodológicamente es mejor manejar vacas de ordeño debido a que están acostumbradas al manejo y son menos nerviosas que las novillas.
- IV) Entrar las vacas a la prueba en forma individual facilita la logística y los tiempos antes y después de cada evento, permitiendo tomar toda la información requerida.
- V) Los animales buscaron primero el follaje amarrado en forma vertical hacia arriba, a una altura entre 120 a 150 cm.
- VI) La posición del follaje hacia arriba mostró influencia en la preferencia para la prueba, pero la fuerza ejercida por el animal hace que se caiga con facilidad o se partan y desprendan las ramitas. Debido a lo anterior y por razones operativas se optó por usar en la prueba la posición del follaje hacia abajo porque presenta mejor estabilidad.

3.5.4 Selección de los animales

Se seleccionaron cinco (5) vacas de ordeño de la raza cebú que estaban en el mismo estado fisiológico, con lactancias entre 3 a 4 meses, pesos que oscilan entre 390 y 410 kg, buen estado sanitario y edades similares. Las vacas permanecían en pastoreo todo el tiempo con el resto de animales y después de la hora de ordeño (5:00 a 7:00 am) se les suministró heno y agua a voluntad.

3.5.5 Acostumbramiento de los animales para la prueba

Durante tres días previos a la prueba se cosechó, acarrió y suministró en horas de la mañana, 8 kg de forraje verde y fresco de las especies seleccionadas, con el fin de acostumbrar a los animales a la presencia y forma de suministro de forraje. Los animales se dejaron todos los días con alimento y agua disponible antes y después de cada prueba.

3.5.6 Recolección de forraje para la prueba de preferencia

Para la recolección del forraje verde se seleccionaron de 10 a 12 árboles por especie, tomando algunos criterios de selección como árboles sanos, altura y DAP similares buscando homogeneidad en el forraje. En horas de la mañana (5:30 a 7:30 am) se recolectó un total de diez (10) kg diarios de forraje de las ramas más bajas de las leñosas seleccionadas, con diámetros delgados ≤ 1 cm, simulando ramoneo de los bovinos durante todos los días que duró la prueba. El forraje colectado debía corresponder con las combinaciones que se presentarían en las pruebas de cada día, según el cuadro 5. En la figura 2, muestra los puntos de ubicación y distribución de los diferentes individuos de árboles por especie en el área de estudio.

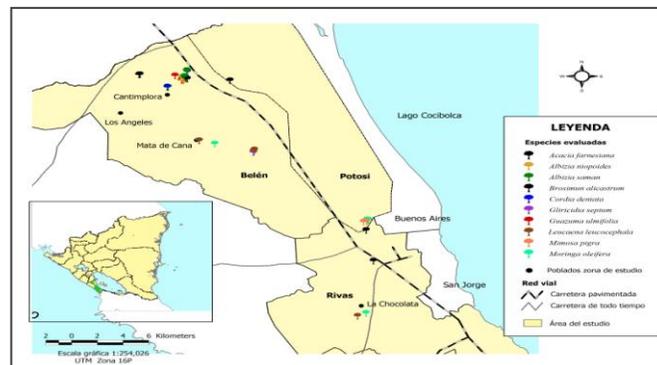


Figura 2. Ubicación de especies leñosas forrajeras seleccionadas

3.5.7 Diseño de combinación de leñosas para la prueba de preferencia

Fueron combinadas entre sí las diez leñosas seleccionadas, para lo cual se utilizó un diseño de combinación de a pares de leñosas entre sí. Esta consistió en la asignación de 45 combinaciones por vaca que fueron aplicadas durante nueve (9) días (cuadro 5). Cada combinación de forraje de las leñosas se desarrollo como una prueba o evento que se suministró a cada vaca durante tres (3) minutos.

Cuadro 5. Combinaciones por vaca para la prueba de preferencia

Especie	G. ulmifolia	G. sepium	M. pigra	B. alicastrum	A. farnesiana	L. leucocephala	S. saman	C. dentata	M. oleifera	A. niopoides	Combinación
<i>G. ulmifolia</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		9
<i>G. sepium</i>		10	11	12	13	14	15	16	17		8
<i>M. pigra</i>			18	19	20	21	22	23	24		7
<i>B. alicastrum</i>				25	26	27	28	29	30		6
<i>A. farnesiana</i>					31	32	33	34	35		5
<i>L. leucocephala</i>						36	37	38	39		4
<i>S. saman</i>							40	41	42		3
<i>C. dentata</i>								43	44		2
<i>M. oleifera</i>									45		1
<i>A. niopoides</i>											-
Total											45

3.5.8 Diseño de aleatorización de leñosas para la prueba de preferencia

Las combinaciones que se observan en el cuadro 5, fueron aleatorizadas usando las herramientas de Excel. Para este efecto se colocaron los números de las combinaciones en forma ascendente de 1 a 45, en el mismo orden y frente a cada combinación se colocó un número aleatorio obtenido desde el programa de Excel, el cual correspondió al orden de ubicación de las 45 combinaciones y al día en que se presentaría dicha combinación, tal como aparece en el cuadro 6. El anexo 2 muestra las combinaciones con los nombres de las leñosas.

Cuadro 6. Combinaciones aleatorizadas de especies forrajeras para prueba de preferencias

<i>Día</i>	<i>combinaciones de especies</i>					<i>vacas</i>	<i>T. combinac</i>
1	41	36	42	23	6	5	25
2	1	20	35	32	44	5	25
3	37	19	7	25	13	5	25
4	18	26	21	16	45	5	25
5	43	5	29	40	12	5	25
6	11	15	3	38	31	5	25
7	24	34	10	39	33	5	25
8	2	30	28	17	8	5	25
9	14	9	22	27	4	5	25

3.5.9 Colocación del forraje y desarrollo de la prueba

La prueba de preferencia o evento realizado durante tres minutos, se diseñó con el propósito de evaluar las preferencias de las vacas por las diferentes leñosas, para lo cual se consideró lo siguiente:



Fuente: Nelson Pérez Almario

- Teniendo en cuenta los resultados de la pre-prueba, se pesó un (1) kg de forraje verde y fresco de ramas delgadas con un diámetro ≤ 1 cm de cada leñosa y fueron pesados en una balanza de precisión 0,01.
- Antes de iniciar cada prueba, se tomó una muestra de forraje verde de 300 g de cada especie ofrecida en la combinación y la totalidad del forraje rechazado. Estas muestras se empacaron en bolsas de papel craft debidamente rotulado.
- Las muestras empacadas se colocaron en un lugar seco, fresco y bajo sombra, con el fin de conservarlas en buen estado mientras se llevaban al laboratorio para obtener el peso seco de los materiales forrajeros a una temperatura de 60 °C por 48 horas.

- El forraje verde para la prueba se amarró en atados con fibra de polipropileno y se suministró en pares de leñosas a cada vaca.
- Se ofreció el forraje a una altura de 130 cm, firmemente amarrados y colgados con su follaje hacia abajo.
- El orden de entrada de las vacas a la prueba fue aleatorizada cada día.
- Cada vaca entró a la prueba en forma individual y recibió cinco combinaciones de pares de leñosas por día.
- Las combinaciones de las leñosas fueron suministradas a la vaca en forma secuencial e independiente y controladas durante tres minutos.
- Inmediatamente finalizado el tiempo y también la prueba o evento se procedió a pesar el forraje rechazado,
- Se tomó un tiempo prudente para el pesaje de forrajes, la organización y alistamiento de los materiales de la nueva prueba, para lo que se consideró que el tiempo transcurrido entre la finalización de una prueba e inicio de la siguiente fue de dos minutos.
- Y el tiempo transcurrido entre la salida de una vaca de las pruebas y la entrada de la siguiente vaca se consideró un tiempo prudencial de 5 minutos.

3.5.10 Variables medidas en las pruebas de preferencia

En cada prueba de preferencia o evento realizado en los tres minutos, se midieron las variables siguientes:

- ✓ Preferencia de forraje por consumo: Cada par de leñosas combinadas se sometió a consumo por cada vaca durante 3 minutos, al final de este periodo se registró el nuevo peso (gMS) para determinar el consumo por diferencia entre peso inicial y final o rechazado.
- ✓ Número de bocados de las vacas en cada leñosa: Se contaron los bocados que realizó la vaca en cada una de las leñosas durante los 3 minutos.
- ✓ Tiempo efectivo de consumo de forraje: Se midió con un cronómetro los 3 minutos de cada prueba, y con dos cronómetros deportivos más, se registró en forma independiente el tiempo efectivo de consumo que cada vaca realizó en cada una de las leñosas.
- ✓ Tamaño de bocados: Teniendo el registro del consumo de forraje y el número de bocados se obtuvo el tamaño de los bocados. (Consumo/Número de bocados)

- ✓ Diámetro de mordida en las leñosas: Una vez terminada cada prueba de preferencia, se midió con vernier o pie de rey el diámetro de todas las ramas que fueron mordidas por la vaca.
- ✓ Pérdida de peso del forraje verde: Se pesó una muestra de 300 g de forraje verde de cada leñosa de la combinación al momento de iniciar cada prueba o evento y esta misma muestra se volvió a pesar al finalizar los 3 minutos de la prueba. Se realizó con el propósito de medir y registrar la pérdida de peso por deshidratación, evaporación y transpiración del forraje.

3.5.11 Estructura y registro de datos en la prueba de preferencia

Los registros de la prueba se muestran en el cuadro 7, donde menciona la estructura de la prueba de preferencia.

Cuadro 7. Estructura y registro de datos para la prueba de preferencia

<i>Variable</i>	<i>Número</i>	<i>Criterios</i>
Especies leñosas	10	Seleccionadas según criterios descritos.
Combinaciones por vaca	45	Combinación aleatorizadas y eventos en que participó cada vaca.
Cantidad de forraje verde en cada evento	1 kg	De cada especie se suministró la misma cantidad
Vacas (repeticiones)	5	Orden de entrada diario aleatorizado.
Total de combinaciones	225	Combinaciones para las 5 vacas.
Tiempo por evento	3 minutos	Cada vaca participó en 5 eventos diarios.
Duración total de la prueba	9 días	25 combinaciones y eventos diarios.
Tiempo efectivo de prueba	11,25 horas	Tiempo real efectivo en 9 días

3.5.12 Análisis de datos para pruebas de preferencia

Si bien el uso de efectos aleatorios en modelos lineales para variables respuestas con distribución normal está bien estudiado, también es conocido que los modelos formados por variables respuesta no normales con efectos fijos y aleatorios como predictores, constituyen los denominados modelos lineales generalizados mixtos (MLGM). En este estudio se usaron modelos mixtos, debido a que las observaciones de consumo presentaron alta variabilidad (consumos altos y bajos) que era difícil de controlar con pruebas univariadas y/o multivariadas.

De otra parte, a pesar de que en la aplicación de esta nueva técnica de pruebas de cafetería se realizó aleatorización para el orden de entrada de las vacas y las combinaciones de cada día, se corre el riesgo de que se presente el fenómeno de “efectos anidados” por la vaca en los diferentes días. Sin embargo, sin pretender decir que se presentó este efecto en el experimento los modelos mixtos controlan cualquier indicio en la información generada.

3.6 Otros rasgos funcionales frente al conocimiento local

El uso de leñosas forrajeras puede ser una buena alternativa, debido a que diferentes especies tienen gran potencial para producción de biomasa forrajera y degradación de proteína cruda en el rumen si se compara con gramíneas, además de contribuir a la sostenibilidad del sistema al incrementar el ciclaje de nutrientes, controlar la erosión y a mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo. Además de lo anterior, el conocimiento local de los productores sobre las leñosas jugó un papel muy importante debido a que estas especies son consideradas con alto potencial de uso en sistemas silvopastoriles y representan una estrategia productiva para hacer más eficiente el sistema ganadero.

Estos rasgos de las leñosas que generan beneficios biofísicos y ambientales fueron encontrados en diferentes estudios y representan a las 10 leñosas de este estudio. La información obtenida fue organizada de forma que pudiera ser analizada junto con los índices de ranking de tecnología local encontrados por (Mosquera 2010), índices nutricionales y variables de consumo de forraje. Por medio de análisis estadísticos para agrupación de rasgos y similitud de las especies leñosas, fueron agrupadas las especies de acuerdo a estos rasgos.

3.7 Índices de rasgos nutricionales

Muchas especies forrajeras aun no han sido probadas y evaluadas en términos de calidad nutricional y producción forrajera (Shelton 2000), para este efecto se desarrollaron índices para medir la calidad nutricional de diferentes forrajeras arbóreas. En este caso, los índices son sumatorias ajustadas de rasgos nutricionales que comparan e indican la calidad entre forrajeras. Para determinar los índices de calidad, se utilizaron los rasgos nutricionales de las diez especies leñosas seleccionadas para este estudio.

Los índices combinaron los rasgos nutricionales para dar un valor único como base para la selección entre especies. Cada índice se calculó como la "suma de diferencias ajustadas del promedio". Por cada rasgo nutricional que contribuyó al índice, se sustrajo la media general del promedio de cada especie y el resultado, llamado la "diferencia ajustada", de acuerdo con la metodología aplicada por (Stewart 2003). Para identificar las leñosas con mayor potencialidad forrajera, se desarrollaron los índices nutricionales de calidad forrajera usados por Ospina *et al.* (2002); Stewart y Dunsdon (2003).

Estos tienen el efecto de dar a cada rasgo igual peso en el índice (Estandarización) por la transformación a una distribución normal estándar en cada caso. En su estudio, Ospina *et al.* (2002), integró la información generada en la caracterización cuantitativa para comparar y seleccionar las leñosas más sobresalientes, construyó tres índices de selección, los cuales mostraron los promedios más altos para las variables que se contemplaron en cada índice.

Para Ospina *et al.* (2002); Stewart (2003); Stewart y Dunsdon (2003) el Índice de Calidad Estándar (ICE) combina caracteres asociados con composición química PC, FDN y DIVMS. El Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado (IRCE) incluye además de los parámetros de rasgos nutricionales PC, FDN, DIVMS, la producción forrajera expresada en MS. No obstante, los rasgos de FDN y FDA no fueron incluidas en sus índices, debido a que estaban correlacionados con la digestibilidad. Con base en este criterio, Ospina *et al.* (2002); Stewart (2003), definieron los materiales más destacados por su potencial calidad nutritiva.

Los índices de rasgos nutricionales “diferencias ajustadas” de las especies en estudio, se clasificaron en forma independiente por cada índice. Los rasgos (FDN y FDA) fueron cuidadosamente analizados de modo que fueran independientes con DIVMS (Stewart 2003). Del mismo modo, en función de la calidad, para los dos índices se tuvo en cuenta que estas variables no estuvieran altamente correlacionadas con DIVMS. Los rasgos que se consideraron en la aplicación de los índices fueron los siguientes:

ICE incluye rasgos de N, FDA, DIVMS, Ca, P y TC.

IRCE incluye los rasgos de N, FDA, DIVMS, Ca, P, TC y consumo (gMS).

Una diferencia ajustada positiva identifica a una leñosa de mejor calidad que el promedio para el rasgo en cuestión. Se sumaron las diferencias ajustadas para los rasgos individuales de cada especie leñosa para obtener el valor del índice global, los valores más altos y positivos representan a las leñosas forrajeras más prometedoras. Estos índices de diferencias ajustadas, matemáticamente funcionan de la siguiente forma:

$$I = \sum \frac{(x_i - \bar{X}_{x_i})}{\sigma_{x_i}} ; \text{Donde}$$

I Es el valor del índice calculado

x_i Es el valor de cada unidad de la variable

\bar{X}_{x_i} Es el valor promedio de la variable

σ_{x_i} Es el valor de la desviación estándar de cada variable

3.8 Evaluación de leñosas en dietas balanceadas para suplementar vacas en producción

3.8.1 Infraestructura para la evaluación

Los criterios de selección de las fincas para el estudio, radico en que las fincas seleccionadas mantienen un número mayor a 15 vacas en ordeño, presentan animales en buen estado sanitario, grupos de vacas con similares periodos de lactancia y número de partos, los sistemas productivos manejados son de doble propósito, lo que permitió hacer una buena selección de las vacas para el estudio. La evaluación de las dietas se llevó a cabo en tres fincas seleccionadas en la comarca de Cantimplora, Municipio de Belén, Rivas, en la Finca Santa Gertrudis de propiedad del señor Marcial Corrales, Finca Zaragoza de Martin Mena y Los Quiroz de Imar Quiroz.

Para esto se utilizó la infraestructura agropecuaria disponible en cada una de ellas; En la finca Santa Gertrudis se usaron los comederos y bebederos construidos en cemento y corrales en madera disponibles, a demás de una pica pastos a gasolina; En la finca Zaragoza se usaron comederos en canoas construidas en madera, bebederos en cemento y corrales con cercos de alambre de púas.

En la finca Los Quiroz se utilizaron comederos y bebederos de canoas construidas con llantas de tractor y un corral improvisado para este fin con cercos de alambre de púas y una pica pastos a gasolina.

3.8.2 Selección de especies

Las especies arbóreas forrajeras involucradas en la formulación y evaluación de las dietas fueron seleccionadas de una prueba de preferencia de la primera fase de este estudio con leñosas en combinaciones en pares, usando la metodología de cafetería con vacas de ordeño, en la cual las especies *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* y *C. dentata* salieron con mayor preferencia por consumo de ramas delgadas de estas especies. Cabe anotar que las especies *S.saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides* son leñosas leguminosas y la especie *C. dentata* es una no leguminosa, lo que indica que existen rasgos contrastantes entre las especies. De esta forma, se buscó evaluar los efectos derivados de los contrastes de leñosas asociadas (mezclas de dos especies), como un efecto asociativo de mayor consumo del forraje comparado con el suministro individual.

3.8.3 Información disponible para el balanceo

Los requerimientos nutricionales elaborados por la National Research Council (NRC) de la National Academy of Sciences de los E.U.A son los que normalmente se utilizan como referencia en América y constituyen una información adecuada para la recomendación y balanceo de dietas para las diferentes etapas productivas de los bovinos. Por tanto, la información utilizada como parámetros para el balanceo de las diferentes dietas fue obtenida de las tablas para balanceo de dietas suministrada en el curso de Sistemas Silvopastoriles 2009 (N.R.C. 1984). Otros valores nutricionales de materias primas se obtuvieron de revisión bibliográfica consignada en la matriz de rasgos nutricionales elaborada en esta tesis de investigación, además de consultar el rotulo de sal mineralizada “pecutrín leche” de Bayer.

En el cuadro 8, se muestra la descripción de las vacas que fueron seleccionadas para el experimento. Estas vacas fueron pesadas y al inicio y final del experimento con una bascula marca Tru-test con capacidad de 2,0 toneladas.

Cuadro 8. Vacas seleccionadas para la evaluación de dietas

Marcial Corrales				
Vaca	Peso	Periodo de lactancia	No. partos	Cruces raciales
Barrosa	389	3 meses	1	Cebú
Chele	422	3 meses	2	Cebú
Panda	390	3 meses	2	Cebú
Confite	409	3 meses	1	Cebú x P. suizo
Martín Mena				
Violeta	390	4 meses	3	Cebú x P. suizo
Llorona	395	4 meses	3	Cebú x P. suizo
Fortuna	385	3 meses	3	Cebú x P. suizo
Yesica	398	3 meses	2	Cebú x P. suizo
Imar Quiroz				
Hormiga	417	4 meses	4	Holstein x Cebú
Corona	405	4 meses	4	Holstein x Cebú
Princesa	407	3 meses	3	Holstein x Cebú
Carol	392	3 meses	5	Holstein x Cebú

3.8.4 Requerimientos nutricionales de las vacas

Se presentan los requerimientos nutricionales para mantenimiento y producción de 8 litros de leche diarios de las vacas de la finca Los Quiroz, teniendo como referencia que son animales con una considerable proporción de razas *Bos taurus*. En el cuadro 9, se observan los valores calculados para las dos fincas. Se presentan también, los requerimientos nutricionales para mantenimiento y producción de 5 litros de leche diarios de las vacas de las fincas Zaragoza y Santa Gertrudis, teniendo como referencia que estos son animales con una alta proporción de razas *Bos indicus*. La información obtenida en la NRC (1984), se usó como parámetros de requerimientos nutricionales de las vacas para efectuar el balanceo de las dietas y poder lograr un incremento en la producción de leche con los valores observados a continuación. Estos valores reflejan un incremento en los requerimientos (proteína, EM/Mcal, Calcio y Fosforo), de acuerdo con la producción de leche en litros y un porcentaje base de 3,5% de grasa en cada finca (Cuadro 9).

Incremento del requerimiento por porcentaje de grasa	Para 8litros	Para 5 litros
Cada 0,5% de grasa incrementa en 0,7g el requerimiento de proteína	5,6 g	3,5 g
Cada 0,5% de grasa incrementa en 0,07g el requerimiento de EM/Mcal	0,56 g	0,35 g
Cada 0,5% de grasa incrementa en 0,1g el requerimiento de Calcio	0,8 g	0,5 g
Cada 0,5% de grasa incrementa en 0,1g el requerimiento de Fosforo	0,8 g	0,5 g

Es conveniente mencionar que en la finca Santa Gertrudis se dispuso de vacas *Bos indicus* de mayor proporción que en la finca Zaragoza, pero que la producción de leche antes de iniciar el estudio presentó promedios de producción bajos, por lo que se optó por hacer un balanceo similar para las dos fincas.

Cuadro 9. Requerimientos nutricionales para vacas

Requerimientos para vacas de la finca Los Quiroz						
Vaca 400 kg	Grasa 3,5 %	MS/kg	Proteína (g)	EM/Mcal	Calcio (g)	Fosforo (g)
Requerimiento de forraje		8,9	757	17,5	25	25
Requerimiento por litro-leche			71	1,07	2,6	1,9
Producción	8 litros		568	8,56	20,8	15,2
Requerimiento	8 litros		573,6	9,12	21,6	16
Requerimiento para mantenimiento + producción			1330,6	26,62	46,6	41
Requerimientos para vacas de las fincas Zaragoza y Santa Gertrudis						
Requerimiento de forraje		8,9	757	17,5	25	25
Requerimiento por litro-leche			71	1,07	2,6	1,9
Producción	5 litros		355	5,35	13	9,5
Requerimiento	5 litros*3,5 g		358,5	5,7	13,5	10
Requerimiento para mantenimiento + producción			1115,5	23,2	38,5	35

Fuente NRC (1984)

3.8.5 Formulación y balanceo de dietas en las tres fincas

Se usaron cuatro dietas en cada finca (Cuadro 10), las tres dietas experimentales fueron balanceadas con forraje de ramas delgadas de las leñosas ≤ 1 cm de diámetro, una gramínea de corte (*Pennisetum purpureum*), melaza y sal mineralizada. Como de estas cuatro leñosas, tres fueron leguminosas y una no leguminosa, se buscó que la leñosa no leguminosa (*C. dentata*) estuviera combinada con cada una de las otras que sí son leguminosas (*S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*). La cuarta dieta correspondió a una dieta testigo, usando los recursos alimenticios disponibles en cada finca, tal como lo realiza el productor. El forraje de ramas delgadas se colectó de diferentes individuos todos los días en horas de la mañana.

Los forrajes suministrados en las dietas (pasto de corte y las leñosas) en la finca Los Quiróz fueron picadas con molino de martillo a motor. En la finca Santa Gertrudis fueron picadas con molino a motor y en la finca Zaragoza fue picada con machete, quedando evidenciado que en la última finca las partículas de forraje fueron mayores a 5 cm de longitud. Las leñosas utilizadas en las tres dietas balanceadas presentan rasgos físicos y químicos contrastantes que busca la aplicación de nuevos enfoques de rasgos funcionales, éstas fueron combinadas de la siguiente forma:

Cuadro 10. Balanceo de dietas usadas para el experimento (MS)

Dieta A	Unidad	Cantidad	Dieta B	Unidad	Cantidad	Dieta C	Unidad	Cantidad
<i>S. saman</i>	Kg	2,22	<i>L. leucocephala</i>	Kg	2,6	<i>A. niopoides</i>	Kg	3,1
<i>C. dentata</i>	Kg	2,28	<i>C. dentata</i>	Kg	2,28	<i>C. dentata</i>	Kg	2,28
<i>P. purpureum</i>	Kg	6	<i>P. purpureum</i>	Kg	6	<i>P. purpureum</i>	Kg	6
Melaza	g	200	Melaza	g	200	Melaza	g	200
Sal mineral	g	100	Sal mineral	g	100	Sal mineral	g	100

Además de lo anterior, las otras materias primas que se usaron en el balanceo fueron (*P. purpureum*, melaza y sal mineralizada). Para la dieta testigo, todas las materias primas correspondieron a materiales con disponibilidad por parte de los productores en cada finca.

3.8.5.1 Sistema de alimentación para la vaca testigo

En la información por finca, se detalla un poco más las materias primas usadas para la dieta testigo.

Finca Los Quiroz: En esta finca la vaca testigo mantuvo un sistema alimenticio principalmente con suplementación y en menor proporción con pastoreo. Las materias primas suministradas por el productor para la dieta testigo estaba conformada por *P. purpureum*, semillas molidas de *S. saman* y *E. cyclocarpum*, desechos de cervecería, melaza, cenizas (leña quemada), sal mineralizada y pastoreo en praderas de pasto estrella (*Cynodon sp*).

Finca Zaragoza: En esta finca la vaca testigo mantuvo un sistema alimenticio principalmente con pastoreo en pastos naturalizados como estrella y gamba (*Cynodon sp* e *Hyparhenia rufa*) y en menor proporción con suplementación. Las materias primas suministradas para la dieta testigo estaba conformada por pollinaza, melaza y sal mineralizada.

Finca Santa Gertrudis: En esta finca la vaca testigo mantuvo un sistema alimenticio principalmente con pastoreo en pasto estrella, gamba, brachiaria (*Cynodon*, *H. rufa* y *Brachiaria humidicola*) y en menor proporción con suplementación. Las materias primas suministradas para la dieta testigo estaba conformada por pollinaza, melaza y sal mineralizada.

3.8.6 Ajustes de dietas

Se efectuó el pesó diario del alimento rechazado con el propósito de considerarlo al momento de hacer el ajuste respectivo de la dieta. Para esto, en cada experimento se tomaron dos muestras de 200 g por periodo (día 6 y 10) de las dietas ofrecidas (8 muestras por finca), se llevaron a un horno con temperatura de 60°C por 48 a 72 horas para conocer el porcentaje de peso seco de la dieta suministrada y así poder verificar y ajustar el consumo de alimento.

3.8.7 Periodo de registro y evaluación de dietas

El periodo de estudio y registro de datos fue diseñado para cuarenta (40) días en cada finca. Las variables que se midieron en esta evaluación, tienen relación con producción de leche diaria en litros y los porcentajes de contenido de grasa y sólidos totales de la leche.

La leche de las vacas que recibieron los tratamientos fue obtenida mediante ordeño manual en horas de la mañana (5 a 6:30 am), se pesó y registró durante los 40 días al momento del ordeño. Cabe anotar que en las tres fincas, el ordeño se hace con ternero, el cual se usa para realizar el estímulo para la bajada de la leche. El ternero extrae una cantidad de leche que no es medida, lo mismo que al final del ordeño se deja una cantidad de leche para alimentar el ternero que tampoco es cuantificada.

La precipitación en Rivas, Nicaragua correspondiente a los meses en que se desarrolló el experimento, se obtuvo un registro para los meses de julio 195,3 mm y agosto 583,3 mm mensuales, este último mes de agosto, superó la norma histórica de precipitación en la zona y la temperatura promedio para los mismos meses fue de 26,5 y 26,3 °C (INETER 2010).

3.8.8 Recolección y manejo de muestras

Como metodología de muestreo se usó la aplicada por (Parra *et al.* 2003; Calderón *et al.* 2006), la cual consistió en tomar la muestra de leche del balde o recipiente que contenía la leche extraída de la vaca correspondiente a cada dieta e incluida en el experimento, previamente homogenizada e inmediatamente terminado el ordeño. Se empacó en frascos esterilizados de un litro, sellados con tapa y refrigerados para su envío al laboratorio.

Las variables físicas y químicas medidas en el análisis de laboratorio, fue grasa y sólidos totales. Esto con el propósito de observar la evolución de los componentes de la leche con el uso de las dietas suplementadas con forrajes leñosas. Las variables de grasa y sólidos totales se midieron en el laboratorio de la Cooperativa NICARAO ubicada al sur del Municipio de Rivas, Nicaragua; para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

Se tomó una muestra de leche al inicio y final (día 6 y 10) de cada periodo de evaluación. Se tomó una muestra de un (1) litro de leche (cantidad requerida por el laboratorio) de la producción obtenida de la vaca que recibió el tratamiento correspondiente, inmediatamente terminado el ordeño. Se llevó al laboratorio empacada en frascos de vidrio debidamente esterilizados. Los frascos con las muestras de leche se almacenaron y refrigeraron en hieleras a temperaturas que oscilaban entre 4 y 7 °C para asegurar la cadena de frío y la calidad de la muestra que se llevaba al laboratorio; Se tomaron 8 muestras por tratamiento, es decir, 32 muestras de leche por finca en los 40 días que duró el estudio.

3.8.9 Diseño experimental

En cada una de las fincas, se evaluaron tres (3) dietas y se consideró una vaca como control, cada una de las vacas recibió una dieta o tratamiento que se suministró en dos raciones al día con agua a voluntad tal y como lo hace el productor.

En esta evaluación se aplicó un cuadrado latino con refuerzo (Cuadro 11), con este se buscó que todas las vacas recibieran todos los tratamientos en diferentes periodos. Los periodos tuvieron una etapa de adaptación a la dieta de seis días y uno de evaluación de cuatro días, para un total de 10 días por periodo. Se desarrollaron cuatro (4) periodos o repeticiones, es decir, 40 días de aplicación del diseño en cada finca. A continuación, se observa la distribución de las dietas y las vacas en los diferentes periodos evaluados.

Cuadro 11. Distribución de dietas para los cuatro periodos

Periodo 1	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 4	Periodo
	A	B	C	D	Adaptación
	A	B	C	D	Evaluación
Periodo 2	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 4	Periodo
	D	A	B	C	Adaptación
	D	A	B	C	Evaluación
Periodo 3	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 4	Periodo
	C	D	A	B	Adaptación
	C	D	A	B	Evaluación
Periodo 4	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 4	Periodo
	B	C	D	A	Adaptación
	B	C	D	A	Evaluación

A: Dieta A (S. saman + C. dentata)
 B: Dieta B (L. leucocephala + C. dentata)
 C: Dieta C (A. niopoides + C. dentata)
 D: Dieta D (Testigo)

3.8.9.1 Modelo estadístico

Para las dietas balanceadas en cada finca se usó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + C_j + \beta_k \varepsilon_{ijk} + \tau_l \varepsilon_{ijkl} \quad \text{Donde;}$$

Y_{ij} = Es la variable aleatoria observada

μ = Es la media poblacional

F_i = Es el i - ésimo efecto de las filas

C_j = Es el j- ésimo efecto de las columnas

β_k = Es el k - ésimo efecto del Bloque

ε_{ijk} = Es el error experimental A

τ_l = Es el l - ésimo efecto del tratamiento

ε_{ijk} = Es el error experimental B, donde $\varepsilon_{ijk} \sim N (\mu = 0 ; \sigma^2)$ (Montgomery 2004).

4 RESULTADOS

Cabe anotar, que las vacas antes de las pruebas de preferencia tuvieron acceso a algunas especies leñosas en mayor proporción que otras, debido a que se encuentra en forma abundante en los potreros de la finca, este es el caso de *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *A. niopoides*, *C. dentata*, *A. farnesiana* y *S. saman*, para lo cual pudo existir una influencia por su experiencia previa y memoria de consumo. A demás de lo anterior, los productores en las épocas secas realizan podas y suministran a los animales como fuente de alimentación, especialmente de las especies *G. ulmifolia* y *G. sepium*.

En el cuadro 12 se observa la matriz de rasgos funcionales con sus respectivos valores, está conformada por rasgos físicos y rasgos nutricionales de hojas y ramas delgadas de leñosas forrajeras presentes en los sistemas ganaderos en la zona de influencia del proyecto FUNCITree/SILPAS de manera natural.

La matriz de rasgos físicos contempla rasgos característicos propios de las especies como materia seca, área foliar específica, tensión o dureza de la hoja, grosor de las hojas, presencia de espinas y el largo de las mismas en algunas leñosas. Estos rasgos físicos fueron medidos en campo, para lo cual se tomaron muestras para obtener la información de algunas especies y otras fueron facilitadas por el proyecto FUNCITree y tesistas del mismo proyecto, tal como se mencionó en la metodología.

De las leñosas contenidas en el cuadro 12, encontramos un grupo de especies como *A. collinsii*, *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *H. courbaril*, *M. pigra* y *P. dulce* que cuentan con la presencia de espinas como un mecanismo de protección y defensa contra la herbivoría que podría atentar contra la permanencia y conservación de estas especies. Se encontró también que las especies *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *C. grandis*, *E. berteroana*, *L. shannonii*, *M. pigra* y *P. dulce* presentan contenidos de materia seca superiores al 40%, lo que podría indicar que al momento de suministrarse como alimento para animales se requeriría un menor volumen de forraje para llenar los requerimientos, mientras que *B. simaruba*, *G. sepium* y *M. oleífera* muestran los más bajos contenidos de MS. De la misma forma, tenemos que las especies con menor SLA son *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *E. cyclocarpum*, *H. courbaril* y *M. pigra*.

La matriz de rasgos nutricionales muestra algunos rasgos característicos propios de las leñosas como nitrógeno, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, cenizas, calcio, fósforo, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia seca y los taninos condensados. Estos rasgos nutricionales fueron obtenidos con información de fuentes secundarias y algunos con información lograda con muestras tomadas en campo. Para este efecto, se consultaron y referenciaron 149 bibliografías encontradas en 48 documentos físicos y digitales que contienen información de rasgos nutricionales de 23 especies leñosas presentes en diferentes sistemas productivos, y reportadas como especies con uso forrajero.

Sin embargo, el cuadro 12, muestra que las especies *A. guachapele*, *E. berteroana*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *L. shannonii* y *M. oleífera* manifiestan los valores más altos de nitrógeno foliar, favoreciendo así la calidad de sus forrajes para ser tenidos en cuenta en programas de alimentación animal. En este mismo sentido, las especies con menores valores de nitrógeno foliar es para *A. pennatula*, *B. unguilata*, *B. alicastrum* y *S. mombin*.

El material fibroso (FDN) se evidenció en mayor porcentaje para las especies *A. pennatula*, *A. guachapele*, *B. alicastrum*, *C. dentata*, *E. cyclocarpum* y *G. ulmifolia*. Este rasgo estaría relacionado como una limitante para el consumo voluntario por parte de los animales. El FDA se encontró con mayores porcentajes en las especies *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *C. dentata*, *C. alata* y *E. cyclocarpum*.

Las especies que presentaron los mayores contenidos de Ca fueron *A. niopoides*, *G. ulmifolia* y *P. dulce*. El fosforo se encontró en mayor cantidad en las especies *S. saman*, *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* y *M. oleífera*. De la misma forma, las especies con la más alta digestibilidad (DIVMS), correspondió a las especies *B. alicastrum*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *M. oleífera*, lo que podría indicar que estas especies manifiestan excelente degradación y asimilación de sus nutrientes en el rumen de los animales bovinos. Esta degradación de nutrientes se podría ver afectada por las altas concentraciones de TC encontradas en las especies *A. farnesiana*, *B. simaruba*, *C. grandis*, *M. pigra* y *P. dulce*.

Cuadro 12. Matriz de rasgos físicos y nutricionales de las especies preseleccionadas

Referencias Anexo 3.	Especies*	Rasgos físicos						Rasgos nutricionales								
		MS	SLA	Tensión hoja	Grosor hoja	Espinas (mm)	Largo espina	N	FDN	FDA	Cenizas	Ca	P	FC	DIVMS	TC
		%	cm	g	mm	unidad	cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	<i>Acacol</i>		12,04	700	0,010											
2	<i>Acafar</i>	51,43	10,75	125	0,025	19,6	1,16	2,95	46,3	40,0	6,7	1,46	0,25	19,9	56,2	3,10
3	<i>Acapen</i>							1,49	54,1	42,5	5,0				65,7	
4	<i>Albgua</i>		15,97	232,5	0,021	0,0	0,0	2,96	49,6	34,7					36,3	0,00
5	<i>Albnió</i>	46,18	11,79	1216,7	0,025	0,0	0,0	3,13	45,5	31,6	8,92	2,315	0,25	24,82	42,9	1,22
6	<i>Samsam</i>	37,35	14,24	865,7	0,031	0,0	0,0	3,67	42,4	31,2	5,7	1,68	0,32	29,45	44,6	0,96
7	<i>Bauung</i>					0,0	0,0	2,11	42,4	26,5	7,2				34,1	
8	<i>Broali</i>	39,79	13,44	778,8	0,023	0,0	0,0	1,87	48,8	36,1	10,5	1,75	0,37	22,40	65,2	0,35
9	<i>Bursim</i>	24,15	15,66	435	0,022	0,0	0,0	3,59	43,90	32,40	8,4					6,33
10	<i>Casgra</i>	41,62	17,87	372,9	0,025	0,0	0,0	2,50	42,8	22,2	8,0		0,25			4,70
11	<i>Corden</i>	30,05	20,96	441,7	0,026	0,0	0,0	3,38	56,0	44,1	15,4	1,86	0,22	21,00	39,1	0,00
12	<i>Creala</i>	31,85				0,0	0,0	3,00		46,9						0,25
13	<i>Entcyc</i>	35,50	10,75			0,0	0,0	2,79	50,9	40,1	6,3	0,98	0,21			2,51
14	<i>Eryber</i>	41,05						3,66			8,4	1,58	0,21	33,61		
15	<i>Glisep</i>	25,04	18,29	300	0,025	0,0	0,0	3,52	41,8	30,7	9,3	1,47	0,22	22,12	74,8	0,28
16	<i>Guaulm</i>	31,97	12,89	346,9	0,042	0,0	0,0	2,35	57,9	37,2	10,5	2,35	0,38	36,25	63,9	0,05
17	<i>Hymcou</i>		7,64	1497,5	0,025	0,0										
18	<i>Leuleu</i>	35,06	11,56	92,2	0,015	0,0	0,0	3,79	36,7	23,6	7,5	1,30	0,22	18,08	65,1	1,01
19	<i>Leusha</i>	50,00						3,68	41,3	27,2					55,2	0,00
20	<i>Mimpig</i>	47,16	11,31	281,3	0,008	10,6	0,87	2,62	35,4	27,5	9,0	1,33	0,26	24,30	32,9	4,11
21	<i>Morole</i>	22,47	23,63	152,5	0,018	0,0	0,0	3,19	29,4	19,2	10,9	1,88	0,32	18,50	65,2	1,02
22	<i>Pitdul</i>	42,15						3,10	45,2	27,0	12,5	2,51	0,09		58,4	4,54
23	<i>Sponmom</i>	26,14	13,91	608,3	0,026	0,0	0,0	2,24			6,0	0,02	0,05	17,00		

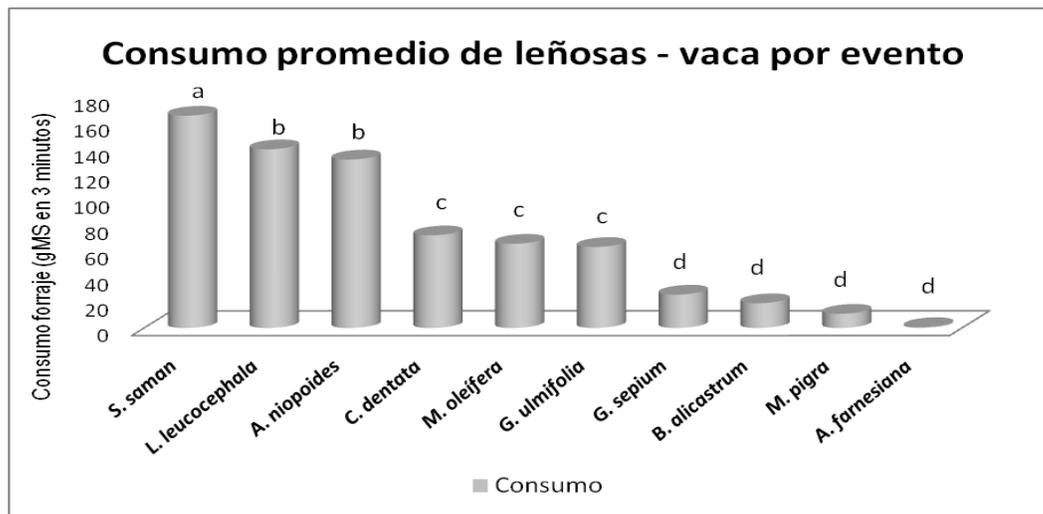
* *Acacol* (*Acacia collinsii*), *Acafar* (*Acacia farnesiana*), *Acapen* (*Acacia pennatula*), *Albgua* (*Albizia guachapele*), *Albnió* (*Albizia niopoides*), *Samsam* (*Samanea saman*), *Bauung* (*Bauhinia unguilata*), *Broali* (*Brosimum alicastrum*), *Bursim* (*Bursera simaruba*), *Casgra* (*Cassia grandis*), *Corden* (*Cordia dentata*), *Creala* (*Crescentia alata*), *Entcyc* (*Enterolobium cyclocarpum*), *Eryber* (*Erythrina berteriana*), *Glisep* (*Gliricidia sepium*), *Guaulm* (*Guazuma ulmifolia*), *Himcou* (*Hymenaea courbaril*), *Leuleu* (*Leucaena leucocephala*), *Leusha* (*Leucaena shannonii*), *Mimpig* (*Mimosa pigra*), *Morole* (*Moringa oleifera*), *Pitdul* (*Pitcellobium dulce*), *Sponmom* (*Spondias mombin*).

Aguilar, J.C (1994); CATIE, (2004); Arcos y Chamorro (2001); Rojas, A. (2008); Barnett; Batis et al. (1999); Benavides, (1994); Brannasiri, T. (1970); Camero, L. (1994); Cecconello et al. (2003); Chavez, W. (s/f); Cobos et al. (1999); Crop Index. (2008); Devendra y GYHL (1970); Esquivel, H. (2007); FAO. (S/F); Febles y Ruíz (2008); Francis y Lowe (2000); Galindo et al. (2001); García et al. (2009); García y Medina (2006); García et al. (2008); Ibrahim et al. (2002); Johnson y Ching (1918); Lim, Han Kuo. (1967); Malik et al. (1967); Makkar y Becker (1998); Ortiz et al. (1989); Olivero, S. (s/f); Palma, J. (2006); Palma, J. (2005); Peralta et al. (2004); Pérez, N. (s/f); Pinto et al (2010); Razz y Clavero (2004); Román et al. (2004); Roncallo et al. (1998); Sanchez y Rosales (2001); Sanchez y Rosales (2001); Sandoval et al. (2005); SEN, K.C. (1938); Simbaya, J. (2002); Sosa et al. (2004); Stewart y Dunsdon (2000); Stewart y Dunsdon (2003); Thi Thu Nguyen Hong et al. (2008); UNA (2004); Work, S.H. (1937).

4.1 Pruebas de Preferencias

4.1.1 Preferencia por consumo y tamaño de bocado

La preferencia de las vacas por las leñosas, de acuerdo al consumo promedio obtenido por evento (Figura 3) presenta diferencias ($p < 0,05$) entre las especies leñosas, el orden de preferencias de mayor a menor consumo fue para las *S. saman* $165,80 \pm 13,81$ gMS; *L. leucocephala* $139,57 \pm 13,04$ gMS; *A. niopoides* $131,55 \pm 14,86$ gMS, se evidencia la preferencia de las vacas por las especies leguminosas. Las especies *M. pigra* y *A. farnesiana*, presentaron los valores de consumo más bajos a pesar de que también son leguminosas ($11,12 \pm 6,61$ gMS y $0,74 \pm 0,74$ gMS), esto podría explicarse también por la alta presencia de espinas y altos contenidos de TC que estarían limitando el consumo.



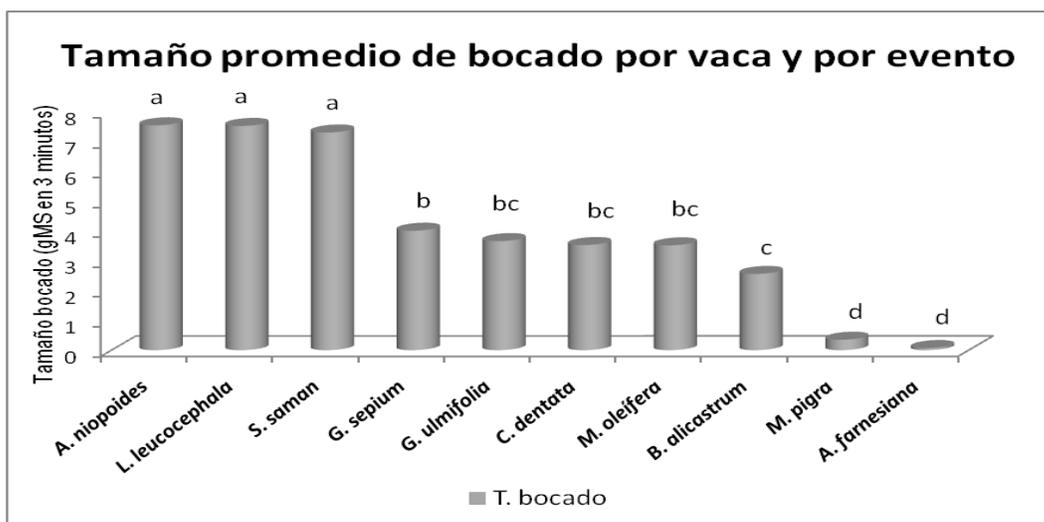
Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05

Figura 3. Preferencia de leñosas por consumo por vaca - prueba corta en Rivas, Nicaragua

La preferencia por consumo y el tamaño del bocado de las vacas en las diferentes leñosas podría estar influenciado por el área foliar que permitiría un mayor o menor bocado, la distribución observada de las hojas en las ramas que estaría limitando o favoreciendo tomar un mayor número de hojas por bocado, la presencia de espinas, la digestibilidad del forraje y algunos rasgos químicos como TC en las hojas o tallos delgados que actuarían como mecanismos de defensa contra herbivoría, la succulencia o dureza de hojas y tallos reflejado en el contenido de MS y material fibroso estaría limitando también el consumo, además de la experiencia previa y memoria de consumo generada por las vacas con anterioridad.

Se observa que tanto el consumo como el tamaño de los bocados para las tres primeras especies favoreció la preferencia de *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides* aunque en diferente orden.

También se evidencian diferencias ($p < 0,05$) para la preferencia por vaca de acuerdo al tamaño de bocado para las especies por evento (figura 4), las tres primeras leñosas que mostraron los mayores tamaños de bocados correspondió a las mismas especies leguminosas pero en orden invertido, estas leñosas no tienen presencia de espinas y su diferencia en el orden podría estar relacionado con el porcentaje de MS de sus forrajes y menores contenidos de TC *A. niopoides* $7,55 \pm 0,60$ gMS; *L. leucocephala* $7,53 \pm 0,40$ gMS; *S. saman* $7,31 \pm 0,42$ gMS; *G. sepium* $4,01 \pm 0,41$ gMS; *G. ulmifolia* $3,66 \pm 0,29$ gMS. *M. pigra* y *A. farnesiana*, presentaron los valores de tamaño de bocado más bajos a pesar de que también son leguminosas ($0,35 \pm 0,21$ gMS y $0,07 \pm 0,07$ gMS), esto podría explicarse también por la alta presencia de espinas y altos contenidos de TC que estarían limitando los bocados de las vacas.



Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05

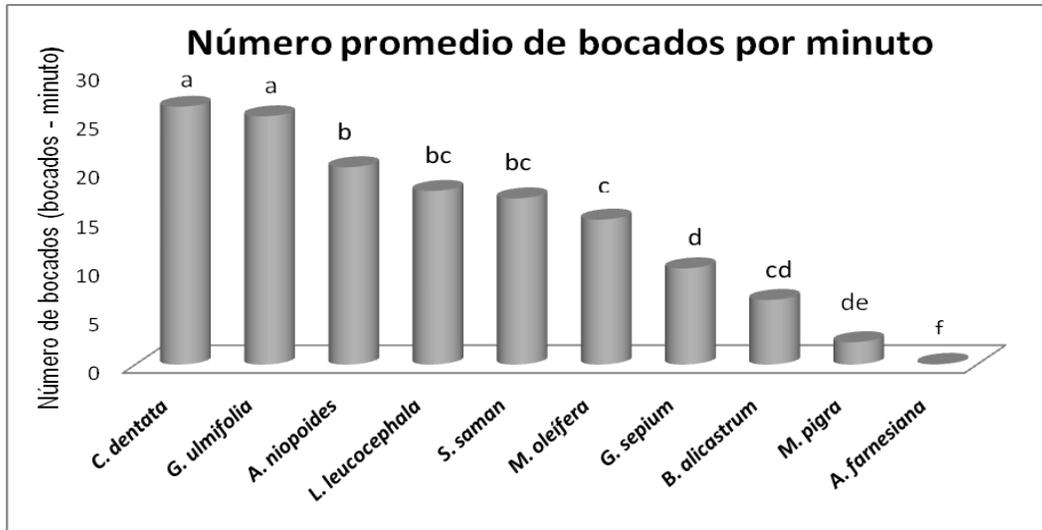
Figura 4 Preferencia de leñosas por tamaño de bocado (gMS) por vaca en Rivas, Nicaragua

4.1.2 Número de bocados por minuto

También, la figura 5 muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) en las preferencias de las vacas en cada evento, según los bocados obtenidos por minuto en cada especie se observa que el orden cambió, ahora las dos primeras leñosas corresponden a especies no leguminosas, esto podría indicar que se requiere un mayor número de bocados para llenar la cavidad bucal de las vacas *C. dentata* $26,34 \pm 2,46$ gMS; *G. ulmifolia* $25,36 \pm 2,47$ gMS, seguido por las tres leguminosas que mostraron preferencia en tamaño de bocados (figura 4) *A. niopoides* $20,16 \pm 2,62$ gMS; *L. leucocephala* $17,74 \pm 1,27$ gMS; *S. saman* $16,98 \pm 1,32$ gMS. Especies como *M. pigra* $2,28 \pm 1,35$ gMS y *A. farnesiana* $0,07 \pm 0,07$ gMS continúan siendo las de más baja preferencia, en este caso con menor número de bocados por minuto, posiblemente por la alta presencia de espinas y TC.

De acuerdo con este resultado, se puede considerar que el área foliar de las hojas, la dureza de las hojas, la digestibilidad y la MS en las leñosas presentan una gran influencia sobre las preferencias de consumo de las vacas, debido a la cantidad de forraje que pueda obtener en un solo bocado, por lo que los bovinos requieren una mayor o menor cantidad de mordidas o bocados para llenar su cavidad bucal, *C. dentata* y *G. ulmifolia* parecen tener sus hojas más “dispersas” a lo largo de las ramas, por lo que se requiere un mayor número de mordidas. Contrario podría estar sucediendo con otras leñosas como *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *S. saman*, las cuales podrían tener sus hojas más concentradas en las puntas de las ramas, facilitando una mordida de mayor tamaño y consecuentemente un menor número de mordidas o bocados.

Teóricamente, animales de 400 kg de peso corporal ingieren entre 2,5 y 3% MS de su peso vivo (10 a 12 kg/MS - animal - día). Lo anterior indica que si un animal al consumir 10 kg/MS - día, de una dieta basada en leñosas forrajeras, realiza 26,34 bocados/minuto (Figura 5), con un tamaño de bocado de 3,53 gMS de *C. dentata* (Figura 4), podría requerir un menor número de bocados para llenar su requerimiento en volumen de forraje diario, esto atribuido a los tamaños de bocados (figura 4) y mayor tiempo de consumo en la prueba (figura 6). Lo anterior, en el eventual caso de que el consumo fuese constante, pero obviamente en la práctica esto ocurre con periodos alternos de consumo y descanso o rumias.



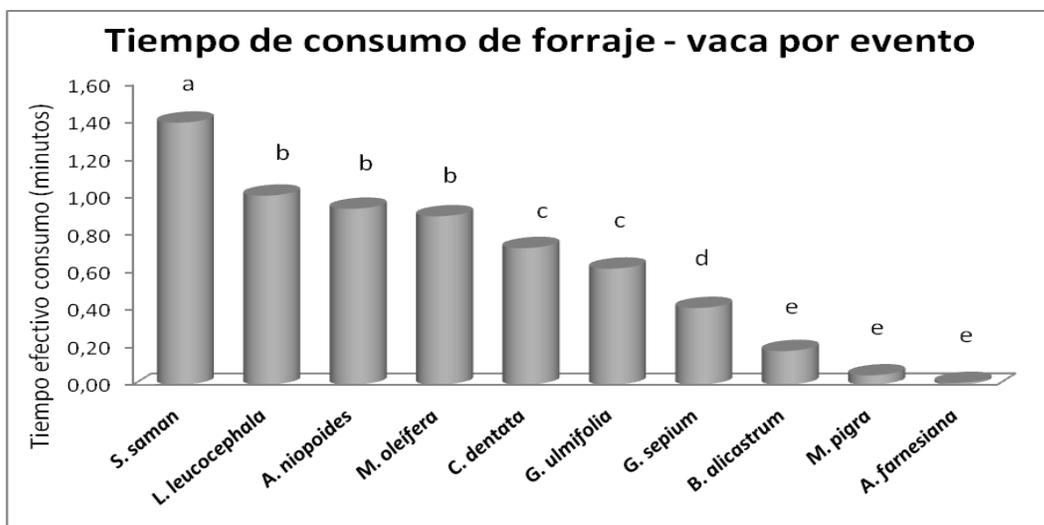
Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05

Figura 5. Número promedio de bocados de forraje (vaca/minuto) Rivas, Nicaragua

4.1.3 Tiempo de consumo de leñosas forrajeras

El tiempo de consumo efectivo calculado en minutos mostró diferencias ($p < 0,05$), donde el tamaño de las hojas, la la succulencia o dureza de las mismas y contenidos de nitrógeno podrían favorecer el consumo rápido, mientras que las espinas, el FDA y TC podrían limitarlo como un mecanismo de defensa de las plantas contra la herbivoría, jugando así un papel muy importante para las preferencias de los forrajes.

De acuerdo con lo anterior se presenta el orden de preferencias de las especies que mostraron el mayor tiempo efectivo de consumo por vaca en cada evento (figura 6) *S. saman* $1,40 \pm 0,11$; *L. leucocephala* $1,01 \pm 0,09$; *A. niopoides* $0,94 \pm 0,11$ minutos, *M. oleífera* $0,90 \pm 0,11$ minutos; *C. dentata* $0,73 \pm 0,09$ minutos, mientras que *M. pigra* y *A. farnesiana* mostraron los menores tiempos de consumo ($0,05 \pm 0,03$ minutos y $0,01 \pm 0,01$ minutos) respectivamente, esto podría ser explicado por la presencia de espinas y alto contenido de TC.

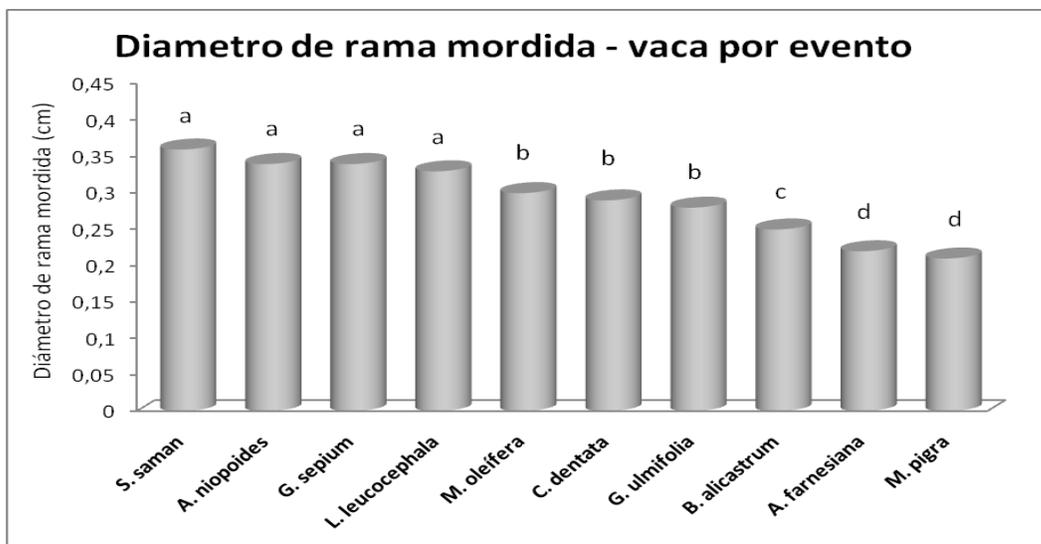


Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05

Figura 6. Tiempo efectivo promedio de consumo de leñosas por vaca (minutos) Rivas, Nicaragua

4.1.4 Diámetro de ramas mordidas

El diámetro promedio de rama mordida mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). Esta variación se presenta en la figura 7, en la que se observa que las leñosas con mayor diámetro de tallos mordidos por las vaca en cada evento corresponden a especies leguminosas sin espinas y con bajos niveles de TC, en este orden se encuentran *S. saman* $0,36 \pm 0,01$ cm, *G. sepium* $0,34 \pm 0,01$ cm, *A. niopoides* $0,34 \pm 0,01$ cm; *L. leucocephala* $0,33 \pm 0,01$ cm; *M. oleífera* $0,30 \pm 0,01$ cm. Lo anterior obedece a que las puntas de las ramas podría presentar hojas y tallos suculentos, los cuales fueron cortados en cada bocado y consumidos por las vacas, de esta forma estaría influenciando el consumo de tallos con diámetros más gruesos. De otro lado, las especies también leguminosas pero con espinas *A. farnesiana* $0,22 \pm 0,02$ cm; *M. pigra* $0,21 \pm 0,01$ cm mostraron los menores diámetros de ramas mordidas, posiblemente por la presencia de espinas.



Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05

Figura 7. Diámetro promedio (cm) de rama de leñosas mordida (vaca)

4.2 Rasgos funcionales foliares y nutricionales de leñosas

4.2.1 Correlación de rasgos físicos y nutricionales

En el cuadro 13, se observa que el rasgo de SLA presenta correlación positiva no significativa ($p > 0,05$), con los rasgos de DIVMS, tensión de hoja y N mostrando valores de 0.42, 0.46 y 0,29 respectivamente; SLA con MS, Grosor de hoja y FC muestra correlaciones negativas significativas ($p < 0,05$), con valores -0.76, -0.49 y -0,65 respectivamente, con excepción del grosor de hoja que no es significativa. Lo anterior podría indicar que hay una dependencia negativa del material fibroso sobre SLA, es decir, que en la medida que aumenta el SLA disminuye la proporción de fibra en el forraje y viceversa. Esto puede favorecer una mayor preferencia por consumo y tamaños de bocados que tienen los bovinos sobre el forraje de estas leñosas, debido a que la disminución del material fibroso mejora la calidad del forraje.

En este sentido, las hojas de las diferentes especies, poseen características especiales de SLA, grosor de hoja y DIVMS, a demás de lo anterior los rasgos de FDN, FDA y DIVMS se correlacionan de forma negativa y significativa ($p < 0,05$), con TC mostrando valores de -0,88, -0,79 y -0,57.

Lo anterior confirma, que además del material fibroso también, los TC ejercen una influencia sobre la calidad de las leñosas que limitanta la preferencia por consumo, tamaño de bocado y tiempo de consumo, ya que en la medida que aumenta el material fibroso se disminuye el contenido de TC, pero que también puede suceder que si aumenta el contenido de TC se disminuye el contenido fibroso. En otras palabras, se podría decir que follajes muy suaves y succulentos podrían tener tendencias a poseer mayor contenido de TC y follajes muy fibrosos podrían tener tendencias a poseer menor contenido de TC.

Los rasgos de SLA y TC muestran correlación negativa no significativa ($p>0,05$) con valor de - 0,47 y una relación positiva no significativa ($p>0,05$), entre N y TC con valor de 0,45. Todo esto, se traduciría en una limitación a la preferencia al consumo de forraje por la dependencia entre los contenidos de fibra y TC. Es así, como los bovinos generan aprendizaje y tolerancia al consumir estas leñosas con rasgos fibrosos y elementos “anti-nutricionales”, tal como sucede en condiciones de escasez de forraje durante época seca, cuando los animales cambian sus patrones de consumo pudiendo llegar a ingerir gran cantidad de plantas con elementos secundarios.

De otro lado, los contenidos Ca y P foliar presenta correlaciones positivas con SLA mostrando valores de 0,48 y 0,59 no significativos ($p>0,05$); La DIVMS con el P y N tienen correlación positiva significativa ($p<0,05$) con valores de 0,71 y 0,60 respectivamente, pero con MS muestra correlación negativa significativa ($p<0,05$), con valor de -0,66. Los rasgos foliares de (P, N y DIVMS), se manifiestan como indicadores de la calidad de las leñosas, debido a que en la medida que aumentan los contenidos de P y N también aumenta la digestibilidad (Cuadro 13). De estos rasgos, el TC con N se relacionan de forma positiva no significativa ($p>0,05$), con valor de 0,45 y con la DIVMS se correlacionan de manera negativa no significativa ($p>0,05$), con valor de -0,57, reflejando que su relación es inversamente proporcional. Lo anterior, indicaría que la presencia de TC se muestra como una limitante para la preferencia por consumo.

Cuadro 13. Correlaciones de rasgos foliares físicos y nutricionales

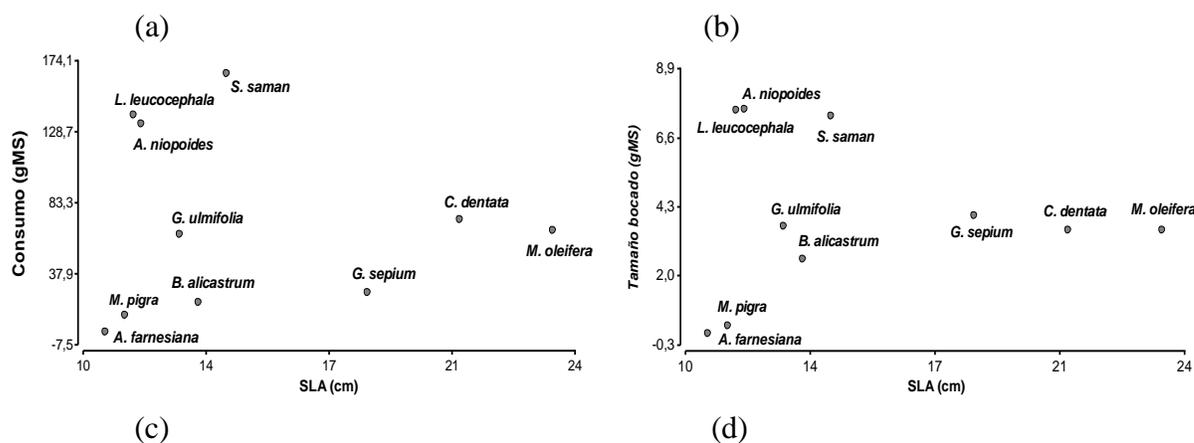
RASGOS	SLA	MS	Tensión hoja	Grosor hoja	N	DIVMS	FDN	FDA	FC	Cenizas	Ca	P	TC	Consumo	T. bocado
SLA		-0,76 **	0,46	-0,49	0,29	0,42	-0,15	-0,15	-0,65 **	0,74 **	0,48	0,59	-0,47	0,36	0,16
Valor p															
MS			0,23	-0,97 **	-0,35	-0,55	0,03	0,08	0,18	-0,32	-0,14	-0,66 **	0,51	-0,03	0,01
Valor p															
Tensión hoja				-0,39	0,29	0,04	-0,01	-0,24	-0,37	0,49	0,13	0,48	-0,34	0,85 **	0,83 **
Valor p															
Grosor hoja					0,16	-0,07	0,41	0,42	0,22	-0,28	-0,38	-0,37	-0,05	0,19	0,16
Valor p															
N						0,60	-0,36	-0,30	-0,55	-0,23	-0,28	-0,29	0,45	0,61 **	0,56 **
Valor p															
DIVMS							-0,45	-0,30	-0,12	0,18	0,22	0,71 **	-0,57	-0,07	0,09
Valor p															
FDN								0,90 **	0,53	0,49	0,44	0,01	-0,88 **	-0,09	-0,08
Valor p															
FDA									0,28	0,44	0,24	-0,08	-0,79 **	-0,22	-0,27
Valor p															
FC										-0,10	0,02	-0,20	-0,20	0,07	-0,12
Valor p															
Cenizas											0,77 **	0,62 **	-0,58	-0,18	-0,27
Valor p															
Ca												0,56 **	-0,71 **	0,01	-0,04
Valor p															
P													-0,44	-0,27	-0,24
Valor p															
TC														-0,27	-0,28
Valor p															
Consumo															0,85 **
Valor p															
T. bocado															

** (p < 0,05); Valor p = Valor de probabilidad; SLA = Área Foliar Específica; MS = Materia seca; N = Nitrógeno; DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca; FDN = Fibra Detergente Neutra; FDA = Fibra Detergente Ácida; FC = Fibra Cruda; Ca = Calcio; P = Fósforo; TC = Taninos condensados; Consumo = Consumo de forraje de la prueba de preferencia; T. bocado = Tamaño de bocado de la prueba de preferencia.

4.2.2 Correlaciones para SLA y variables de preferencia

Área foliar específica en las leñosas es un rasgo que puede determinar el consumo y la palatabilidad del forraje, las variables de preferencia de consumo, tamaño de bocado, tiempo de consumo y diámetros de rama mordida fueron analizadas con correlaciones entre sí para conocer las tendencias y asociaciones. En la Figura 8, se muestra la correlación existente entre SLA con consumo y tamaño de bocados con las leñosas, en estas se evidencia que las correlaciones presentan asociación positiva pero no son significativas ($p>0,05$), se observa una baja relación entre el SLA y las variables de consumo (figura a y b).

Se observa también que la correlación existente entre SLA con tiempo de consumo y nitrógeno de las leñosas (figura c y g) se evidencian correlación positivas pero no son significativas ($p>0,05$); entre SLA y diámetro de tallos o ramas de las leñosas mordidas por los bovinos (figura d) se observa una correlación negativa no significativa ($p>0,05$); entre SLA con DIVMS y fosforo (figura e y f), evidencian correlación importante pero solo con el fosforo es significativa ($p<0,05$), lo que podría indicar que en la medida en que se observa un incremento en SLA también lo hace la DIVMS y Fosforo. Entre SLA y TC sucedería lo contrario, si el SLA aumenta el TC disminuye o viceversa (figura h).



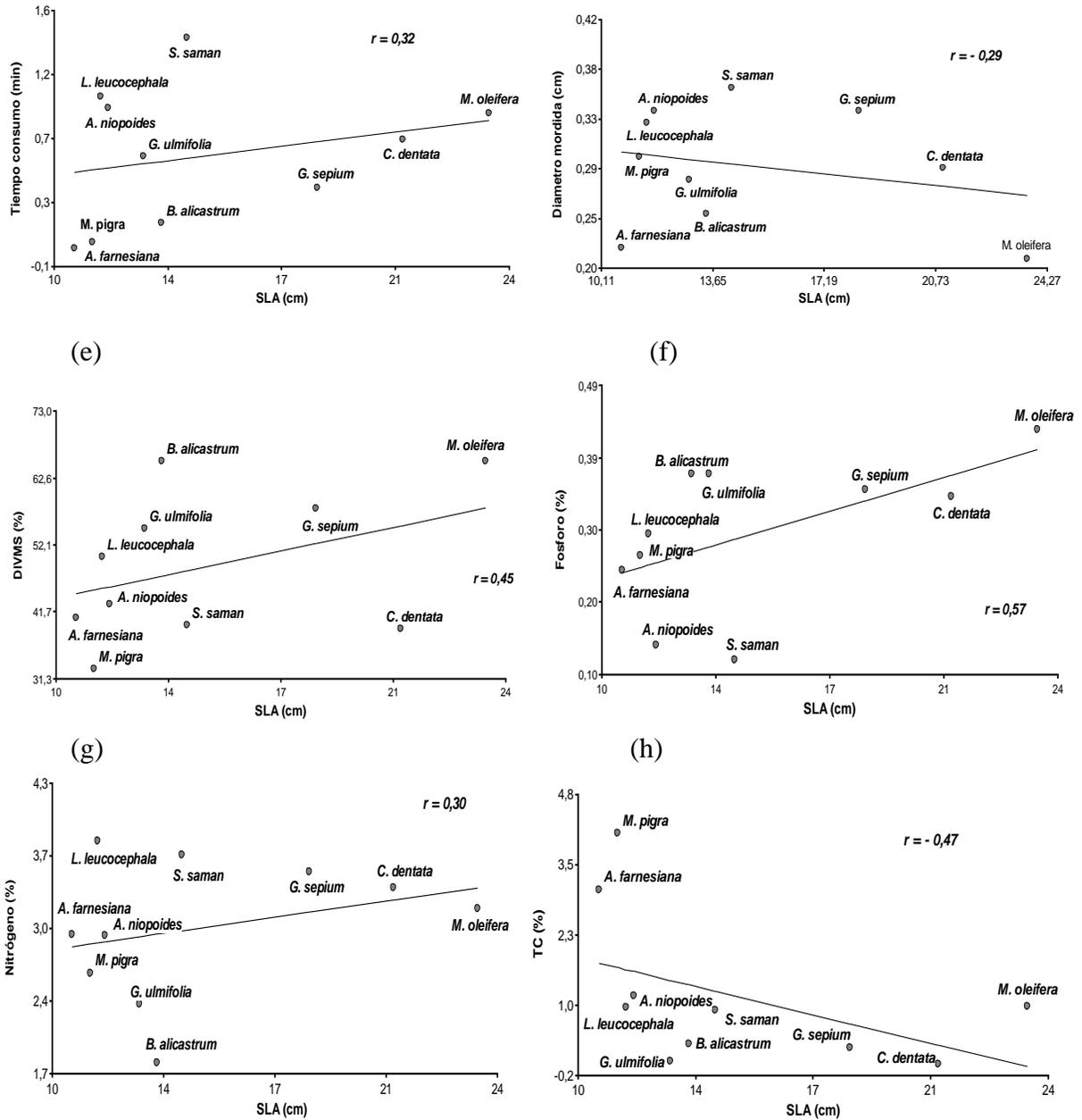


Figura 8 Correlaciones de rasgos importantes con Área foliar específica.

(a) Correlación de SLA con consumo; (b) Correlación de SLA con tamaño de bocados; (c) Correlación de SLA con tiempo de consumo; (d) Correlación de SLA con diámetro de mordida de ramas; (e) Correlación de SLA con DIVMS; (f) Correlación de SLA con fosforo foliar; (g) Correlación de SLA con nitrógeno; (h) Correlación de SLA con TC. Abreviaturas: SLA, área foliar específica; DIVMS, digestibilidad in vitro de la materia seca; TC, taninos condensados.

En la figura 9, se realizó un agrupamiento de rasgos físicos y nutricionales de las leñosas para observar como estos rasgos se relacionan con las diferentes especies, donde se muestra que los rasgos de SLA, DIVMS y los minerales están asociados a las especies leñosas de *G. sepium*, *C. dentata* y *M. oleífera*. Los TC están relacionados en mayor proporción con las leñosas con espinas *A. farnesiana* y *M. pigra*. El rasgo de grosor de hoja está ligado a los contenidos fibrosos. FDN y FDA, que a su vez, se relacionan con *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*. El rasgo de N y dureza de la hoja, se relacionan con las variables de consumo, las cuales se asocian a las especies leñosas *S. saman*, *A. niopoides* y *L. leucocephala*, indicando que estos rasgos presentan gran influencia sobre la preferencia de especies leñosas.

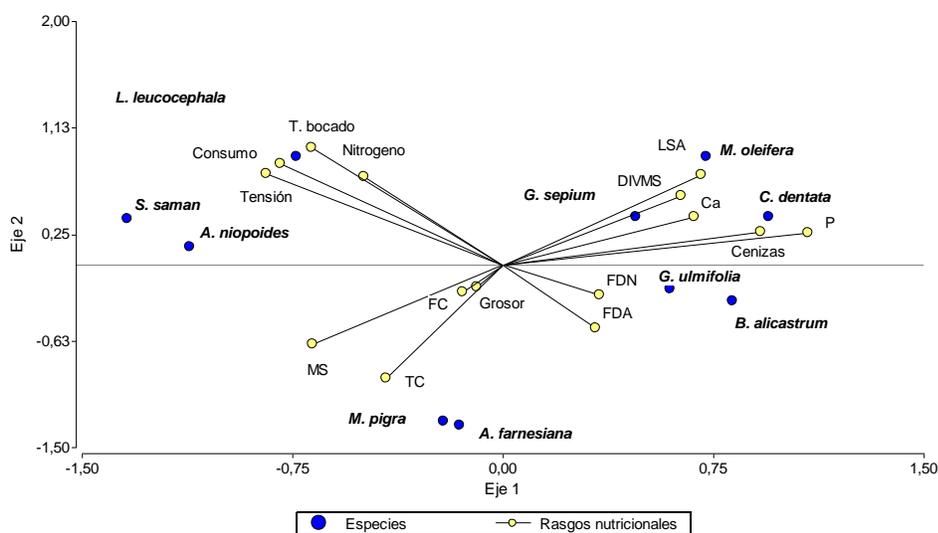


Figura 9. Asociación de rasgos nutricionales y foliares con especies

Las especies con área foliar específica (SLA) baja, están relacionadas con hojas de mayor dureza y rusticidad. Este rasgo funcional se observa en las especies *A. niopoides* y *L. leucocephala*. De esta forma, se podría deducir que los bovinos prefieren especies leñosas con menor SLA y bajos contenidos de TC, en este tipo de hojas es donde se presentan los mayores tamaños de bocados (figura 4).

4.2.3 Conocimiento local y otros rasgos funcionales

En otro sentido, resultados de tesis de (Mosquera 2010), sobre conocimiento local, encontró que el orden de preferencia y apreciación por parte de los productores, las especies más importantes en el ranking de especie para el servicio nutrición fueron *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *S. saman*, con diferencias significativas ($p=0.001$). Los productores afirman que las hojas suaves y pequeñas (relacionadas con lóbulos pequeños) y frutos dulces (estos últimos no fueron evaluados en este estudio), son altamente palatables y digeribles para los animales. La percepción hacia estas leñosas como las mejores para nutrición animal, fue definida por el número de veces en que fue mencionada la especie, lo que involucraba diferentes rasgos para que las especies fueran consideradas como de alto valor nutritivo para los productores. Diferente a este resultado, las pruebas de preferencia de las leñosas arrojaron un orden un poco disímil, lo que deja ver una diferencia entre las especies consideradas con alto potencial forrajero en los dos estudios.

Las especies *C. dentata* no está dentro de las ocho leñosas preferidas por los productores (puesto 11 en el ranking) al igual que *A. niopoides*, pero son consideradas por los productores como leñosas que favorecen la caída de hojas y reciclaje de nutrientes al suelo. Respecto a *A. niopoides* se puede explicar, debido a que es una especie que no todos los productores la tienen en sus fincas, y por tanto no conocen muy bien su comportamiento nutricional y productivo. Lo anterior, podría dificultar la adopción de tecnologías donde involucre especies con alto valor forrajero pero con menor conocimiento por parte de los productores. En este mismo sentido, el cuadro 14 muestra algunos rasgos característicos propios de las leñosas forrajeras, con las que se podrían generar beneficios y aportes de mejoramiento al suelo en la zona de estudio. La mayoría de las leñosas que conforman esta investigación, se identifican por poseer rasgos funcionales en la fijación de nitrógeno y aporte de nutrientes como potasio, calcio y fosforo.

Leñosas como *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *M. oleífera* y *C. dentata* son reportadas por diferentes autores como de fácil propagación y rápida formación de rebrotes lo que facilitaría su establecimiento y producción de biomasa para alimentación de bovinos. Las mismas leñosas con excepción de *M. oleífera*, en varios estudios han sido consideradas con alto rango de adaptación y plasticidad a diferentes tipos de suelos, generando ventajas comparativas frente a otras especies con menor rango. Lo anterior, permite que las leñosas presenten una gran distribución en diferentes tipos de suelos y resistencia a largos periodos de sequía como lo han mostrado en otros estudios a excepción de *B. alicastrum*. Sin embargo, esta especie al igual que *G. sepium* y *M. oleífera*, han demostrado ser las leñosas con mayor porcentaje de degradación en el rumen de los bovinos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Relación de rasgos característicos de las leñosas forrajeras

Especies	Aporte nutriente	SSP / C. viva	Bancos forrajeros	Propag/ Rebrote	Fertilidad Suelo	Plasticidad Suelos	Plasticidad a Ph Suelo	Resist Sequía	Biomasa/ poda	Degradac PC	SLA	Tensión	Grosor	Consumo	Tamaño bocado	ICE	Ranking
<i>A. farnesiana</i>	A	A					A	A					A				
<i>A. niopoides</i>	A	A						A	A			A		A	A	A	
<i>S. saman</i>	A	A						A				A	A	A	A	A	
<i>B. alicastrum</i>		A							A	A							
<i>C. dentata</i>		A	A	A		A		A			A					A	
<i>G. sepium</i>	A	A	A	A		A		A		A	A						A
<i>G. ulmifolia</i>	A	A	A	A		A	A	A					A				A
<i>L. leucocephala</i>	A	A	A	A	A	A		A				A		A	A	A	
<i>M. oleifera</i>	A	A	A	A	A			A		A	A						
<i>M. pigra</i>		A						A									
<i>A. farnesiana</i>					M	M					M						
<i>A. niopoides</i>					M	M					M		M				
<i>S. saman</i>					M	M			M		M						M
<i>B. alicastrum</i>					M	M					M						
<i>C. dentata</i>					M				M	M		M	M	M	M	M	
<i>G. sepium</i>					M		M					M	M		M	M	
<i>G. ulmifolia</i>					M				M		M		M	M	M	M	
<i>L. leucocephala</i>							M		M		M		M				M
<i>M. oleifera</i>												M	M	M	M		
<i>M. pigra</i>					M						M						
<i>A. farnesiana</i>			B	B					B	B		B		B	B	B	
<i>A. niopoides</i>			B	B						B							
<i>S. saman</i>			B	B						B							
<i>B. alicastrum</i>	B		B	B			B	B					B	B	B		
<i>C. dentata</i>	B						B										
<i>G. sepium</i>									B					B			
<i>G. ulmifolia</i>																	
<i>L. leucocephala</i>																	
<i>M. oleifera</i>						B			B							B	
<i>M. pigra</i>	B		B	B		B			B	B		B	B	B	B	B	

A = Alto; M = Medio; B = Bajo; Aporte de nutrientes al suelo; Uso en SSP/cercas vivas; Uso en bancos forrajeros; Facilidad de propagación y rebrotes; Requerimiento a fertilidad del suelo; Plásticidad a diferentes suelos; Plásticidad a diferentes pH del suelo; Nivel de resistencia a sequía; Nivel de producción biomasa y resistencia a podas; Nivel de degradación de la proteína en el rumen; SLA = Área foliar específica; Tensión de la hoja; Grosor de la hoja; Consumo de forraje en gMS; Tamaño de bocados gMS; ICE = Índice de calidad estandarizado y Ranking de leñosas en percepción local.

Botero y Russo (1997); Larbi *et al.* (2005); Stür *et al.* (2000); García y Medina (2006); Pinto *et al.* (2010); Benavides (1994b); Ku Vera *et al.* (1999); Acosta y Reyes (2002); UNA (2004); Chamorro *et al.* (1998); Zapata (2010); Romero (2010); Mosquera (S/F). Rodríguez (S/F).

Con información registrada en el cuadro 14, se buscó encontrar relaciones entre los diferentes rasgos, los cuales agrupo a las leñosas por poseer rasgos físicos y nutricionales en común así: *A. niopoides*, *S. saman* y *L. leucocephala* son agrupadas porque fijan mayor cantidad de nitrógeno al suelo, presentan mayor rango de adaptación a diferentes pH de suelos y se relacionan con mayor preferencia de consumo y tamaños de bocados. Las leñosas *G. ulmifolia*, *G. sepium* y *M. oleífera* presentan moderada a alta plasticidad de adaptación a diferentes tipos de suelos, son también las leñosas de más rápida propagación y producción de rebrotes y la leñosa *B. alicastrum* presenta menor resistencia a sequías prolongadas y la mayor degradación de las proteínas (figura 10).

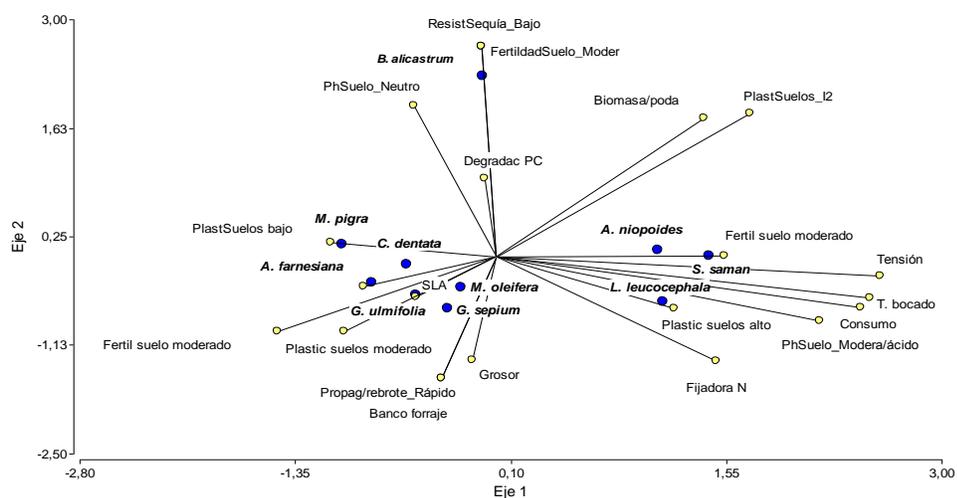


Figura 10. Agrupación de especies por rasgos funcionales

Con la información de rasgos funcionales anterior, se realizó un agrupamiento de las especies leñosas las cuales forman tres grupos de similitud ($p = 0,02$) donde aparecen como primer grupo *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *M. oleífera*, *C. dentata* y un poco retirada de este grupo *L. leucocephala*. El segundo grupo está formado por *A. niopoides* y *S. saman* y el ultimo formado por *B. alicastrum*, *M. pigra* y *A. farnesiana*. (Figura 11).

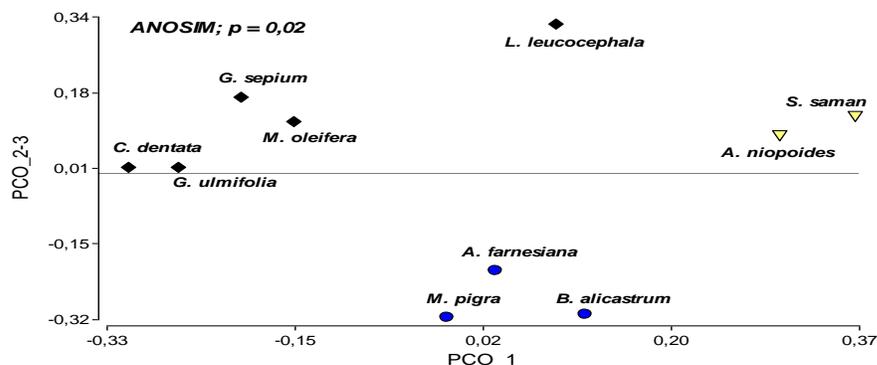


Figura 11. Agrupación de especies en análisis de varianza de similitud

4.3 Índices de calidad nutricional

En nuestro caso, el rasgo de FDA no mostró correlaciones altas (-0,30) respectivamente, por lo que se incluye en el cálculo de los Índices. Para el cálculo de los índices, se tomó la información de rasgos nutricionales encontrados en el cuadro 12. A partir de esta información, se elaboró la nueva matriz que aparece en el cuadro 15. Los rasgos de Nitrógeno, Ca y P fueron obtenidos por medio de muestras enviadas al laboratorio de CATIE; El consumo y tamaño de bocados fue obtenido en las pruebas de preferencia de esta investigación y los rasgos de FDN, FDA, FC, Cenizas, DIVMS y TC se obtuvo de fuentes secundarias las cuales aparecen en el cuadro 12.

Cuadro 15. Rasgos nutricionales para cálculo de índices nutricionales

Especies	Rasgos nutricionales									Preferencias	
	N (%)	FDN (%)	FDA (%)	FC (%)	Cenizas (%)	Ca (%)	P (%)	DIVMS (%)	T. C (%)	Consumo gMS	T. bocado gMS
<i>A. farnesiana</i>	2,96	46,32	39,96	19,90	6,72	0,77	0,24	40,80	3,10	0,74	0,07
<i>A. niopoides</i>	2,95	45,48	31,58	24,82	8,92	1,10	0,14	42,90	1,22	131,55	7,53
<i>S. saman</i>	3,67	42,39	31,15	29,45	5,68	0,98	0,12	39,69	0,96	165,80	7,31
<i>B. alicastrum</i>	1,83	48,77	36,14	22,40	10,49	1,75	0,37	65,23	0,35	19,36	2,56
<i>C. dentata</i>	3,38	56,00	44,11	21,00	15,40	2,08	0,34	39,07	0,00	72,34	3,53
<i>G. sepium</i>	3,52	41,82	30,74	22,12	9,28	1,22	0,35	74,80	0,28	26,09	4,01
<i>G. ulmifolia</i>	2,35	57,90	37,23	36,25	10,45	1,69	0,37	63,90	0,05	63,26	3,66
<i>L. leucocephala</i>	3,79	36,69	23,59	18,08	7,52	1,67	0,29	65,10	1,01	139,57	7,55
<i>M. oleifera</i>	3,19	29,40	19,20	18,50	10,93	1,27	0,43	65,23	1,02	65,77	3,52
<i>M. pigra</i>	2,62	35,40	27,50	24,30	9,03	1,33	0,26	32,90	4,11	11,12	0,35

N = Nitrógeno, FDN = Fibra detergente neutra, FDA = Fibra detergente neutra, FC = Fibra cruda, Cenizas, Ca = Calcio, P = Fósforo, DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca, TC = Taninos condensados, Consumo de forraje y Tamaño de bocados de forraje.

El cuadro 16, muestra las especies con valores de calidad nutricional más altos de acuerdo a los índices calculados como una forma de categorización sin unidades, estos corresponden a: *C. dentata* (2,56 y 2,60), *A. niopoides* (3,04 y 1,98), *L. leucocephala* (1,76 y 2,65), y *S. saman* (2,84 y 1,19). Los valores calculados para los índices nutricionales de las diferencias ajustadas indican que las especies que muestran los mejores promedios de sus contenidos nutricionales son *C. dentata*, *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *S. saman* en su orden de importancia.

Cuadro 16. Índices de calidad nutricional de especies leñosas (diferencias ajustadas)

<i>Especies</i>	<i>ICE</i>	<i>IRCE</i>
<i>C. dentata</i>	2,56	2,60
<i>A. niopoides</i>	3,04	1,98
<i>L. leucocephala</i>	1,76	2,65
<i>S. saman</i>	2,84	1,19
<i>G. sepium</i>	1,54	0,79
<i>G. ulmifolia</i>	0,98	0,90
<i>M. oleífera</i>	0,86	0,56
<i>B. alicastrum</i>	1,08	0,21
<i>A. farnesiana</i>	-0,51	-1,69
<i>M. pigra</i>	-0,90	-1,90

ICE = Índice de Calidad Estándarizado; IRCE = Índice de Rendimiento estandarizado

4.4 Evaluación de leñosas en dietas balanceadas

Las pruebas de laboratorio fueron realizadas en el laboratorio de la Cooperativa Lácteos Nicarao ubicada en la Ciudad de Rivas. El análisis estadístico se realizó con un diseño de cuadrado latino 4x4 con refuerzo, como factor de bloque las fincas, y donde todas las vacas recibieron todos los tratamientos.

El periodo de evaluación de las dietas fue desarrollado en periodos de 10 días, comprendidos entre el 01 de julio al 09 de agosto de 2010. Esta época coincidió con un periodo invernal fuerte que sobre pasó los promedios históricos para la zona (> a 300 mm mes). Sin embargo, en la figura 12 se observa el comportamiento y la evolución de la producción de leche cuando se suministró las diferentes dietas con leñosas. En esta se observa que las leñosas mostraron un incremento paulatino durante los 4 periodos, sobresaliendo las dietas A (*S. saman* + *C. dentata*) y la dieta B (*L. leucocephala* + *C. dentata*).

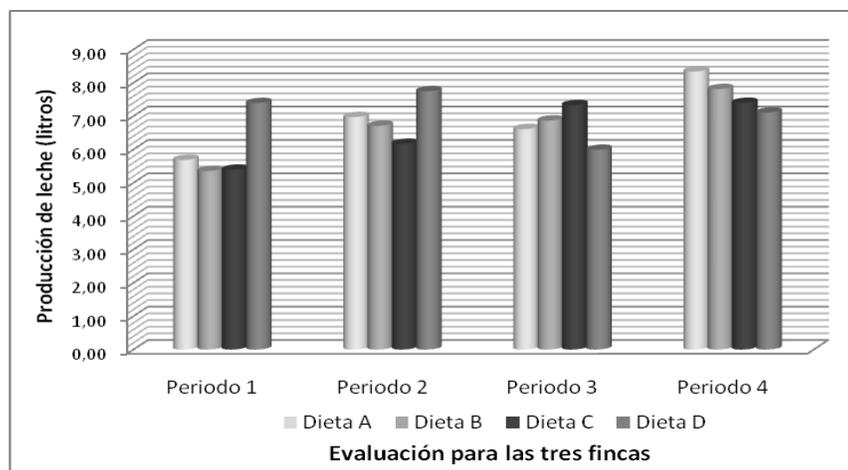


Figura 12. Efecto de las dietas sobre el comportamiento de leche en los 4 periodos Durante este mismo periodo de evaluación de las dietas se observó el comportamiento y evolución de la grasa de leche como efecto de las diferentes dietas con leñosas. En esta se evidencia que las leñosas mostraron un incremento paulatino durante los 4 periodos, sobresaliendo las dietas B (*L. leucocephala* + *C. dentata*), y C (*A. niopoides* + *C. dentata*). La dieta A (*S. saman* + *C. dentata*), mostró un buen comportamiento en los dos primeros periodos, pero tuvo un retroceso en los dos últimos, posiblemente como efecto de la intensidad de las lluvias al ocasionar estrés en los animales (figura 13).

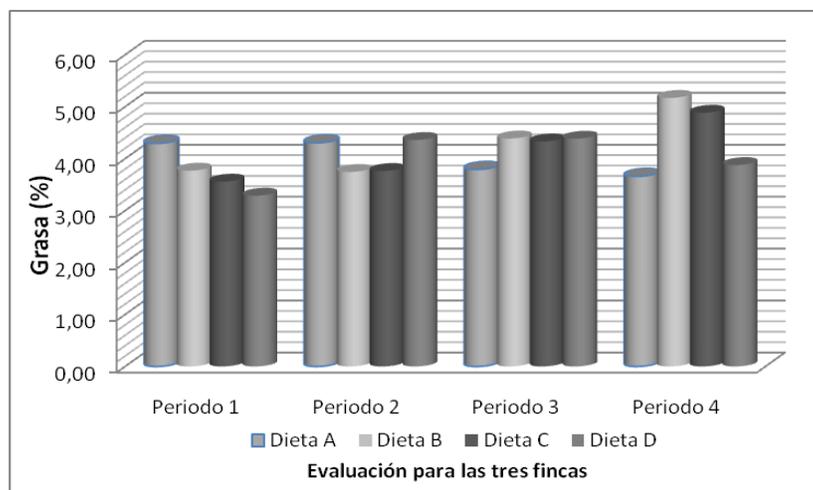


Figura 13. Efecto de las dietas y comportamiento de la grasa en la leche en los 4 periodos

De igual forma, en la figura 14 se observa el comportamiento y la evolución de los sólidos totales de la leche como efecto de las diferentes dietas con leñosas. En esta se evidencia que las leñosas mostraron un incremento paulatino durante los 4 periodos, sobresaliendo las dietas B (*L. leucocephala* + *C. dentata*) y C (*A. niopoides* + *C. dentata*).

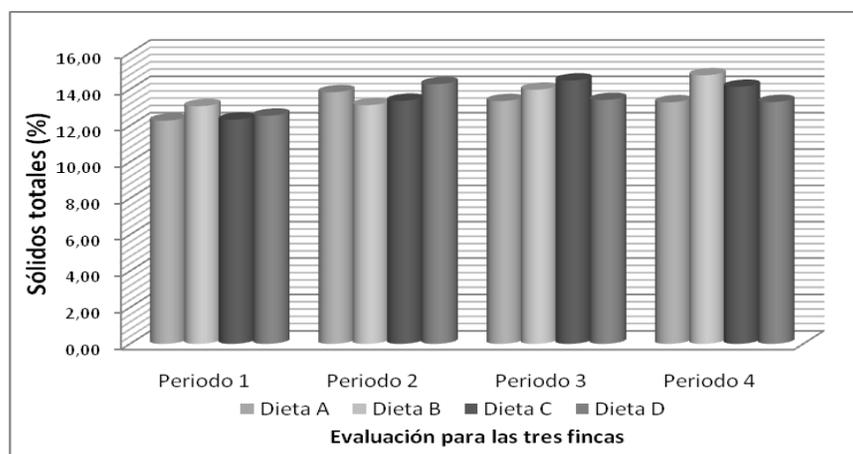


Figura 14. Efecto de dietas y comportamiento de sólidos totales de la leche en los 4 periodos

Las tres fincas donde se desarrolló la evaluación, contó con unas dietas testigo (anteriormente detallada) que aunque no fueron balanceadas, si contenían materias primas con altos valores nutricionales. En este sentido, los resultados alcanzados muestran que la interacción de fincas (bloques) x dietas para la producción de leche evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$); para grasa y sólidos totales no mostró diferencias ($p > 0,05$) entre fincas. De otro lado, las dietas analizadas frente a la producción de leche, grasa y sólidos totales tampoco evidencian diferencias estadísticas con ($p > 0,05$). Sin embargo, La dieta elaborada con (*S. saman* y *C. dentata*), tiene el mayor incremento para la producción de leche. Y las conformadas por (*L. leucocephala* con *C. dentata*) y (*A. niopoides* con *C. dentata*) mostraron los mejores comportamientos para el incremento de la calidad de la leche. En el cuadro 17, se aprecian estos resultados.

Cuadro 17. Parámetros de producción y calidad de leche para las tres fincas (vaca – día)

Dieta	Produc. leche (L/vaca/día)	Grasa (%)	Sólidos totales (%)
<i>Samsam – Corden</i>	6,90 ± 0,13(a)	3,98 ± 0,14(a)	13,28 ± 0,20 (a)
<i>Leuleu – Corden</i>	7,01 ± 0,10(ab)	4,27 ± 0,13(a)	13,74 ± 1,19 (a)
<i>Albno - Corden</i>	6,68 ± 0,89(b)	4,13 ± 0,10(a)	13,58 ± 0,09 (a)
<i>Testigo</i>	6,65 ± 1,09(ab)	3,97 ± 1,22(a)	13,39 ± 0,05 (a)

Letras distintas muestran diferencias significativas.

Producción leche $R^2=0,71$ ($P > 0,05$); Grasa $R^2=0,81$ ($p > 0,05$); Sólidos totales $R^2=0,72$ ($p > 0,05$)

4.4.1 Resultados por fincas

4.4.1.1 Calidad y producción de leche en la finca Los Quiróz

En esta finca se observó, que el forraje fue picado con molino de martillo a motor, el cual suministró las partículas del forraje de tamaño mayor a 2 cm de longitud. La producción de leche durante la época seca mantuvo una producción promedio de 5,5 litros/vaca/día (Información suministrada por el señor Imar Quiróz).

En el cuadro 18, se observa que la dieta B mostró el más alto valor de producción de leche, grasa y sólidos totales, superando la dieta testigo y evidenciando que están dentro de la categoría de excelente, según estándares de calidad ($>3,5$ y $>12,2$) para grasa y sólidos totales (Parra *et al.* 2003; Calderón *et al.* 2006). A pesar de que para grasa y sólidos totales no presentó diferencias ($p>0,05$), se evidencia que las dietas de (*L. leucocephala* + *C. dentata*) y (*A. niopoides* + *C. dentata*) superaron la dieta testigo, siendo ésta una dieta suplementada por parte del productor con desechos de cervecería, semillas de leguminosas leñosas y *P. purpureum* entre otros.

4.4.1.2 Calidad y producción de leche en la finca Zaragoza

En esta finca se observó, que el forraje fue picado con machete, las partículas del forraje fueron de tamaño mayor a 5 cm de longitud. La producción de leche durante la época seca mantuvo una producción promedio de 4,0 litros/vaca/día (Información suministrada por el señor Martín Mena). Lo anterior muestra que el patrón de producción de leche no fue superado por las dietas de las leñosas, y que las dietas B y C lucieron el mejor comportamiento para la producción de grasa (5,29 y 5,02) y sólidos totales (14,78 y 14,84) respectivamente, superando la dieta testigo, demostrando que están dentro de la categoría de excelente, según estándares de calidad ($>3,5$ y $12,2$) de grasa y sólidos totales. A pesar de que para grasa y sólidos totales no presentó diferencias ($p>0,05$), se evidencia que las dietas de (*L. leucocephala* + *C. dentata*) y (*A. niopoides* + *C. dentata*) superaron la dieta testigo, siendo esta una dieta suplementada por parte del productor con *P. purpureum*, pollinaza y melaza (cuadro 18).

4.4.1.3 Calidad y producción de leche en la finca Santa Gertrudis

En esta finca se observó, que el forraje fue picado con maquina picadora de motor, la cual dejaba las partículas del forraje de tamaño menor a 1 cm de longitud. La producción de leche durante la época seca mantuvo una producción promedio de 2,25 litros/vaca/día (Información suministrada por el señor Roberto Gutiérrez).

Se observa que la dieta A, B y C mostraron los más altos valor en producción de leche, grasa y sólidos totales, superando la dieta testigo, sin embargo los valores de grasa no reúne los requisitos mínimos de estándares de calidad (<3,0 de grasa). A pesar de no existir diferencias ($p>0,05$), se evidencia que todas las dietas superaron la dieta testigo. Es conveniente aclarar que estas vacas venían siendo suplementada con heno, silo de maíz y *P. purpureum* (cuadro 18).

Cuadro 18. Parámetros de producción y calidad de leche en las tres fincas

Finca*		Los Quiróz	
Dieta	Produc. leche (L/vaca/día)	Grasa (%)	Sólidos totales (%)
Samsam – Corden	8,28 + 1,10(c)	4,68 + 0,36(a)	14,00 + 0,90(a)
Leuleu – Corden	8,74 + 0,84(a)	4,79 + 0,80(b)	13,99 + 1,06(a)
Albnio - Corden	8,16 + 1,91(b)	4,66 + 0,74(ab)	13,90 + 0,69(a)
Testigo	8,68 + 1,88(b)	4,48 + 0,55(ab)	13,57 + 0,80(a)
Finca**		Zaragoza	
<i>Samsam – Corden</i>	6,14 + 1,72(c)	4,35 + 1,21(a)	14,03 + 1,25(a)
<i>Leuleu – Corden</i>	5,27 + 1,44(a)	5,29 + 1,23(b)	14,78 + 1,92(a)
<i>Albnio - Corden</i>	5,68 + 1,32(b)	5,02 + 1,32(ab)	14,84 + 1,94(a)
Testigo	6,32 + 1,37(c)	4,84 + 1,46(ab)	14,49 + 1,30(a)
Finca***		Santa Gertrudis	
<i>Samsam – Corden</i>	6,29 ± 1,95(b)	2,93 ± 0,85(a)	11,81 ± 0,62(a)
<i>Leuleu – Corden</i>	6,05 ± 2,05(ab)	2,72 ± 0,95(a)	12,45 ± 1,17(a)
<i>Albnio - Corden</i>	5,88 ± 1,58(ab)	2,72 ± 0,80(a)	12,01 ± 0,97(a)
<i>Testigo</i>	5,66 ± 1,56(a)	2,62 ± 0,73(a)	12,11 ± 1,25(a)

Letras distintas muestran diferencias significativas.

*Producción n=160, $p>0,05$ $r^2=66\%$, CV = 14,20 Significativo. Grasa ($p>0,05$); Sólidos totales ($p>0,05$)

**Producción n=160 $p=0,0001$ $r^2=80\%$, CV=11,76 Significativo. Grasa ($p>0,05$); Sólidos totales ($p>0,05$).

***Producción n = 160, $p=0,0328$ $r^2=72\%$, CV = 16,37; Grasa ($p>0,05$); Sólidos totales ($p>0,05$)

4.4.1.4 Consumo asociativo

Siguiendo el enfoque de mezclas de forrajes. Se estima que la cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos el mismo día. Este fenómeno es conocido como efecto asociativo.

Siguiendo los planteamientos anteriores se midió el efecto de las leñosas en forma individual y asociadas (mezclas de dos especies), donde se pretendió evaluar el consumo de especies con rasgos contrastante de las leguminosas (*S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides*) al combinarse con una leñosa no leguminosa (*C. dentata*), para conocer si estas especies generaban algún efecto asociativo. Los resultados muestran que *L. leucocephala*, *S. saman* y *A. niopoides* presentaron un efecto de consumo asociativo mayor al mezclarse con *C. dentata* (21,87; 9,74 y 5,17%) respectivamente (cuadro 19).

En este sentido, se podría indicar que los bovinos consumen mayor cantidad de alimento cuando se suministran los forrajes mezclados entre sí, que cuando se ofrece el forraje de una sola especie leñosa, a demás de lo anterior se puede considerar que al usar mezclas de especies con rasgos de SLA diferentes para *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *A. saman* con valores de 11,79 cm; 11,56 cm y 14,24 cm respectivamente, se combinaron las mezclas con forraje de *C. dentata* la cual presenta rasgos de SLA mayor (20,96 cm) que las especies anteriores. Coincidentalmente la especie *L. leucocephala* quien presenta menor SLA y mayor contenido de nitrógeno que al mezclarse con *C. dentata* mostró los mejores consumos asociativos (Cuadro 19).

Cuadro 19. Consumo asociativo para las especies leñosas de la mezcla

especie	Consumo leñosa individual (Kg-MS)	mezcla ofrecida (Kg-MS)	leñosa individual Rechazada (Kg-MS)	C. dentata Rechazada (Kg-MS)	Consumo real (Kg-MS)	Consumo asociativo (Kg-MS)	Consumo asociativo (%)
<i>S. saman</i>	1,9	2,22	0,09	0,13	2,09	0,19	9,74
<i>L. leucocephala</i>	2	2,6	0,09	0,16	2,44	0,44	21,87
<i>A. niopoides</i>	2,8	3,10	0,14	0,16	2,94	0,14	5,17
<i>C. dentata</i>	2,0	2,28	0,14	0,16	2,09	0,09	4,25

5 DISCUSIÓN

Comprendiendo el papel de las especies leñosas para el funcionamiento del ecosistema en función de la productividad primaria, tasa de descomposición de la hojarasca, herbivoría entre otros, son parte de los principales objetivos de los estudios sobre la ecología. Varios intentos para generalizar el llamado efecto de rasgos funcionales de los grupos de especies de plantas sobre los procesos de los ecosistemas, se han centrado en los rasgos individuales, (Lavorel y Garnier 2002). Sin embargo, los rasgos individuales no se deben considerar de forma aislada, debido a que algunos grupos de características mantienen una coordinación suficientemente estrecha (Wright *et al.* 2004) para ser mostrados como formando una sola dimensión de la variación de la estrategia compuesta de varias características (Westoby y Wright 2006).

5.1 Pruebas de preferencias

5.1.1 Consumo de forraje y tamaño de bocados

Rasgos físicos y nutricionales como la presencia de espinas, altos contenidos de material fibroso y taninos condensados limita la preferencia de las especies leñosas y la permanencia de las especies leñosas en pastoreo. Contrario a esto, en pastoreo sostenido a menudo se reduce el valor forrajero de los pastizales debido al agotamiento de algunas especies y su sustitución por especies no palatables (Tobler *et al.* 2003). Sin embargo, la reducción o agotamiento de las especies forrajeras en pastoreo podría depender de la capacidad de rebrote, la calidad nutritiva, la digestibilidad del forraje y la baja presencia de elementos secundarios, haciendo que estas sean más consumidas. Es así, como en algunos pastizales los herbívoros salvajes o domésticos promueven el aumento de especies más nutritivas y sabrosas de alta calidad forrajera en comparación con las que forman parches o comunidades de plantas no sometidas a pastoreo (Tobler *et al.* 2003).

Algunos rasgos fenológicos claves para la proporción de hojas y tallos, producción y calidad de forraje disponible para la alimentación animal en la época seca en la zona de estudio, como el patrón de caída de hojas en las diferentes especies leñosas, cuando por características de mantenimiento y permanencia de las especies ocasionan la caída de sus hojas. De este modo, también el tiempo de floración es considerado como una característica central clave para entender la evolución y acumulación de forraje y su digestibilidad (Demarquilly 1988), este determina la fecha en que se produce el rendimiento máximo de la biomasa y los cambios en la proporción de hojas que tienen una gran influencia sobre la calidad y digestibilidad del forraje.

Las leñosas con forrajes mas suaves y succulentos tales como *G. sepium*, *L. leucocephala*, *C. dentata*, *G. ulmifolia* y *M. oleífera* podrían tener la mayor producción de biomasa, mejor resistencia a herbivoría y capacidad para la producción de rebrotes (Cuadro14). Sin embargo, Las plantas que sufren una alta tasa de herbivoría y persisten o aumentan su biomasa en pastoreos pesados, se definen como tolerantes a pastoreo (Briske *et al.* 1996). Contrario a esto, se considera que las especies con mayor tolerancia a sequía presentan altos contenidos de material fibroso, baja capacidad de rebrote y algunas con presencia de espinas, este es el caso de algunas leñosas como *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *S. saman* y *B. alicastrum*. De esta forma garantizan la permanencia de la especie, facilitando una mayor producción y disponibilidad de biomasa, calidad nutritiva y digestibilidad del forraje. En este sentido, (Demarquilly 1988), considera que los árboles y arbustos forrajeros tienen un gran potencial para proporcionar follajes como suplementos alimenticios de proteína y energía durante la sequía. El valor alimenticio de cualquier forraje refleja una serie de características funcionales de las especies que incluye la disponibilidad de biomasa, la accesibilidad, la disponibilidad de nutrientes y la presencia o ausencia de compuestos secundarios que actuarían en determinados casos como mecanismos de defensa o estimuladores de la herbivoría.

No obstante, la variación en el consumo de forrajes de leñosas para los bovinos, podrían estar asociadas a la calidad nutritiva, al tamaño de las hojas, presencia de espinas, compuestos secundarios con características astringentes, adversas o estimuladoras de la preferencia por consumo, experiencia previa y memoria de consumo de los animales y su interacción con el tipo de animal y sus diferentes estados productivos. En este sentido, en algunos estudios de preferencia y aceptabilidad realizado con bovinos y ovinos no se ha encontrado relación del consumo con la presencia de metabolitos polifenólicos (Sandoval-Castro *et al.* 2005; Pinto *et al.* 2010), lo que demuestra que en muchos casos la preferencia de forrajes es un fenómeno generado por múltiples causas y en ocasiones complicado de interpretar.

Sin embargo, Rosenthal y Kotanen (1994), consideran que la tolerancia de las plantas a la herbivoría implica tanto factores intrínsecos como extrínsecos. Entre los factores intrínsecos se encuentra la tasa de crecimiento como uno de los más importantes (Wright y Westoby 1999). Como factores extrínsecos se encuentra la influencia de la especie sobre la disponibilidad de recursos para apoyar nuevo crecimiento de rebrotes y soportar altas tasas de crecimiento intrínseco. Este es el caso de especies leñosas como *G. sepium*, *L. leucocephala*, *C. dentata*, *G. ulmifolia* y *M. oleífera*. De este modo se considera que las plantas necesitan tener altas tasas de captura de recursos del medio ambiente alcanzados por la capacidad fotosintética y la absorción de nutrientes, requiriendo a su vez de alta concentración de N en las hojas (Chapin *et al.* 1993). Es así, como las especies leguminosas como *A. farnesiana*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *S. saman*, *G. sepium*, *M. oleífera* y *M. pigra* y algunas no leguminosas como *C. dentata*, *G. ulmifolia* presentan alta resistencia a sequía y altas tasas fotosintéticas, manteniendo por más tiempo la calidad nutricional de sus follajes (Cuadro 14). Esta característica generalmente aumenta la calidad de la hoja y la selectividad por los herbívoros (Wright y Westoby 1999), generando cambios positivos entre el pastoreo y calidad de la planta, debido a las compensaciones fisiológicas. Las plantas con altas tasas de crecimiento no son eficientes en la conservación de los recursos (Westoby *et al.* 2002), por lo tanto, una respuesta tolerante al pastoreo serían menos comunes en sistemas con baja disponibilidad de recursos.

Sin embargo, Velázquez (2005), durante la época seca identificó siete especies como muy apetecibles, dentro de éstas la de mayor preferencia reportó que *S. saman* fue la especie de mayor preferencia por consumo, coincidiendo con la leñosas de mayor preferencia por consumo y tamaño de bocados encontrada en este estudio. Es así, como estos resultados podrían estar asociados con las porciones de forrajes más gustosos de las plantas leñosas (hojas) que son consumidas primero (Van Soest 1994; Lloyd *et al.* 2010b). También a altos contenidos de nutrientes, especialmente nitrógeno y fosforo del forraje de las especies más preferidas como *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides*. De la misma forma, se estima que la selección y preferencia de forraje asume diferenciación nutritiva y morfológica en las diferentes partes de la planta y en la dureza de hojas y tallos. Esto mismo, podría estar influenciado por los tipos de especies forrajeras disponibles y la edad o madurez del forraje (Van Soest 1994; Lyons y Machen 2000).

El consumo de *G. ulmifolia* fue de 34 gMS - minuto en ovinos, presentó el más alto número de bocados - minuto (17) con ($p < 0,05$) en este estudio. Para otras especies el consumo - minuto fue menor a 60 gMS y menor a 12,6 bocados por minuto (Sosa *et al.* 2004). La baja preferencia por especies forrajeras en rumiantes puede estar asociada al desarrollo morfológico y estructural de las plantas (Burns *et al.* 2001), y a la presencia de compuestos secundarios, los cuales podrían tener efectos adversos sobre el consumo debido a la asociación en la ingesta de la planta y consecuencias negativas en la preferencia de forraje (Provenza *et al.* 2007). También se puede considerar como un factor determinante para la preferencia, el hecho de que los rumiantes son capaces de recordar cualquier forraje y reconocer las diferencias con otros alimentos de un forraje cosechado del mismo campo hasta 12 horas después (Fisher *et al.* 1999). Esto podría estar generando influencia para las especies que fueron ofrecidas en los primeros días de la prueba.

De otra parte, La diferencia de consumo (figura 3), para el caso de *L. leucocephala* (159,37 gMS en 3 minutos y los resultados de consumo de forraje por ovejas 4,16 gMS - minuto) alcanzados por Stewart y Dunsdon (2003), radica en el uso de especies animales distintas, yá que los ovinos posiblemente son más selectivos que los bovinos y presentan menor capacidad corporal para el almacenamiento de alimentos tiempo de consumo en este estudio fue medido como tiempo efectivo de consumo (tiempo cronometrado), generando de este modo un control estricto del consumo por minuto. Los mismos autores, en otro estudio usando ovejas, evaluaron las especies *A. niopoides* y *S. saman*. La primera leñosa presentó el mayor consumos que oscilaron entre $3,15 \pm 2,89$ y $199 \pm 82,78$ g - hora, comparado con 131,55 gMS en 3 minutos en este estudio. De la misma forma, la diferencia radica en el uso de animales de menor tamaño, menor capacidad de almacenamiento de alimentos, capacidad de aprehensión bucal más bajo que los bovinos y en la forma de medición del tiempo para las pruebas. En este mismo estudio, *S. saman* mostró consumos inferiores que oscilaron entre 0 y $2,41 \pm 1,50$ gMS - hora, siendo menor preferida que por los bovinos.

De la misma manera, Sandoval-Castro *et al.* (2005), en un estudio realizado con bovinos en México, evaluó el consumo de árboles forrajeros en pastoreo (gMS-minuto), donde evaluaron diferentes leñosas forrajeras. Estas alcanzaron consumos para *L. Leucocephala* 22.18 g, *G. ulmifolia* 13.47g y *B. alicastrum* 38.56g, frente a 139,57, 63,26 y 19,36 en 3 minutos respectivamente. Las dos pruebas presentan diferencias metodológicas, las cuales son difíciles de comparar debido a que en pastoreo la disponibilidad de forraje estaría con mayor dispersión espacial frente a las pruebas de cafetería, Sin embargo estas diferencias de consumo en las dos pruebas son escasas. En el mismo sentido, Nieto Marín *et al.* (2001) citado por (Sandoval-Castro *et al.* 2005), observaron que la tasa de consumo de forrajes de los árboles (*L. Leucocephala*, *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*) cuando se ofreció ad libitum, fue alrededor de 20 gMS-minuto. El autor asume que la causa principal de la diferencia radicó en el tiempo efectivo de consumo de forraje en cada árbol.

En otros experimentos de cafetería realizados por Alonzo-Díaz *et al.* (2008), midió el consumo de árboles con forraje fibroso, taninos condensados y totales en cabras por cuatro horas. Observó que *Brosimum alicastrum* fue preferida con 13,56 gMS/kg de peso vivo, debido al mayor consumo, pero también mostró la menor velocidad de consumo (tiempo). Esta especie leñosa presenta bajos contenidos de TC, baja FDA y alta digestibilidad (Cuadro 12).

5.1.2 Número de bocados de forraje por minuto

Los bocados por minuto (gMS) mostrados en la figura 4, indican que podría existir una influencia sobre las preferencias de consumos de las vacas en la distribución de las hojas sobre las ramas, debido a la cantidad de forraje obtenido en un solo bocado. De esta forma, se deduce que los bovinos requieren menor tiempo de consumo cuando la disponibilidad de forraje de las leñosas forrajeras presentan hojas grandes con alta cantidad de lóbulos, tal es el caso de *S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *G. sepium* y *M. oleifera*, quienes usaron menor número de bocados, lo que se reflejarían y justificaría un menor tiempo de satisfacción de necesidad en consumo.

También Benavides (1994c), encontró que los bocados realizados por bovinos en ramoneo en 9 especies leñosas (54% de las especies evaluadas), de estas 38 bocados-minuto fueron para *C. dentata*. Sin embargo, la diferencia respecto a los bocados-minuto alcanzados para la misma especie en esta investigación 26,34 - minuto, estuvo sustentada en el tiempo efectivo (consumo cronometrado en 3 minutos), comparado con libre consumo en pastoreo con periodos más largos.

En este mismo sentido, Sosa *et al.* (2004), evaluó el consumo de ovinos en cinco diferentes leñosas forrajeras con tiempos de pastoreo distintos 8, 6, 4, 2 horas, en estos tiempos de pastoreo midió el consumo, número y tamaño de bocados, y encontró que los consumos menores y mayores para *Piscidia piscipula* y *G. ulmifolia* oscilaron entre 4 y 34 gMS, un número de 6 y 17 bocados minuto respectivamente, siendo estos resultados muy consistentes con los alcanzados en este estudio para *G. ulmifolia* (consumo de 63,26 gMS en 3 minutos y 25,36 bocados – minuto). La diferencia está en las distintas leñosas y especies de rumiantes utilizadas.

Mientras que Chacón y Stobbs (1976) en su estudio, utilizaron vacas fistuladas con un dispositivo para medir el pastoreo de gramíneas, encontraron que el tiempo dedicado a consumo en pastoreo estuvo entre 550 y 650 minutos/día en los primeros dos días (9,1 a 10,8 horas), también reportan 39.600 y 34.300 bocados por día en otoño y primavera respectivamente (55 a 62,5 bocados-minuto). También observaron que los bovinos al final de la evaluación, realizaron menor número de bocados/día (23.300, para un total de 36 bocados /minuto) y menor tamaño de los mismos. Esto debido, a la disminución progresiva de forraje y a la obligada selectividad en la búsqueda de forraje por la misma razón, en el mismo sentido se podría asumir que a pesar de encontrar similitudes en el número de bocados – minuto, las comparaciones con este estudio no serían convenientes debido a que se usaron metodologías y especies forrajeras distintas (gramíneas y leñosas).

En el mismo estudio (Stobbs 1973), sugieren que en cualquier período de evaluación se requiere un número máximo de mordeduras o bocados por día que rara vez supera los 36.000 (25 bocados-minuto). Coincidiendo con este estudio que registra un número máximo de bocados por minuto de 26,34 para la especie *C. dentata*.

De otra parte, las características de las plantas que regulan el tamaño del bocado (tamaño y forma de hojas, espinas, fibra, compuestos secundarios etc.) también controlan la tasa de consumo de forraje de los animales (Lyons *et al.* 2001b). Por ejemplo, las espinas de las plantas restringen el tamaño del bocado y reducen el consumo, aunque los animales extiendan el tiempo de pastoreo para tratar de compensar los bocados más pequeños (bocado pequeños requieren mayor tiempo de consumo y un mayor número de bocados reflejan pequeños bocados). Una mayor proporción de tallos fibrosos en relación con las hojas, presentan también una gran influencia sobre la reducción del tamaño de los bocados de vacas en pastoreo (Stobbs 1973).

Las especies *A. farnesiana* y *M. pigra*, son arbustos que no alcanzan alturas superiores a 3 metros, donde los bovinos tendrían un mayor acceso al forraje y debería favorecer un mayor consumo, comparado con otras especies leñosas de mayor altura que no permitirían alcanzar su forraje, presenta también, rasgos físicos como espinas, hojas pequeñas con lóbulos

muy pequeños; rasgos químicos como altos contenidos de TC, que podrían limitar la preferencia de las especies, de este modo se podría considerar que la preferencia de los bovinos por consumo en este tipo de leñosas presenta consumos muy bajos con bocados muy pequeños, lo que hace que se incremente el número de bocados para compensar el bajo consumo. Lo anterior comparado con otras especies también leguminosas, pero sin presencia de estos rasgos o en menor proporción.

En este mismo sentido, según Goodchild y McMeniman 1987 en (Dicko y Sikena 1992), confirma lo anteriormente expuesto, al considerar que la arquitectura y crecimiento de los árboles y arbustos como (*Acacia sp*) puede limitar el acceso de los animales en pastoreo, los animales pueden aumentar la velocidad de consumo para compensar parcialmente la reducción de tamaño de bocado. Pero los tamaños de bocados pequeños, en forma general, no pueden compensar las dificultades en el pastoreo. Sin embargo, los consumos de hojas de *Acacias sp* (follaje y frutos) pueden ser tan altos (7 toneladas - ha - año), lo que sugiere una influencia de calidad del forraje. La gestión por el control de la carga animal en temporada seca debe complementarse con acceso a las podas o cortes y transporte como estrategias para aumentar la accesibilidad de forrajes para alimentación animal. La baja digestibilidad de *Acacias sp* se asoció con alto contenido de lignina de la pared celular, y la digestibilidad de la fibra está inversamente relacionada con el contenido de lignina de la pared celular (Van Soest 1994).

5.1.3 Tiempo de consumo de forraje

El tiempo efectivo de consumo es consistente con los resultados obtenidos por Stewart (2003); Stewart y Dunsdon (2003), donde evaluaron el consumo de forraje de diferentes tasas de *L. leucocephala* con ovejas durante 18 días consecutivos y cuatro horas diarias. Como resultado, encontraron que el consumo (medido por diferencia de pesos entre ofrecido y rechazado) de forraje más alto fue de *L. leucocephala* con 250 gMS/hora (4,16 gMS - minuto).

Se estima que el tiempo de consumo estaría influenciado por el tamaño de las hojas (SLA), contenidos de nitrógeno, dureza y gustosidad de las mismas, presencia de espinas, de compuestos secundarios, de la DIVMS y de contenidos fibrosos en los forrajes. Como también de la arquitectura y crecimiento de los árboles y arbustos que podrían limitar el acceso de los animales en pastoreo Goodchild y McMeniman 1987 en (Dicko y Sikená 1992). Estas características estarían reflejadas de manera especial en las especies leñosas *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides* quienes a demás de presentar los mayores tiempos dedicados al consumo, también mostraron los mayores consumos, mayores tamaños de bocados y menor número de bocados.

5.1.4 Diámetro de ramas mordidas

Los diámetros de las ramas mordidas alcanzados por las vacas, podrían representar a las especies leguminosas con hojas grandes con mayor concentración de estas en las puntas de las ramas, tallos tiernos y suculentos, lo que permite que el animal obtenga también en su bocado parte de material fibroso de los tallos. A demás de lo anterior se estima que *S. saman*, *G. sepium*, *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *M. oleífera* tendrían ramas terminales gruesas y suaves sin limitaciones de consumo por espinas y bajos contenidos de TC, ventaja comparativa que es aprovechada por los bovinos (Cuadro 12).

5.2 Rasgos funcionales de las especies leñosas

5.2.1 Correlaciones de rasgos físicos y nutricionales

Algunos rasgos foliares fáciles de medir, como el área foliar específica (SLA) y la dureza de la hoja, están estrechamente correlacionados con la tasa de crecimiento y nutrientes foliares a través de un amplio conjunto de especies (Westoby *et al.* 2002). A medida que estas plantas reflejan compensaciones fundamentales de crecimiento (o almacenamiento), las plantas que toleran el pastoreo como mecanismo de defensa deben tener alta SLA y la dureza de la hoja baja. Lo anterior podría ser el caso de las especies *S. saman*, *G. sepium*, *C. dentata*, *G. ulmifolia* y *M. oleífera* quienes presentan altos valores de SLA y baja dureza de hojas, lo que permite mejor capacidad de tasas de crecimiento y rebrotes para ser tenidas en cuenta en planes de producción de biomasa y alimentación para bovinos (Cuadro 12).

En suelos fértiles, el pastoreo reduce la abundancia de los forrajes de dominantes alturas al ser moderadamente consumido por los ovinos, y a la vez promueve el aumento de gramíneas y herbáceas de menores alturas, muchas de ellas altamente preferidas (Posse *et al.* 2000). El consumo de forraje presentó una baja correlación positiva no significativa con SLA y significativa con dureza de la hoja y Nitrógeno 0,36; 0,85 y 0,61 respectivamente (Cuadro 13), lo que podría asumir que los bovinos prefieren leñosas con bajo SLA, duras y relativamente altos contenidos de proteína. Consecuentemente, (Cingolani *et al.* 2005) asume que en pasturas se presenta una tendencia de los herbívoros por las plantas más altas con valores más bajos de SLA y mayor dureza en hojas más pequeñas, en comparación con plantas mono-cotiledóneas que no se correlacionaron con la dureza de la hoja. Dentro de las dicotiledóneas se observa una tendencia de las ovejas al seleccionar plantas bajas y plantas con hojas más fuertes en comparación con las plantas altas con hojas blandas. La DIVMS disminuyó en la medida que también disminuyó el N, P y aumentó el contenido fibroso (Cuadro 13), mostrando que existe una influencia directa entre estos rasgos nutricionales.

Las especies leñosas *A. farnesiana*, *M. pigra*, *L. leucocephala* y *A. niopoides* presentan los más bajos valores de SLA con 10,75; 11,31; 11,56 y 11,79 respectivamente, lo que podría estar asociado con alto valor de peso seco, son capaces de crecer y mantenerse en ambientes secos con suelos de moderada fertilidad (a Excepción de *L. leucocephala* que requiere alta fertilidad), presentan bajas tasas de crecimiento especialmente las dos primeras (Cuadro 14). En este sentido, Cingolani *et al* (2005), encontró que en los tres más altos arbustos había bajo SLA, siendo capaces de crecer en ambientes pobres pero sugiriendo bajas tasas de crecimiento y calidad de los nutrientes. Estos autores observaron que la dureza de la hoja y SLA no estaban directamente relacionadas con la selectividad de ovejas. Existe una relación positiva entre la selectividad de los ovinos y SLA, lo mismo que una correlación negativa con la dureza de la hoja.

Las leñosas con SLA bajos y duras pero con bajos contenidos de TC se relacionaron con mayores preferencias por consumo de forraje, tamaños de bocados, y tiempo de consumo, este es el caso de *L. leucocephala*, *A. niopoides* y *S. saman*. Como la dureza de la hoja se asocia positivamente con contenidos fibrosos, las plantas con hojas blandas tienen alta digestibilidad pero no se asume que sean las más preferidas por los bovinos. Sin embargo, (Cingolani *et al.* 2005; Cingolani *et al.* 2008), supone que la selección de plantas de baja altura y mayor dureza de la hoja, hojas más suaves perennes puede estar asociada a alto contenido nutricional, lo mismo que las plantas con hojas blandas tienen alta digestibilidad y menor preferencia.

Se encontró correlaciones positivas significativas para los altos contenidos de N que aumentarían el consumo de forraje y el fósforo aumentaría la DIVMS favoreciendo la preferencia de los bovinos (Cuadro 13). Wright y Westoby (1999), asumen que la tolerancia de pastoreo se verá favorecida por una alta área foliar específica (SLA) que aumenta la capacidad de crecimiento o la capacidad de rebrote – (plasticidad de especie). Y una hoja con alto contenido de nitrógeno por unidad de área (LNC), que aumenta la calidad de las hojas y la selectividad de los herbívoros (Cingolani *et al.* 2005). Sin embargo, en un estudio evaluado por (García *et al.* 2008), donde encontró que el consumo de diferentes leñosas forrajeras con bovinos, fue correlacionado, y en el cual encontró valores con digestibilidad de la materia seca (DMS) (0,05), FDN -0,25, Cenizas -0,35 y TC 0,44, asume también que la aceptabilidad de los vacunos no se encontró relacionada con la composición química de la oferta y consumo de forraje, aun cuando se observaron diferencias significativas en la mayoría de las variables nutricionales cuantificadas.

Las especies con área foliar específica (SLA) baja se relacionan con hojas de mayor dureza y rusticidad (Cornelissen *et al.* 2003). Este rasgo funcional podría observarse en especies como *A. niopoides*, *L. leucocephala*, *A. farnesiana* y *M. pigra* (Cuadro 12), las dos primeras especies presentaron los mayores consumos y tamaños de bocados (figura 3 y 4).

De ahí, que el tamaño de la hoja tiene gran importancia para el balance de energía y agua de las plantas (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005). Hojas con un alto contenido de materia seca de la hoja (leaf dry matter content -LDMC), tienden a ser relativamente resistentes, por ejemplo a daños físicos por herbívoros, el viento, granizo), comparado con hojas de bajo LDMC. (Ryser y Urbas 2000) con la suposición de que la densidad de tejido foliar es igual al contenido de materia seca. De este modo (Cornelissen *et al.* 2003; Knevel *et al.* 2005), asumen, que valores muy bajos de área foliar específica de la hoja (SLA), tienden a corresponder con una larga duración de las hojas y especies con una inversión relativamente alta en defensas (particularmente estructurales).

De otro lado, los rasgos con valores altos de FDN y FDA observados en las especies forrajeras sugieren que la disponibilidad de energía puede ser limitada. Un alto porcentaje de FDN y FDA, se asocia con un menor consumo de alimento, al ser estos componentes de lenta degradación en el rumen como sucede con la mayoría de forrajeras tropicales. El alto contenido de FDN y lignina, debe considerarse como una limitante nutricional (Garcia *et al.* 2009). (Pontes *et al.* 2007) encontró que la variación en la producción anual de energía digestible y de proteína en especies de pastos es controlada de forma aditiva por dos rasgos de la hoja: contenido de nitrógeno por unidad de área (LNC) y contenido de lignina en materia seca (LDMC).

Una fuerte relación negativa existente entre los rasgos de FDN, FDA y los TC también ha sido documentada por (Alonso-Díaz *et al.* 2008; Alonso-Díaz *et al.* 2010), quienes describieron una fuerte relación entre los componentes fibrosos y los taninos condensados, generando gran influencia sobre el consumo. En el mismo sentido, (Louault *et al.* 2005; Ansquer *et al.* 2009) evidenciaron la existencia de una buena relación entre LDMC y digestibilidad de forraje. La digestibilidad de hojas y tallos de herbáceas se correlacionó negativamente con LDMC, el tejido más grueso presentó menor digestibilidad. Aumento de la SLA coincidió con dos veces en la disminución de LDMC. LNC se correlacionó positivamente con el SLA. Se observó una correlación negativa observada entre LNC y LDMC (Ansquer *et al.* 2009).

La DIVMS, FDN, FDA, Cenizas, Ca y P muestran correlaciones negativas con TC - 0,57; -0,88; -0,79; -0,58; -0,71 y -0,44 respectivamente, indicando que a medida que disminuye la DIVMS, los contenidos de fibra y minerales, se aumenta el contenido de TC y viceversa, convirtiéndose en una limitante para la calidad del forraje, para la preferencia y el consumo. También se observa que el N muestra una relación directa en forma positiva con TC (0,45), indicando que a medida que aumenta el contenido de N, también lo hace el TC, esta relación llama la atención debido a la influencia que podría ejercer el TC sobre la degradación de la proteína (proteína encapsulada) en el rumen de los bovinos, convirtiéndose en otra limitante nutricional. Stewart y Dunsdon (2003), reportan en su estudio que la FDN y FDA como era de esperarse, estaban correlacionados ($r = 0,46$) aún cuando no se encontró relación clara entre FDN y DIVMS. Resultados similares encontraron con regresión de DIVMS y TC ($p = 0,001$, $R^2 = 0,41$). De igual manera, en nuestro estudio, el FDN y FDA alcanzaron correlaciones de $r = 0,90$ y para FDN y DIVMS su correlación fue de (-0,45).

El factor nutricional más importante para forrajes es el contenido de taninos, está demostrado que disminuye la digestibilidad de los forrajes según el tipo de taninos (hidrosoluble o condensada), el nivel de las actividades de tanino son variables ya que conducen a diversos efectos sobre la reducción de la digestibilidad (Sanon *et al.* 2007). Sin embargo, Mcsweeney *et al.* (2001) indicó que el contenido de taninos no es una medida confiable para la fundamentación del valor nutritivo.

La MS se relacionó en forma negativa con SLA (0,76), en el mismo sentido, la MS se correlacionó en forma negativa con el grosor de la hoja y el P -0,97 y -0,66 respectivamente, siendo estos, buenos indicadores de la calidad forrajera generada por sus hojas digestibles y tiernas y la velocidad de degradación que pueda tener por la madurez del forraje. Alonzo-Díaz *et al.* (2008), reportan que el consumo de MS foliar también se correlacionó de forma negativa con taninos condensados ($r^2 = 0,61$ y $p = 0,01$) y taninos totales ($r^2 = 0,57$ y $p = 0,02$) afectando estos últimos la preferencia de leñosas.

La composición química por sí sola es un indicador inadecuado de valor nutritivo ya que la disponibilidad de nutrientes es variable. El valor nutritivo es una función de la composición química, consumo y eficiencia durante la digestión. Su utilización está limitada por el contenido de lignina y/o la presencia o ausencia de factores “anti-nutricionales”, que pueden ser tóxicos para los rumiantes. El contenido de lignina en materia seca (LDCM) es un estimador de la densidad de tejidos vegetales, por lo general existe una buena correlación con el SLA (Wilson *et al.* 1999). Especies de rápido crecimiento tienen la densidad del tejido baja, bajo LDMC, alta SLA y sus órganos o rebrotes de corta vida (Ryser y Urbas 2000). LDMC fue encontrado como un buen indicador de la digestibilidad de la lámina foliar, con el que está correlacionado negativamente.

La variación entre las especies en la digestibilidad de los rebrotes de forrajeras están altamente correlacionados con LDMC y con SLA. Un bajo nivel de inversión en el material de la pared celular (lignina, hemicelulosa y celulosa) y elementos nutritivos con mayor proteína (Van Arendonk y Poorter 1994), explicarían la mayor digestibilidad de las hojas de especies de pastos con bajos y altos valores LDMC y SLA. Sólo dos características de la hoja (contenido de lignina en materia seca - LDMC y contenido de nitrógeno por unidad de área - LNC) se requiere para la predicción de la productividad del suelo y para la calidad (PC y la digestibilidad) (Pontes, 2007).

Las leñosas con mayores contenidos de TC correspondió a la *M. pigra* y *A. farnesiana* (4,11 y 3,10%) respectivamente, estas especies son leguminosas con presencia de espinas, las cuales mostraron las preferencias de consumos de forraje más bajos. Consecuentemente, (Terrill *et al.* 1992; Aerts *et al.* 1999) afirma, que los taninos son compuestos polifenólicos que se encuentran en muchas plantas y son en gran medida los compuestos secundarios más comunes que se encuentra en las *acacias* en Australia. Los taninos pueden ser beneficiosos o perjudiciales para los rumiantes dependencia de la concentración, del 2 al 4% en la dieta protege la proteína de la degradación y aumenta la absorción de los aminoácidos esenciales, mientras que 4 al 10% deprime el consumo voluntario.

De otro lado, (Ndlovu y Nherera 1997) asume que la fracción de fibra puede ser más importante que los taninos, debido a que limita la fermentación in vitro. En forma general, existe una correlación negativa entre la fracción de fibra, especialmente la lignina y la digestibilidad (Moore y Jung 2001).

No obstante, Lloyd *et al.* (2010b) afirma que el grado de selectividad y preferencia mostrada por ovejas comparado con ciervos parece deberse en parte al grado de variación de las características funcionales de la hoja, especialmente SLA. Los rasgos de N, fosforo, FDN, FDA y TC están correlacionados y ligados de forma negativa con la DIVMS, con excepción del fósforo. Lo anterior, evidencia que la digestibilidad disminuye en la medida que aumentan los rasgos fibrosos y los TC, pero sucede lo contrario con el fósforo, ya que favorece la DIVMS.

De otro lado, las variaciones fisiológicas y concentraciones nutricionales de los árboles asociadas a características tropicales pueden obedecer a factores correlacionados de algunos rasgos dentro del mismo árbol y entre árboles individuales de la misma especie (Lloyd *et al.* 2010a; Powers y Tiffin 2010). Esto puede ser el caso de árboles forestales tropicales, cuyas tasas de fotosíntesis puede ser más estrechamente relacionada con algunos rasgos (por ejemplo), con el contenido de fósforo foliar, de otra parte, las variaciones en los rasgos nutricionales y foliares de las leñosas podrían atribuirse a un conjunto de factores, tales como características propias de la especie, sitio de crecimiento, época, tipo de suelo, edad del árbol, tipos de componentes foliares y edad del follaje (Lloyd *et al.* 2010a).

En este sentido, Makkar y Becker (1998) en su estudio, sugieren que las comparaciones forrajeras deben ser hechas de adhesiones de los mismos tipos de árboles y arbustos plantados en lugares diferentes para identificar inequívocamente los factores que influyen en la biosíntesis de taninos. De este modo, consideran que los árboles y arbustos son alimentos de importancia para el ganado en diferentes regiones, y la disponibilidad de sus nutrientes se espera que sea mayor en las regiones subtropicales.

Factores ambientales como el clima, suelo, disponibilidad de agua y factores como la edad de la planta y la madurez de las hojas influyen en los niveles de taninos y en otros rasgos defensivos como la dureza de la hoja, la fibrosidad y espinas (Mueller-Harvey 2006). Sin embargo, algunos autores consideran como tentador, llegar a postular que los rasgos “anti-nutrientes” (especialmente taninos) en árboles y arbustos sería de menor importancia en regiones sub-tropicales que en regiones cálidas y secas (Makkar y Becker 1998).

No todos los rasgos se correlacionaron con SLA y la biomasa. La resistencia a la tracción de la hoja (tensión de hoja) y la concentración de nitrógeno foliar, se mantienen como variables deseadas para rumiantes (Lloyd *et al.* 2010b). El mismo autor sugiere que el pastoreo con pequeños rumiantes podría variar debido a los cambios de rasgos foliares, especialmente en (SLA), concentración de nitrógeno foliar y resistencia a la tracción de la hoja (tensión de la hoja) por ejemplo, las preferencias de venados, mostraron una fuerte tendencia a preferir las especies de gramíneas con mayor área foliar específica (SLA), y evitar las especies con una baja SLA (Forsyth *et al.* 2005).

En este estudio se encontró que el rasgo de fósforo se correlacionó en forma negativa con el N (-0,29). No obstante, los rasgos básicos como la masa foliar por área (LMA), concentraciones de nitrógeno y fósforo en las hojas verdes y seniles, se utilizan actualmente para discernir sobre los patrones de variación. Sin embargo, estos rasgos medidos en la reabsorción de nutrientes de 21 especies leñosas en tres grupos fenológicos de bosque tropical seco durante 3 años, mostró que (LMA) no presentó variación entre años pero si, una relación negativa de N y P de hojas verdes (Rentería y Jaramillo 2010).

El mismo estudio mostró que la concentración de fosforo disminuyó en los años más secos y el nitrógeno foliar aumentó con la disminución de las precipitaciones, lo que sugiere que la estequiometría del agua en la superficie de la hoja refleja un control del rasgo foliar de fosforo en la época húmeda.

Esto podría asumir que el fósforo se concentra en las hojas cuando hay mayor contenido de humedad y área foliar y en menor proporción cuando hay mayor contenido fibroso durante la época seca, distribuyéndose en forma homogénea en toda el área foliar en la época húmeda, favoreciendo su concentración en especies leñosas con hojas grandes y tiernas con alta digestibilidad.

N y P de hojas verdes mostraron correlación negativa, indicando que la variabilidad de las especies y las limitaciones fisiológicas se expresan en la proporción estequiométrica de las hojas sobre la limitación de agua. (James y Johnson 1976) Sugieren, que la disponibilidad de agua controla la dinámica de P en leñosas. Esto se relaciona directamente con la deficiencia de minerales, especialmente P en las dietas, que conlleva frecuentemente a deficiencias nutricionales y a que los animales consuman plantas tóxicas en mayores cantidades que lo habitual.

Estudios realizados por Lloyd *et al.* (2010b) con pequeños rumiantes mostraron mayor tendencia de los venados que las ovejas para seleccionar las hierbas con un área foliar específica (SLA) más alta y evitan los taxones con un bajo SLA. Lo que sugiere que no es posible generalizar las relaciones de rasgos de palatabilidad de las hojas a través de las diferentes especies de rumiantes. Los resultados de estos estudios indicaron que el impacto de los herbívoros sobre procesos de ecosistemas dependerá del tipo de especies forrajeras que están presentes (Parsons *et al.* 2006; Lloyd *et al.* 2010b). La evidencia, sugiere que el área foliar de hojas con más contenido de N son más apetecibles y el contenido de fibra incrementa la resistencia a la tracción o dureza.

5.2.2 Otros rasgos funcionales y el conocimiento local

Siete de las doce leñosas reportadas por Mosquera (2010), se encuentran como especies consideradas por los productores como las que más aporte de nutrientes hacen al mejoramiento del suelo por poseer hojas suaves, son productoras de vainas y abundantes semillas, aportan biomasa durante largos periodos y generan una rápida descomposición del material orgánico, entre estas encontró especies leñosas como *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *S. saman*, *E. cyclocarpum*, *C. grandis*, *M. oleífera*, *C. dentata*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *Cassia siamea*, *Cajanus cajanus* y *Spondias purpureum*.

Acosta *et al.* (2001), reportan que los árboles más encontrados en asociaciones naturales en México, fueron *G. ulmifolia* y *S. saman* con 48,1 y 33,3 % de ocurrencia respectivamente. Estas y otras especies tienen gran plasticidad a los diferentes tipos de suelo, debido a que de 8 tipos de suelos mostraron su adaptación a dos grupos, inceptisoles y mollisoles (6 y 8), respectivamente. *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *S. saman* resultaron ser las especies arbóreas más observadas en las asociaciones naturales (50 por ciento cada una). *Leucaena leucocephala* mostró adaptación edáfica a 3 de los tipos de suelos encontrados.

Existen muchas especies con potencial forrajero, entre las que se destacan las integrantes del grupo de las Leguminosas por su excelente producción de biomasa en época seca y naturaleza multipropósito. Asimismo, algunas de las leguminosas forrajeras de mayor importancia lo constituyen las especies *S. saman*, *A. niopoides*, *A. farnesiana*, *L. leucocephala*, *G. sepium* y *M. oleífera*, por su alto aporte de nutrientes al suelo, alto uso como forrajeras en SSP y en cercas vivas, alta resistencia a sequía por la presencia de raíces profundas. De la misma forma se observa que las especies *L. leucocephala*, *G. sepium* y *M. oleífera*, *C. dentata* y *G. ulmifolia* son altamente usados en bancos forrajeros, presentan alta capacidad de rebrotes y plasticidad a suelos de moderadamente ácidos a neutros. Las especies *S. saman*, *A. niopoides*, *A. farnesiana*, *L. leucocephala*, *G. sepium* y *M. oleífera*, *B. alicastrum*, *C. dentata* y *G. ulmifolia* mostraron requerimientos moderados de nutrientes del suelo en las zonas donde se encuentran.

Los atributos de la hoja reflejan los recursos, la adopción y aplicación de estrategias de eficiencia en las plantas y las variaciones en los rasgos de las hojas están fuertemente correlacionados con toda la planta y las características del ecosistema. Uno de los rasgos distintivos de las plantas del Mediterráneo es el esclerófilo: hojas gruesas, duras con células pequeñas y paredes gruesas (Read y Sanson 2003). Es así como todas las 23 leñosas de este estudio (Cuadro 3) en especial *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *S. saman*, *C. dentata*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *M. oleífera*, *M. pigra* presentan resistencia a ambientes secos con largos periodos de baja precipitación, esta característica estaría relacionada con altas tasas de luminosidad, generalmente caducifolias con requerimientos de moderada fertilidad de los suelos, concentración de nutrientes en las hojas más suaves y menor capacidad de rebrotes debido a los mayores contenidos de fibra en el follaje.

Esto es comparable con lo encontrado en los ecosistemas mediterráneos con sequías estacionales, esclerófilo se ha interpretado como una respuesta adaptativa a la baja disponibilidad de agua durante el verano. El esclerófilo puede conferir resistencia a la marchitez por la reducción de la transpiración de sus hojas, evitando la compresión de los tejidos y favoreciendo la recuperación de la hoja después de la sequía. La masa foliar (LMA) por unidad de superficie ha sido ampliamente utilizado como un índice de planta esclerófilo (Read y Sanson 2003). Y los valores más altos LMA se han reportado en sitios secos (Wright *et al.* 2004). Patrones similares se han encontrado con los componentes de LMA como el grosor de la hoja y la densidad de la hoja, el contenido de materia seca se ha utilizado como sustituto de la densidad de hojas. Las plantas que crecen en las zonas más secas también han mostrado mayor contenido de nitrógeno por unidad de área (LNC), se ha relacionado con alta irradiación (Wright *et al.* 2005). Alto LNC, da lugar a mayores inversiones de la tasa fotosintética y menores tasas de conductancia estomática.

5.3 Índices de calidad nutricional

Los índices de calidad nutricional muestran a dos grupos de índices, el primero ICE presenta a *A. niopoides* seguido de *S. saman* y *C. dentata*. El segundo índice nos muestra a *L. leucocephala* seguido de *C. dentata* y *A. niopoides*, pero al sumar los dos índices para promediar y obtener un único grupo de clasificación tenemos que el orden de calidad nutricional correspondió a *C. dentata*, *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *S. saman* 2,58; 2,51; 2,05 y 2,01 respectivamente, indicando que estas son las especies que muestran el mejor comportamiento nutricional en las condiciones de época seca, para este estudio.

De otro lado, debido a que el potencial forrajero de una planta no sólo depende de la producción de biomasa, también de su aptitud para el consumo y de su calidad nutricional, varios autores consideran que éste debería expresarse considerando el aporte en conjunto de la composición química "per sé", de la digestibilidad y la eficiencia de extracción y absorción de nutrientes en el proceso de digestión. (Ospina *et al.* 2002). Sin embargo, (Stewart y Dunsdon 2003) encontraron que el índice de calidad forrajera calculados para 61 taxas de *Leucaena*, oscilaron entre -4,5 y 5,44. Específicamente, los valores encontrados en su estudio para *L. leucocephala* fueron 1,56; 2,86 y 5,44. Lo anterior, evidencia que los valores obtenidos para *L. leucocephala* 1,76 y 2,65 se encuentra dentro del rango más bajo de los índices encontrados en otros estudios, pero también se estima que muchos factores ambientales y rasgos propios de *Leucaena*, podrían haber influido en el comportamiento de variabilidad nutricional de la especie. En otro estudio desarrollado por Ospina *et al.* (2002), evaluó índices de calidad forrajera de taxas de *Trichanthera gigantea* de 37 localidades diferentes, encontró que los valores de los 3 índices aplicados oscilaron entre -3,63 y 4,87. Esto muestra una vez más, que los valores encontrados en los índices aplicados en este estudio, se encuentran dentro de rangos acordes con otros estudios.

5.4 Evaluación de leñosas en dietas balanceadas

5.4.1 Producción y calidad de leche

Las dietas balanceadas con *S. saman* + *C. dentata* y *L. leucocephala* + *C. dentata*, mostraron los mejores comportamientos, favoreciendo de esta forma la producción de leche en las tres fincas del estudio, obteniendo una máxima producción 8,28 y 8,74 litros de leche-día respectivamente y para grasa y sólidos totales correspondió a *L. leucocephala* + *C. dentata* y *A. niopoides* + *C. dentata* 5,29 y 5,02% de grasa y 14,78 y 14,84% sólidos totales, favorecieron el incremento de grasa y sólidos totales en las tres fincas. Lo anterior indica que las mezclas de rasgos contrastantes (leguminosa + no leguminosa) usadas en las dietas surtieron efectos positivos frente a la dieta testigo, a pesar de que esta dieta contó con materias primas excelentes (desechos de cervecería, pollinaza, silo de maíz, melaza y pasto de corte *Pennisetum sp*) que no permitió mostrar diferencias significativas. También es conveniente mencionar que todo el periodo de evaluación, contó con una época invernal muy fuerte que ocasionó estrés a las vacas y limitó el consumo voluntario.

Para la correcta aplicación a cualquier nivel de utilización alimenticia es necesario definir muchos aspectos como: la calidad y la homogeneidad del forraje (Alonso-Díaz *et al.* 2010). A demás de lo anterior es necesario identificar la fuente y estado fisiológico del material forrajero, la especie animal, edad, la experiencia al consumir la planta y el estado fisiológico del animal para garantizar que se adapte a su consumo. Así mismo, se estima que los rumiantes presentan dos tipos de memoria espacial para localizar los sitios con presencia de arbóreas forrajeras disponibles, por lo menos durante un lapso de 20 días. (1) La memoria como referencia a largo plazo, siendo esta una representación geográfica como medio ambiente forrajero; (2) La memoria de trabajo a corto plazo, utilizada para recordar las áreas con forrajes recientemente visitadas (Lyons y Machen 2000).

En un estudio desarrollado por Mahecha *et al.* (2005), quien evaluó el efecto de grasa sobre-pasante, en la producción y calidad de la leche de vacas lucerna en un sistema silvopastoril con alta densidad de *L. leucocephala*, *Panicum maximum*, *Cynodon plectostachyus*, y *Prosopis juliflora*, se obtuvo un incremento de 1 al 3% en grasa, proteína y sólidos totales, pero sin diferencias estadísticas, lo mismo que para la producción de leche.

Rivera *et al.* (2010), compararon dos diferentes sistemas de pastoreo: sistema silvopastoriles intensivo (SSPi) de (*L. leucocephala* con alta densidad de arbustos y pasturas) y un sistema de pastoreo tradicional de solo pasturas. Evaluó características de producción de leche encontrando diferencia significativa ($p < 0,05$) entre sistemas, 4,13 kg en SSPi y 3,54 kg en el sistema tradicional. Para los porcentajes de grasa y sólidos totales de leche, no encontró diferencias ($p < 0,05$) entre sistemas 5,4 y 4,3 de grasa; 14,59 y 13,24 para sólidos totales (Rivera *et al.* 2010).

Rodriguez *et al.* (2010), evaluaron el efecto de *Morus alba* y *Sambucus peruviana* sobre la producción y calidad de leche de vacas *Holstein*, encontró que la mayor producción de leche se observó en la dieta de *M. alba* + avena 21,53Kg/leche/animal/día. En relación a los parámetros de calidad de leche (grasa, sólidos no grasos, sólidos totales y proteína), no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). En este sentido, Esquivel *et al.* (2006), al reemplazar el 40 y 75% del concentrado por follaje de Morera (*Morus sp*) no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la producción de leche 14,2; 13,2 y 13,8 kg/vaca/día, respectivamente de vacas *Holstein* en pastoreo no evidenciaron efectos significativos en la calidad de la leche.

La disminución de los porcentajes de grasa podría estar explicado por el suministro de forraje finamente molido (<1cm de longitud), que genera un cambio en los productos de fermentación ruminal con el consiguiente aumento del propionato y la reducción de acetato y por lo tanto disminución del porcentaje de materia grasa láctea (Morales y Sol 1999).

De otra parte, los bajos porcentajes de grasa (<3.0%), también podrían ser explicados por el ordeño incompleto, propio del sistema doble propósito (ordeño de vacas con ternero) por la retención residual de leche que hacen para sus crías (Parra *et al.* 2003). Estas dos causas se evidenciaron en la finca Santa Gertrudis, debido a que el principal propósito de la actividad ganadera es la producción de crías.

En consecuencia, el estado del forraje (madurez, contenido de fibra) es un factor importante en el momento de reunir un nivel adecuado de fibra en la dieta, ya sea, para mantener o incrementar el contenido de grasa (Morales y Sol 1999). Sin embargo, la reducción de la longitud de corte de las partículas para ensilaje de alfalfa y avena de 14,2 a 10,9 mm y 13,4 a 10,4 mm respectivamente, no afectó el consumo de alimento (Bhandari *et al.* 2008), En este sentido, la producción de leche fue de 36,1 kg/día, y el porcentaje de grasa y proteína promedio fue 3,0 y 3,16% respectivamente.

En vista del bajo porcentaje de grasa en la finca Santa Gertrudis, se considera que esta podría ser una de las causas del bajo porcentaje de grasa de la leche durante el experimento. Por otra parte, el sistema de producción manejado en esta finca presenta tendencia a producción de crías, donde la prioridad en la producción es obtener excelentes terneros al destete, razón por la cual se deja gran cantidad de leche residual en la ubre de las vacas, lo que podría estar generando una baja producción de grasa y volumen de leche.

Según Bhandari *et al.* (2008), el porcentaje de leche baja en grasa sugieren que el tamaño de partícula de las dietas induce a la acidosis ruminal sub-aguda, que a su vez es motivada por el pH del rumen (<5,6). En su estudio se presentó acidosis ruminal sub-aguda, a pesar de parecer adecuada la dieta y el contenido de FDN, se considera que podría ser atribuido a la larga duración de la masticación y no a las diferencias de tamaño de partículas de alimento.

Por otro lado, las típicas dietas formuladas para vacas que contienen una alta concentración de energía, suele provenir de fuentes de carbohidratos fácilmente fermentables, más que las mismas grasas y a menudo dichas dietas provocan una condición denominada síndrome de baja materia grasa de la leche. Este síndrome deriva de una alteración en el proceso fermentativo a nivel ruminal con un cambio en el pH del rumen, como consecuencia una depresión en la digestión de la fibra y por ende un cambio en los productos de fermentación ruminal, disminuyendo el sustrato disponible para la síntesis de grasa a nivel de la glándula mamaria (Morales y Sol 1999).

5.4.2 Efecto asociativo de las leñosas

Los productores de la zona de influencia del estudio, conocen los beneficios y bondades que presentan las leñosas forrajeras para la alimentación animal. Sin embargo, en muchos casos, estas especies no se encuentran integradas a una estrategia de alimentación en fincas como fuente de nutrientes, constituyendo un elemento más del ecosistema ganadero.

Los efectos asociativos de mezclas de hojas de árboles forrajeros están influenciados por el grado de sincronización de las tasas de fermentación de los diferentes componentes de la mezcla y estos a su vez, dependen de la fermentación de sus componentes químicos (Rosales 2006). Los efectos de compuestos tóxicos dependen de su concentración en una o varias especies leñosas forrajeras y el nivel de consumo del forraje. El más abundante de los elementos “anti-nutricionales” en las plantas es el grupo de los compuestos polifenólicos, comúnmente llamados como taninos, quien limita el rendimiento de los animales mediante la supresión de consumo y la digestibilidad de los forrajes (Meissner y Paulsmeier 1995). Los animales que aprenden a comer alimentos con taninos, oxalatos o terpenos comen más cuando seleccionan dos de las plantas forrajeras ofrecidas al mismo tiempo que cuando se les ofrece una sola en la dieta, incluso cuando se disponen de alternativas nutritivas *ad libitum*. (Provenza *et al.* 2007).

Frecuentemente asumimos el valor intrínseco de un alimento como similar para los individuos de una especie animal y asumimos un umbral de preferencias categóricas de ciertos alimentos con mayor consumo como las mejores sobre los forrajes menos consumidos. Sin embargo, los bovinos en forma individual difieren en sus preferencias por los alimentos debido en parte a la experiencia y aprendizaje de consumo, y además que las experiencias o aprendizajes de los animales en entornos diferentes es variable (Provenza *et al.* 2007).

Es así, como un efecto asociativo alto del 18%, significa que los animales estarían recibiendo casi un quinto más de material potencialmente fermentable con la mezcla que cuando reciben los forrajes como componentes individuales. Efectos asociativos de mezclas de forrajes de similar magnitud han sido reportados tanto en la digestibilidad y consumo voluntario como en el incremento de peso (Rosales 2006). En consecuencia, se podría asumir que al obtener un consumo asociativo (*L. leucocephala* + *C. dentata*) del 21,87%, se estaría incrementando el consumo voluntario en más del 20% de la mezcla de la dieta comparado con una dieta individual. En este sentido, se estima que los árboles y arbustos forrajeros pueden mostrar efectos asociativos en consumo voluntario. En una evaluación de un efecto asociativo, encontraron que el ganado que tuvo acceso únicamente a hojas de *G. sepium* mostró un consumo en materia seca del 1.7 al 2.2% del peso vivo; mientras que en el ganado alimentado con hojas de *G. sepium* mezcladas con otro follaje (en proporción 60:40), el consumo de materia seca fue del 3% del peso vivo (Nitis *et al.* 1990) en (Devendra 1992).

En otro estudio donde se ofreció el forraje en forma individual y en mezclas de las especies forrajeras para vacas, estas consumieron más *Vigna unguiculata* que *Calliandra calothyrsus* y de las mezclas de las dos, como consecuencia, la producción de leche fue mayor para *V. unguiculata*, sin diferencia entre las mezclas. No hubo diferencia entre tratamientos para grasa y sólidos totales. La mezcla *C. calothyrsus/V. unguiculata* 67/33% es una alternativa viable de adopción para la disminución de costos, adaptación a suelos ácidos y mejoramiento de la producción láctea (Bernal *et al.* 2007).

Es así como el follaje de *L. leucocephala*, *Calliandra calothyrsus* y su mezcla (1:1) se usó para suplementar una dieta con desechos de cosecha de maíz para cabras. La ganancia diaria de peso de los animales suplementados con la mezcla de *L. leucocephala*:*C. calothyrsus* fue más grande que la de aquellos animales alimentados solamente con *Calliandra* (22.6 y 19 g) (Phiri *et al.* 1992); siendo este estudio consistente con los resultados de asociatividad alcanzado con las leñosas evaluadas.

En general, desde el punto de vista nutricional y por presentar bajos contenidos de saponinas y fenoles, las especies *A. caribaea* (*A. niopoides*), *S. saman* constituyen dos de las mejores opciones para la alimentación de rumiantes (García *et al.* 2007). En la actualidad las especies de *A. niopoides* y *S. saman* constituyen uno de los grupos de árboles leguminosos de mayor naturaleza multipropósito (García y Medina 2006). También (García *et al.* 2009), en su estudio desarrollado, indicó que el uvito (*C. dentata*) es un forraje fácilmente degradable y con una buena fuente de proteína aprovechable (16.8%) y que los contenidos de saponinas, alcaloides y taninos no deben ser considerados factores anti-nutricionales en esta especie. Del mismo modo, y en diferentes estudios han considerado que la especie *L. leucocephala* es una leñosa de gran aporte nutricional y excelente comportamiento como forraje, para ser tenida en cuenta en las mezclas de forrajes leñosos para bovinos.

De otro lado, también puede estimarse que en niveles o concentraciones inferiores de taninos, podrían tener efectos beneficiosos en los animales rumiantes al reducir hinchazones y cargas parasitarias, además de disminuir la degradación de excesos de proteínas de alta calidad en el rumen. Esto ayuda a aumentar la cantidad de proteína no degradable en rumen, que es finalmente puesta a disposición del animal huésped para el suministro de aminoácidos esenciales (Fassler y Lascano 1995). Los compuestos tánicos se unen a las proteínas y enzimas de los forrajes para formar alimentos tánicos complejos, que son resistentes a la degradación enzimática de los microorganismos del rumen (Aufrere *et al.* 1995). Estos compuestos también aumentan la pérdida de proteínas endógenas que afectan el metabolismo del nitrógeno total en el animal.

Consecuentemente, Hoste *et al.* (2006), afirma que las diferencias entre los efectos beneficiosos y perjudiciales y los efectos entre los diversos nichos ecológicos de los forrajes dependen de: (1) del tipo de vegetación (Villalba *et al.* 2004), (2) de los antecedentes nutricionales y experiencia de los animales para utilizar un forraje específico (Villalba *et al.* 2004; Provenza *et al.* 2007) y (3) de la existencia de mecanismos de adaptación en los bovinos (Da Costa *et al.* 2008; Alonso-Díaz *et al.* 2010). Estos últimos están relacionados con la presencia de proteínas unidas a taninos en la saliva de los rumiantes, para contrarrestar sus efectos, y las propiedades potenciales de plantas nativas ricas en taninos con funciones antihelmínticas contra los nematodos gastrointestinales (Alonso-Díaz *et al.* 2010).

6 CONCLUSIONES

Las especies leñosas de mayor preferencia por las vacas fueron *S. saman*, *A. niopoides* y *L. leucocephala*. Esto se atribuye a que las vacas presentaron mayor tamaño de bocados y tiempo efectivo de consumo. Sin embargo, los follajes de *C. dentata*, *M. oleífera*, *G. ulmifolia* y *G. sepium* también representan opciones importantes para ser consideradas e incluidas como fuentes alimenticias en la nutrición de rumiantes en SSP.

El rasgo de P en las leñosas se manifiesta como un rasgo determinante de la calidad con otros rasgos como SLA, N, DIVMS, FDN y FDA. Lo anterior, se traduce como indicador de la calidad de las leñosas; estos mismos rasgos son dependientes de los contenidos de TC, indicando estar ligados entre sí. Los bovinos seleccionan y prefieren los forrajes de las leñosas en función del contenido de nitrógeno, y la DIVMS de las leñosas depende de los rasgos de P y TC. Los rasgos de FDN y FDA de las leñosas presentan una alta dependencia con los TC.

Se puede considerar que el tamaño, la forma de las hojas y la distribución de estas en las ramas del árbol, presentan una gran influencia sobre las preferencias y consumos de bovinos, debido a la cantidad de forraje que pueda obtener en un solo bocado. De esto se deduce que los bovinos requieren menor tiempo de consumo cuando la disponibilidad de forraje es de leñosas forrajeras, lo que justifica una alta y rápida satisfacción de necesidad en consumo.

La Dieta B (*L. leucocephala* + *C. dentata*) favorece e incrementa la producción de la leche. (8,74 litros/día)

Las variables grasa y sólidos presentan valores pequeños por lo que no alcanza a evidenciar diferencias estadísticas. Sin embargo, se puede concluir que las dietas B (*L. leucocephala* + *C. dentata*) y C (*A. niopoides* + *C. dentata*) favorecen el incremento de grasa 5,29 y 5,02, y los porcentajes de sólidos totales 14,78 y 14,84 respectivamente, incidiendo en la calidad.

La calidad composicional de la leche presenta valores en un rango alto, considerando promedios favorables en cuanto al contenido de sólidos totales y contenido de grasa que podría reflejarse en procesos industriales. Estos valores pueden fluctuar con la estación climática.

Las leñosas cuando se ofrecen en mezclas de especies, generan un efecto asociativo de consumo de forraje importante, es así como *L. leucocephala* generó un incremento de consumo del 21,87% mas, cuando se ofreció asociada con *C. dentata*.

6.1 RECOMENDACIONES

Evaluar el comportamiento agronómico en bancos forrajeros de las especies leñosas para diseñar los sistemas silvopastoriles adecuados para el medio ambiente y para los diferentes tipos de especies animales.

Se recomienda analizar los rasgos fenológicos de estas especies leñosas para tener una mejor interpretación de estos rasgos en relación a la producción de biomasa durante la época seca y Evaluar en todos sus aspectos las posibles y mejores combinaciones o mezclas forrajeras para conocer aún más los efectos sobre consumos asociativos para diferentes especies animales.

Evaluar los tipos de taninos condensados como compuestos bio-activos que se pueden encontrar en las leñosas más usadas en sistemas silvopastoriles, para conocer su efecto en la producción ganadera como por ejemplo, control de cargas parasitarias en especies rumiantes, que ayuden a la disminución de costos.

Los resultados del presente trabajo con el apoyo de FUNCITree, permitirán trazar estrategias priorizadas que faciliten a los productores de Rivas, la implementación de mejores prácticas tecnológicas y uso de recursos disponibles en las fincas para mejorar en forma ostensible el manejo y la calidad de leche, de este modo, poder obtener un mayor posicionamiento en el mercado. Para esto, deberá incluir trabajos de capacitación y concientización para productores, así mismo la implementación de bancos forrajeros de especies como *G. sepium*, *L. leucocephala*, y *M. oleífera* y *C. dentata* quienes se observaron con gran potencial para la generación de rebrotes y producción de biomasa, también buscar un incremento en la densidad de árboles forrajeros multipropósito en potreros para mejorar el confort, incremento de ingresos por otros usos y mejoramiento de la calidad del forraje que ayude a la disminución de gases de efecto de invernadero.

7 BIBLIOGRAFÍA

- (UNA), UNA. 2004. Marango. Cultivo y utilización en alimentación animal. UNA, Nicaragua. ASDI - SAREC, Suécia. Serie técnica 5, UNA:22.
- Acosta, ZG; Godínez, D; Gonzalez, M. 2001. Potencial silvopastoril del municipio Jimaguayú en Camagüey, Cuba. II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey (157).
- Acosta, ZG; Reyes, GR. 2002. Identificación de áreas susceptibles para el desarrollo de sistemas silvopastoriles. Artículo de investigación. Boletín técnico - Instituto de Botánica. Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey, Cuba 10(1-2):23-30.
- Aerts, RJ; Barry, TN; McNabb, WC. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (Netherlands).
- Alonso-Díaz, MA; Torres-Acosta, JFJ; Sandoval-Castro, CA; Hoste, H; Aguilar-Caballero, AJ; Capetillo-Leal, CM. 2008. Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments? *Animal Feed Science and Technology* 141(1-2):36-48. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-4NY4RP7-1/2/7b5518b3bbe77afb15715950b18dc4e0>
- Alonso-Díaz, MA; Torres-Acosta, JFJ; Sandoval-Castro, CA; Hoste, H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe? *Small Ruminant Research* 89(2-3):164-173. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TC5-4Y6K06P-3/2/fd5a86bc3d203be690909188b5dfbf9>
- Andrade, H; Esquivel, H; Ibrahim, M. 2008a. Disponibilidad de forrajes en sistemas silvopastoriles con especies arbóreas nativas en el trópico seco de Costa Rica. *Zootecnia Tropical*. Artículo Científico:p. 4.
- _____. 2008b. Disponibilidad de forrajes en sistemas silvopastoriles con especies arbóreas nativas en el trópico seco de Costa Rica. V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible Venezuela. INIA. Venezuela, Edición INIA.
- Ansquer, P; Duru, M; Theau, JP; Cruz, P. 2009. Functional traits as indicators of fodder provision over a short time scale in species-rich grasslands. *Annals of Botany* 103(1):117-126. Disponible en <http://aob.oxfordjournals.org/content/103/1/117.abstract>
- Aufrere, J; Guerin, H; Molenat, G; Chenost, M; Hubert, D; Gouy, J. 1995. Critical review of chemical and enzymatic methods for the estimation of nutritive value in roughages. Proceedings of the satellite symposiums of the IV international symposium on the nutrition of herbivores. Montpellier, France.
- Augustine, DJ; McNaughton, SJ. 1998. Ungulate Effects on the Functional Species Composition of Plant Communities: Herbivore Selectivity and Plant Tolerance *The Journal of Wildlife Management* 62(4):1165-1183.

- Benavides, JE. 1994a. Evolución de los sistemas de alimentación en explotaciones caprinas de Costa Rica. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba (Costa Rica), CATIE.
- _____. 1994b. La investigación en árboles forrajeros. CATIE. Turrialba, C.R. v. 2, 5 p. (Informe técnico 236)
- _____. 1994c. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica:p. 28.
- Bernal, J. 2003. Pastos y forrajes tropicales producción y manejo. . Cuarta ed. Bogotá, Col, Ángel agro-Ganadería Intensiva - Ideagro. 699 p.
- Bernal, LC; Avila, P; Ramírez, G; Iascano, C; Tiemann, T; Hess, HD. 2007. Efecto de mezclar leguminosas con y sin taninos ensiladas y henificadas sobre parámetros de fermentación ruminal in vitro y la producción de leche en bovinos. CIAT - UNAL, en Nutrición y alimentación animal (poligástricos). Revista colombiana ciencias Pecuarias. Artículo científico 20(4):28.
- Bhandari, SK; Li, S; Ominski, KH; Wittenberg, KM; Plaizier, JC. 2008. Effects of the Chop Lengths of Alfalfa Silage and Oat Silage on Feed Intake, Milk Production, Feeding Behavior, and Rumen Fermentation of Dairy Cows. University of Manitoba. Canada. American Dairy Science Association 91:1942–1958.
- Botero, R; Russo, RO. 1997. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. III Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. R. Tejos, C. Zambrano, M. Camargo LE Mancilla W. García (eds.). UNELLEZ, Barinas:20-22.
- Briske, DD; Boutton, TW; Wang, Z. 1996. Contribution of flexible allocation priorities to herbivory tolerance in C₄ perennial grasses: an evaluation with ¹³C labeling. Oecologia 105(2):151-159. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/BF00328540>
- Burns, JC; Fisher, DS; Mayland, HF. 2001. Preference by sheep and goats among hay of eight tall fescue cultivars. Journal of Animal Science 79(1):213.
- Buurman, P; Hoosbeek, M. 2009. Report of a field visit 9-21 November 2009. WUR, The Netherlands. . Informe técnico. proyecto SILPAS. CATIE, Turrialba, C.R:p. 8.
- Calderón, A; García, F; Martínez, G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Rev MVZ Córdoba 11(1):1-16.
- Camero, A. 1999. Agroforestería y Sistemas de producción animal en América Central. CATIE. Turrialba, C.R. Seminario “Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales“.103 - 112.
- Cingolani, AM; Posse, G; Collantes, MB. 2005. Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. Journal of Applied Ecology 42(1):50-59. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x>
- Cingolani, AM; Noy-Meir, I; Renison, DD; Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? Ecología austral 18:253-271. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300002&nrm=iso

- Cobos, MA; Sánchez, M; Trinidad, A; Alcalá, C; Vargas, J. 1999. Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. FAO, AplpaeAL-I. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.
- _____. 2001. Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. Agroforestería para la producción animal en América Latina - II. Colombia. FAO.
- Cornelissen, JHC; Lavorel, S; Garnier, E; Diaz, S; Buchmann, N; Gurvich, DE; Reich, PB; Steege, H; Morgan, HD; Van Der Heijden, MGA. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of botany* 51(4):335-380. Disponible en <http://www.cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1936.pdf>
- Chacon, E; Stobbs, TH. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27(5):709 - 725.
- Chamorro, D; Gallo, J; Arcos, J; Vanegas, M. 1998. Gramíneas y leguminosas. Consideraciones agrozootecnicas para ganaderías del trópico bajo. CORPOICA-SENA. C.I Nataima. Espinal, Colombia, El Poirá. 173 p.
- Chapin, FS; Autumn, K; Pugnaire, F. 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. *The American Naturalist* 142:78-92. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2462710>
- Chavez, W. s/f. Diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la cuenca Gil Gonzalez, Rivas, Nicaragua. MS.c Manejo de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, C.R, Catie.
- Da Costa, G; Lamy, E; Capela e Silva, F; Andersen, J; Sales Baptista, E; Coelho, AV. 2008. Salivary amylase induction by tannin-enriched diets as a possible countermeasure against tannins. *Journal of chemical ecology* 34(3):376-387. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/672u052502008771/>
- Del Pozo, PP; Jérez, I; Mesa, B; Padilla, P; Ginoria, J. 1998. Comportamiento Productivo de un Agroecosistema Silvopastoril Asociado con *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfluenis*. *Fac. Med. Vet. Universidad Agraria de la Habana, Cuba*. 4p.
- Del Pozo, PP; Alvarez, A. 2001. Estimación del área foliar de la *Leucaena leucocephala* de la masa seca de sus hojas. *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*.
- Demarquilly, C. 1988. Variation factors in the nutritive value of silage maize - Ensilages and late evolution of the preservatives *Selezione Veterinaria* 29(10):1621 - 1626.
- Devendra, C. 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock* 100:92-5.
- Díaz, S; Lavorel, S; Cornelissen, J; McIntyre, SUE; Falczuk, V; Casanoves, F; Milchunas, DG; Skarpe, C; Rusch, GM; Sternberg, M; Noy-Meir, I; Landsberg, J; Zhang, WEI; Clark, H; Campbell, BD. 2007. Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology* 13(2):313-341. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x>
- Díaz, T; Arcos, J; Vanegas, M; Pelaez, L; Figueroa, L; Parra, M. 2000. Atlas de trópico bajo Colombiano – Valles interandinos de Colombia. Corpoica – Colciencias. Espinal, Tol.:p. 35.

- Dicko, MS; Sikena, LK. 1992. Feeding behaviour, quantitative and qualitative intake of browse by domestic ruminants. A. Speedy and Pugliese,(Eds.). Legume Trees and Other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock. FAO Animal Production and Health Paper.
- Esquivel, J; Benavides, JE; Hernández, I; Vasconcelos, J; Gonzales, J; Espinosa, E. 2006. Efecto de la sustitución de concentrado con Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. In: Resúmenes. Taller Internacional "Los árboles en la producción ganadera". Matanzas, Cuba. 25.
- FAO, (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2007. Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarias - 3. Consultado en línea, el 15 de diciembre de 2009, en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.
- Fassler, OM; Lascano, CE. 1995. The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Tropical Grasslands* 29:92-96.
- Fisher, DS; Mayland, HF; Burns, JC. 1999. Variation in ruminants' preference for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. *Journal of Animal Science* 77(3):762.
- Forsyth, DM; Richardson, SJ; Menchenton, K. 2005. Foliar fibre predicts diet selection by invasive Red Deer *Cervus elaphus scoticus* in a temperate New Zealand forest. *Functional Ecology* 19(3):495-504. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00991.x>
- Franco, F; Sanchez, M; Hernandez, J; Villarreal, OC, J. ; Hernandez, M. 2008. Evolución del comportamiento alimentario de cabras criollas en especies arbóreas y arbustivas durante el pastoreo trashumante, México. *Zootecnia Tropical* vol. 26 No. 3, ISSN 0798-7269 versión impresa:p.383-386.
- García, AE; Abadia, B; Barahona, R; Sánchez, S. 2009. Caracterización fitoquímica de factores ant-nutricionales en las hojas del uvito (*Cordia dentata* Poir). *MVZ Córdoba* 14(1):1611-1623.
- García, DE; Medina, MG. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop* 24(3):233.
- García, DE; Medina, MG; Ojeda, F; Humbría, J; Domínguez, C; Baldizán, A; Toral, O. 2007. Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. Universidad de los andes, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 30(1).
- García, DE; Medina, MG; Cova, LJ; Soca, M; Pizzani, P; Baldizán, A; Domínguez, CE. 2008. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 26(3):191-195. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300006&lng=es&nrm=iso.
- Hazard, S. 1998. Calidad de leche. INIA Carillanca, Venezuela p. Disponible en www.inia.cl/quilamapu/proleche/articulos/Calidad%20de%20leche.pdf.
- Hill, J; Chapman, DF; Cosgrove, GP; Parsons, AJ. 2009. Do Ruminants Alter Their Preference for Pasture Species in Response to the Synchronization of Delivery and Release of Nutrients? *Rangeland Ecology & Management* 62(5):418-427. Disponible en <http://www.srmjournals.org/doi/abs/10.2111/08-084.1>
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34(1):11-17. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01442.x>
- _____. 1994. Manejo de pastos. Teoría y práctica. Diana, México. p.

- Hodgson, J; White, JGH. 1999. New Zealand pasture and crop science. Oxford, UK: Oxford University Press. p.
- Holdridge, L. 2000. Ecología, basada en zonas de vida. San José, C.R, IICA,, (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). v. vol. 92-9039-131 6 p. 217. p. (IICA; No 83)
- Holguín, V; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Documentos del curso de SS 2009. CATIE. Turrialba, CR. INPASA. :p. 23
- Holmann, F; Argel, L; Pérez, E. 2004. de la adopción de pastos Brachiaria: Centroamérica y México. CIAT. Cali, Col.:32.
- Hoste, H; Jackson, F; Athanasiadou, S; Thamsborg, SM; Hoskin, SO. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. Trends in Parasitology 22(6):253-261. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W7G-4JT3S5H-2/2/ed59f114a8d86949a4b0ff7dc053d306>
- INEC, INdEyC; CENAGRO, CNadN. 2001. Censo Nacional 2001. INEC - CENAGRO, disponible en pdf p. 143
- INETER, (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2004. Ordenamiento Territorial. Descripción taxonómica de los suelos a nivel de orden. . Consultado el 10 de diciembre de 2009. Disponible en: http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/ordenamiento/Est_Suelos/Suelos_NivelOrden.html.
- James, LF; Johnson, AE. 1976. Some major plant toxicities of the western United States. Journal of Range Management 29(5):356-363.
- Knevel, IC; Bekker, RM; Kunzmann, D; Stadler, M; Thompson, K. 2005. The LEDA Traitbase collecting and measuring standards of life-history traits of the northwest European flora. University of Groningen. Community and Conservation Ecology Group ISBN 90 367 2321 3:p. 176.
- Ku Vera, JC; Avilés, LR; Ferrer, GJ; Alayón, JA; Cancino, LR. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. 231-258 p.
- Larbi, A; Anyanwu, NJ; Oji, UI; Etela, I; Gbaraneh, LD; Ladipo, DO. 2005. Fodder yield and nutritive value of browse species in west African humid tropics: response to age of coppice regrowth. Agroforestry Systems 65:197–205.
- Lavorel, S; Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. Functional Ecology 16(5):545-556.
- Lemus de Jesús, G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, C.R. Turrialba, C.R, CATIE. p. 126
- León, C. 1972. Evaluación de la luteína como indicador para estimar el consumo de forraje. Turrialba, C.R, CATIE.
- López, IF; Hodgson, J; Hedderley, DI; Valentine, I; Lambert, MG. 2003. Selective defoliation by sheep according to slope and plant species in the hill country of New Zealand. Grass and Forage Science 58(4):339-349. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2494.2003.00386.x>
- López, M; Gómez, R; Harvey, C; Villanueva, C. 2004. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Rivas. CATIE, Turrialba, C.R. Disponible en pdf.

- Louault, F; Pillar, VD; Aufrère, J; Garnier, E; Soussana, JF; Austin, MP. 2005. Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland. *Journal of Vegetation Science* 16(2):151-160. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1658/1100-9233\(2005\)016\[0151:PTAFTI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1658/1100-9233(2005)016[0151:PTAFTI]2.0.CO;2)
- Lyons, RK; Machen, RV. 2000. Interpreting grazing behavior. *AgriLIFE Extension L-5385(10)*:6. Disponible en http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/86955/pdf_1317.pdf?sequence=1
- Lyons, RK; Machen, R; Forbes, TDA. 2001a. ¿Porque cambia la calidad del forraje de los pastizales? *AgriLIFE Extension E-99s(7-01)*:6. Disponible en https://agrilifebookstore.org/tmppdfs/viewpdf_1488_72442.pdf?CFID=7066016&CFTOKEN=dacc4ab665682793-74320009-9FC0-21B4-335E9B882793133D&jsessionid=90309b1374670eb485d05b2d6f593d395c69
- _____. 2001b. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. *Cooperativa de Texas "Extensión" E-100s(6)*:6. Disponible en <http://fmvz.uat.edu.mx/5BA864D3-8ECB-425E-8351-09F605802271/FinalDownload/DownloadId-1B95C5B53CF9154F8D3CD44882FBEA5A/5BA864D3-8ECB-425E-8351-09F605802271/Ganaderia%5CMANEJO%20DE%20PASTIZALES%5C15862284-E100S.pdf>
- Lloyd, J; Patiño, S; Paiva, RQ; Nardoto, GB; Quesada, CA; Santos, AJB; Baker, TR; Brand, WA; Hilke, I; Gielmann, H; Raessler, M; Luizão, FJ; Martinelli, LA; Mercado, LM. 2010a. Optimisation of photosynthetic carbon gain and within-canopy gradients of associated foliar traits for Amazon forest trees. *Biogeosciences* 7(6):1833-1859. Disponible en <http://www.biogeosciences.net/7/1833/2010/> <http://www.biogeosciences.net/7/1833/2010/bg-7-1833-2010.pdf>
- Lloyd, KM; Pollock, ML; Mason, NWH; Lee, WG. 2010b. Leaf trait–palatability relationships differ between ungulate species: evidence from cafeteria experiments using naïve tussock grasses. *New Zealand Journal of Ecology* 34(2):219-226.
- Mahecha, L; Angulo, J; Salaza, rB; Cerón, M; Suárez, JF; Lopera, JJ; Molina, CH; Molina, EJ; Gallo, J; Murgueitio, E; J., B; Olivera, M. 2005. Uso de grasa sobrepasante en dietas de vacas lucerna pastoreando un sistema silvopastoril de alta densidad arbórea. *CIPAV, Colanta. Colombia en Alimentación, nutrición y producción en polígastrocos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18(4):347-353.
- Makkar, HPS; Becker, K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology* 63(1-4):211-228.
- _____. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from African and Himalayan regions differ in level and activity? *Agroforestry systems* 40(1):59-68.
- McSweeney, CS; Palmer, B; McNeill, DM; Krause, DO. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 91(1-2):83-93.
- Meissner, HH; Paulsmeier, DV. 1995. Plant compositional constituents affecting between-plant and animal species prediction of forage intake. *J. Animal. Sci* 73:2447–2457.
- Montgomery, D. 2004. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Arizona, Ued. Limusa ed. Arizona, EE.UU. Limusa Wiley, edición limusa vol. 968-18-6156-6 3.2 limusa@noriega.com.mx, Limusa. 686 p.

- Montossi, F; Hodgson, J; Morris, ST. 1997. Herbage intake, ingestive behaviour and diet selection, and effects of condensed tannins upon body and wool growth in lambs grazing *Lolium perenne* and *Holcus lanatus* swards in summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40(4):449-461. Disponible en <http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a919960675>
<http://dx.doi.org/10.1080/00288233.1997.9513267>
- Moore, KJ; Jung, HJG. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management* 54(4):420-430.
- Morales, S; Sol, M. 1999. Factores que afectan la composición de la leche. Universidad de Chile. *TecnoVet - revista de extensión* 5(1). Disponible en http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9670%2526ISID%253D459,00.html
- Mosquera, D. 2010. Conocimiento local sobre funciones de especies arbóreas y arbustivas en sistemas de producción ganadera de Rivas, Nicaragua. Sin publicar. MS.c Agroforestería Tropical. Turrialba, C.R.
- Mueller-Harvey, I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(13):2010-2037. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2577>
- N.R.C. 1984. *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. National Academic Press. Washington D.C. v. SF203 No. 88, p. (6ª edición)
- Navas, A. 2007. Sistmeas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista ACOVEZ Agroforesteria Tropical* No.16 disponible en pdf, consultado el 10 de septiembre de 2009, en Sitio Argentino de producción animal www.produccion-animal.com.ar.
- Ndlovu, LR; Nherera, FV. 1997. Chemical composition and relationship to in vitro gas production of Zimbabwean browsable indigenous tree species. *Animal Feed Science and Technology* 69(1-3):121-129. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840197816276>
- Nitis, IM; Lana, K; Sukanten, W; Suarna, M; Putra, S. 1990. The concept and development of the three-strata forage system. In: C. Devendra. *Nutritional potential of fodde tree and shrubs as sources in ruminant nutrition for farm animals*. (Ed). Ottawa, Canadá. International developmet research Centre:92-102.
- Norton, BW. 1994. Anti-nutritive and toxic factors in forage tree legumes.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. National Academic Press. Washington D.C. v. SF203 No. 88, p. (6ª edición)
- Olivero, S. s/f. Functional traits approach to assess the ecological processes of drought tolerance and water use efficiency in silvopastoral systems of Rivas Department, Nicaragua. Sin publicar. M. Sc. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, C. R
- Ospina, SD; Ararat, JE; Rosales, M. 2002. Variación genotípica en la calidad nutricional de veintidós procedencias de *Trichanthera gigantea* (H & B) Nees. *Livestock Research for Rural Development* 14(3). Disponible en <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd14/3/osp143.htm>
- Palma, J. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco Mexicano. *Revista de Agroforestería para la producción animal – II*, FAO Tampico, Mexico vol. 14 (3) 95 - 104 ISSN 1022-1301 Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal disponible en pdf:p. 95 - 104.

- Parra, MH; Peláez, L; Pérez, N; Londoño, J; Rengifo, G. 2003. Los residuos de medicamentos en la leche. Problemática y estrategias para su control. Neiva, Colombia, produmedios. v. vol. 2-1-10-06-02-03 manual técnico p. 80 p. (2-1-10)
- Parsons, MH; Lamont, BB; Davies, SJF; Kovacs, BR. 2006. How energy and coavailable foods affect forage selection by the western grey kangaroo. *Animal Behaviour* 71(4):765-772. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W9W-4JB9N1X-1/2/9f93916307d0bb3f1fd3d93b7a00fab1>
- Perez-Harguindeguy, N; Diaz, S; Yendramini, F; Cornelissen, JHC; Gurvich, DE; Cabido, M. 2003. Leaf traits and herbivore selection in the field and in cafeteria experiments. *Austral Ecology* 28(6):642-650. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2003.tb00286.x>
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1996. Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In *Pastoreo intensivo en las zonas tropicales*. FIRA/BANCO DE MEXICO. I Foro Internacional. Veracruz, México. :p. 35
- _____. 1999. *Sistemas silvopastoriles: Módulo de enseñanza agroforestal*. CATIE vol. No. 2. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE.: p. 3-79.
- Phiri, DM; Coulman, B; Stepler, HA; Kamara, CS; Kwesiga, F. 1992. The effect of browse supplementation on maize husk utilization by goats. *Agroforestry systems* 17(2):153-158.
- Pinto, R; Hernández, D; Gómez, H; Cobos, MA; Quiroga, R; Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, Mexico. Usos y características nutricionales. *Universidad y ciencia* 26(1):19 - 31.
- Pirela, M. 2005. Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales. . En *Manual de Ganadería de doble Propósito*. Eds. Carlos González-Stagnaro, Eleazar Soto Belloso. Vol. 980-296-933-8, disponible en línea http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion1/articulo4-s1.pdf p. 176-182.
- Pollock, ML; Lee, WG; Walker, S; Forrester, G. 2007. Ratite and ungulate preferences for woody New Zealand plants: influence of chemical and physical traits. *Journal* 31(1):37 PDF.
- Pontes, LS; Carrère, P; Andueza, D; Louault, F; Soussana, JF. 2007. Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply. *Grass and Forage Science* 62(4):485-496. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00604.x>
- Posse, G; Anchorena, J; Collantes, MB. 2000. Spatial Micro-Patterns in the Steppe of Tierra del Fuego Induced by Sheep Grazing. *Journal of Vegetation Science* 11(1):43-50. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/3236774>
- Powers, JS; Tiffin, P. 2010. Plant functional type classifications in tropical dry forests in Costa Rica: leaf habit versus taxonomic approaches. *Functional Ecology* 24(4):927-936. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01701.x>
- Provenza, FD; Villalba, JJ; Haskell, J; Macadam, JW; Griggs, TC; Wiedmeier, RD. 2007. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop science* 47(1):382-398.
- Read, J; Sanson, GD. 2003. Characterizing sclerophylly: the mechanical properties of a diverse range of leaf types. *New Phytologist* 160(1):81-99. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00855.x>

- Rentería, L; Jaramillo, V. 2010. Rainfall drives leaf traits and leaf nutrient resorption in a tropical dry forest in Mexico. *Oecologia*:1-11. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-010-1704-3>
- Rivera, J; Córdoba, CP; Murgueitio, E; Cuartas, CA; Naranjo, JF; Barahona, R. 2010. Producción y calidad de leche en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos y sistemas de pasturas sin árboles en la región del Caribe seco de Colombia. CIPAV, C-. CIPAV - Universidad Nacional, Colombia. Colombia. 101. ISBN 978-9977-57-523-0 p.
- Rodríguez, FM. s/f. Efecto de los árboles dispersos sobre las características del suelo en sistemas silvopastoriles en Rivas, Nicaragua. Magister. Sin publicar. Turrialba, Costa Rica.
- Rodríguez, M; Flores, CE; Rodríguez, YT; Á.M., S. 2010. Uso de un Sistema Silvopastoril (SSP) de Morera (*Morus alba*) y Saúco (*Sambucus peruviana*) en suplementación de vacas Holstein. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Panamá
- Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Pezo, D; Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica S B Westley y M H Powell (eds). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. :p. 205-210.
- Romero, JE. 2010. El efecto de cuatro especies arbóreas en sistemas silvopastoriles sobre características del suelo en Matiguás y Muy-Muy, Nicaragua. Magister. . Turrialba, Costa Rica., Catie. 185
- Rosales, M. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. *In*. 2006. Cali, Colombia. 1-11 p. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/espanol/document/agrofor1/Rosales9.htm>
- Rosenthal, JP; Kotanen, PM. 1994. Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology & Evolution* 9(4):145-148. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169534794901805>
- Rusten, E; Gold, M. 1991. Understanding an indigenous knowledge system for tree fodder via a multi-method on-farm research approach. *Agroforestry systems* 15(2):139-165. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/BF00120185>
- Ryser, P; Urbas, P. 2000. Ecological significance of leaf life span among Central European grass species. *Oikos* 91(1):41-50.
- Sanderson, MA; Stair, DW; Hussey, MA; Donald, LS. 1997. Physiological and Morphological Responses of Perennial Forages to Stress. *Advances in Agronomy*. resumen. Academic Press. 171-224. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B7CSX-4RY67W5-B/2/3413464093087066b137669daee78f9d>
- Sandoval-Castro, CA; Lizarraga-Sanchez, HL; Solorio-Sanchez, FJ. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, in vitro gas production and in situ degradability. *Animal Feed Science and Technology* 123-124(Part 1):277-289. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-4G9Y4P2-1/2/e01c2e931cc0185c57e06ce54b9d5312>
- Sanon, HO; Kabor'e-Zoungrana, C; Ledin, I. 2007. Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. *Small Ruminant Research* 67:64 - 74. Disponible en www.elsevier.com/locate/smallrumres
- Sepúlveda, C; Ibrahim, M. 2009. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. Como una medida de adaptación al cambio climático en

- America Central. CATIE, Turrialba, C.R. Publicación de PNUMA (PNUMA/CAR/UCR). Serie técnica No. 377, ISBN 978-9977-57-485-1:p. 292.
- Shelton, M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasyuva* (Italia) 51(200):25-32.
- Sosa, EE; Pérez, D; Ortega, L; Zapata, G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, México. *RedAlyc* 42(002).
- Stewart, J. 2003. Variación genética en árboles forrajeros. Conferencia electrónica de la FAO ed. Instituto Forestal de Oxford, Universidad de Oxford, FAO. (Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" Oxford OX1- 3RB, U.K. disponible en pdf Consultado el 5 de diciembre de 2009 <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Stewar15.htm>)
- Stewart, JL; Dunsdon, AJ. 2003. Evaluación preliminar de la calidad potencial como forraje de un rango de especies de *Leucena*. *Pasturas tropicales* 20(3):15.
- Stobbs, H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures 1. Variación in the bite size of grazing cattle. Manuscrito, pdf. 24:809 - 819.
- Stur, WW; Ibrahim, T; Tuhulele, M; Binh, LH; Gabunada, F; Nakamane, IG; Phimpachanhvongsod, V; Guodao, L; Horne, PM. 2000. Adaptation of forages to climate, soils and use in smallholder farming systems in Southeast Asia. ACIAR; 1998. 112-119 p.
- Terrill, TH; Rowan, AM; Douglas, GB; Barry, TN. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58(3):321-329.
- Thapa, B; Walker, DH; Sinclair, FL. 1997. Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Science and Technology* 67(2-3):97-114. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-3RHD8MV-1/2/4c5040bfdf8a1a8b53cc1aa78e306123>
- Thorne, P; Subba, D; Walker, D; Thapa, B; Wood, C; Sinclair, F. 1999. La base de los conocimientos indígenas de árboles forrajeros calidad y sus implicaciones para la mejora de la utilización de árboles forrajeros en los países en desarrollo. Nepal, Francia. *El sevier Animal Feed Science and Technology*, vol. 81 (1999) 119 - 131:p. 13.
- Tilley, JMA; Terry, RA. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grasslands Society. IICA/RISPAL.* 104 - 111 p. (18)
- Tobler, MW; Cochard, R; Edwards, PJ. 2003. The impact of cattle ranching on large-scale vegetation patterns in a coastal savanna in Tanzania. *Journal of Applied Ecology* 40(3):430-444. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00816.x>
- Van Arendonk, JJCM; Poorter, H. 1994. The chemical composition and anatomical structure of leaves of grass species differing in relative growth rate. *Plant, Cell & Environment* 17(8):963-970. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.1994.tb00325.x>
- Van Soest, PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ Pr. p.
- Veisseyre, R. 1980. Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. Zaragoza, España. Acribia S.A. 625 p.

- Velasquez, 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.:p. 60.
- Velazquez, R. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. MS.c Agroforestería Tropical. Turrialba, C.R, Catie. 77
- Verheyden, TH; Renaud, PC; Morellet, N; Jamot, J; Besle, JM; Dumont, B. 2008. Selection for nutrients by red deer hinds feeding on a mixed forest edge. *Oecologia* 156(3):715-726. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-008-1020-3>
- Villalba, JJ; Frederick, D; Provenza, FD; Han, GD. 2004. Experience influences diet mixing by herbivores: implications for plant biochemical diversity. *Dept of Forest, Range and Wildlife Sciences* 107:100-109.
- Westoby, M; Falster, DS; Moles, AT; Vesk, PA; Wright, IJ. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:125-159. Disponible en www.jstor.org/stable/3069259
- Westoby, M; Wright, IJ. 2006. Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in Ecology & Evolution* 21(5):261-268.
- Wilson, WA; Gharavi, AE; Koike, T; Lockshin, MD; Branch, DW; Piette, JC; Brey, R; Derksen, R; Harris, EN; Hughes, GRV. 1999. International consensus statement on preliminary classification criteria for definite antiphospholipid syndrome. *Arthritis Rheum* 42(7):1309-1311.
- Wright, IJ; Westoby, M. 1999. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *Journal of Ecology* 87(1):85-97. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00330.x>
- Wright, IJ; Reich, PB; Westoby, M; Ackerly, DD; Baruch, Z; Bongers, F; Cavender-Bares, J; Chapin, T; Cornelissen, JHC; Diemer, M. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428(6985):821-827.
- Wright, IJ; Reich, PB; Cornelissen, JHC; Falster, DS; Groom, PK; Hikosaka, K; Lee, W; Lusk, CH; Niinemets, U; Oleksyn, J. 2005. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. *Global Ecology and Biogeography* 14(5):411-422.
- Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar, H; Harvey, C; Ibrahim, M. 2001. ¿Cómo utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), gen.zaro (*Pithecellobium saman*) y j.caro (*Crescentia alata*) en alimentaci.n animal? *Agroforestería en las Américas* vol. 8: 31.
- Zapata, PC. 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. MS.c Turrialba, Costa Rica, Catie. 153

8 ANEXOS

Anexo 1. Base de datos consolidada de especies encontradas FRAGMENT-FUNCITree y SILPAS

No.	€€	SPECIES	NOMCIEN	NAME	CODE
1	<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>	<i>Acacia collinsii</i>	Cornizuelo	acacol
2	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	Pelá	acafar
3	<i>Acacia</i>	<i>pennata</i>	<i>Acacia pennata</i>	Carbón	acapen
4	<i>Acosmium</i>	<i>panamense</i>	<i>Acosmium panamense</i>		acopan
5	<i>Acrocomia</i>	<i>mexicana</i>	<i>Acrocomia mexicana</i>	Palma coyol	acrmex
6	<i>Albizia</i>	<i>guachapele</i>	<i>Albizia guachapele</i>	Higuá	albgua
7	<i>Albizia</i>	<i>niopoides</i>	<i>Albizia niopoides</i>	Guanacaste blanco	albnio
8	<i>Samanea</i>	<i>saman</i>	<i>Samanea saman</i>	Samán	Samsam
9	<i>Allophylus</i>	<i>racemosus</i>	<i>Allophylus racemosus</i>		allrac
10	<i>Anacardium</i>	<i>excelsum</i>	<i>Anacardium excelsum</i>		anaexc
11	<i>Anacardium</i>	<i>occidentale</i>	<i>Anacardium occidentale</i>		anaocc
12	<i>Andira</i>	<i>inermis</i>	<i>Andira inermis</i>		andine
13	<i>Annona</i>	<i>glabra</i>	<i>Annona glabra</i>	Anón de agua	ann gla
14	<i>Annona</i>	<i>holosericea</i>	<i>Annona holosericea</i>		annhol
15	<i>Annona</i>	<i>purpurea</i>	<i>Annona purpurea</i>	Guanabana peq	annpur
16	<i>Annona</i>	<i>reticulata</i>	<i>Annona reticulata</i>		annret
17	<i>Apeiba</i>	<i>tibourbou</i>	<i>Apeiba tibourbou</i>		apetib
18	<i>Aphelandra</i>	<i>scabra</i>	<i>Aphelandra scabra</i>		aphsca
19	<i>Apoplanesia</i>	<i>paniculata</i>	<i>Apoplanesia paniculata</i>		apopan
20	<i>Ardisia</i>	<i>revoluta</i>	<i>Ardisia revoluta</i>		ardrev
21	<i>Astronium</i>	<i>graveolens</i>	<i>Astronium graveolens</i>	Ron Ron - Diom	astgra
22	<i>Astronium</i>	<i>graveolens</i>	<i>Astronium graveolens</i>		astgra
23	<i>Azadirachta</i>	<i>indica</i>	<i>Azadirachta indica</i>		azaind
24	<i>Bactris</i>	<i>major</i>	<i>Bactris major</i>		bacmaj
25	<i>Baltimora</i>	<i>recta</i>	<i>Baltimora recta</i>		balrec
26	<i>Bauhinia</i>	<i>divaricata</i>	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de venado	baudiv
27	<i>Bauhinia</i>	<i>pauletia</i>	<i>Bauhinia pauletia</i>	Pata de venado	baupau
28	<i>Bauhinia</i>	<i>ungulata</i>	<i>Bauhinia ungulata</i>	Pata de venado	bauung
29	<i>Bixa</i>	<i>orellana</i>	<i>Bixa orellana</i>		bixore
30	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	broali
31	<i>Brosimum</i>	<i>sp.</i>	<i>Brosimum sp.</i>		brosp
32	<i>Bunchosia</i>	<i>nitida</i>	<i>Bunchosia nitida</i>		bunnit
33	<i>Bursera</i>	<i>simaruba</i>	<i>Bursera simaruba</i>	India desnudo	bursim
34	<i>Bursera</i>	<i>tomentosa</i>	<i>Bursera tomentosa</i>		burtom
35	<i>Byrsonima</i>	<i>crassifolia</i>	<i>Byrsonima crassifolia</i>		byrcra
36	<i>Caesalpinia</i>	<i>exostemma</i>	<i>Caesalpinia exostemma</i>		caexo
37	<i>Caesalpinia</i>	<i>coriaria</i>	<i>Caesalpinia coriaria</i>		caecor
38	<i>Caesalpinia</i>	<i>violacea</i>	<i>Caesalpinia violacea</i>		caevio
39	<i>Calotropis</i>	<i>procera</i>	<i>Calotropis procera</i>		calpro
40	<i>Calycophyllum</i>	<i>candidissimum</i>	<i>Calycophyllum candidissimum</i>		calcan
41	<i>Cascabela</i>	<i>ovata</i>	<i>Cascabela ovata</i>		casova
42	<i>Casearia</i>	<i>aculeata</i>	<i>Casearia aculeata</i>		casacu
43	<i>Casearia</i>	<i>corymbosa</i>	<i>Casearia corymbosa</i>		cascor
44	<i>Cassia</i>	<i>grandis</i>	<i>Cassia grandis</i>	Carao	casgra

45	<i>Cecropia</i>	<i>peltata</i>	<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo	cecpel
46	<i>Cedrela</i>	<i>odorata</i>	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Cedodo
47	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Ceipen
48	<i>Chomelia</i>	<i>spinosa</i>	<i>Chomelia spinosa</i>		Chospi
49	<i>Citrus</i>	<i>limon</i>	<i>Citrus limon</i>	Limón	Citlim
50	<i>Citrus</i>	<i>aurantium</i>	<i>Citrus aurantium</i>		Citaur
51	<i>Citrus</i>	<i>sinensis</i>	<i>Citrus sinensis</i>		Citsin
52	<i>Coccoloba</i>	<i>caracasana</i>	<i>Coccoloba caracasana</i>		Coccar
53	<i>Coccoloba</i>	<i>floribunda</i>	<i>Coccoloba floribunda</i>		Cocflo
54	<i>Cochlospermum</i>	<i>vitifolium</i>	<i>Cochlospermum vitifolium</i>		Cocvit
55	<i>Cordia</i>	<i>alliodora</i>	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Coral
56	<i>Cordia</i>	<i>bicolor</i>	<i>Cordia bicolor</i>		Corbic
57	<i>Cordia</i>	<i>bullata</i>	<i>Cordia bullata</i>		Corbul
58	<i>Cordia</i>	<i>collococca</i>	<i>Cordia collococca</i>		Corcol
59	<i>Cordia</i>	<i>dentata</i>	<i>Cordia dentata</i>	Tigüilote	corden
60	<i>Cordia</i>	<i>globosa</i>	<i>Cordia globosa</i>		corglo
61	<i>Cordia</i>	<i>panamensis</i>	<i>Cordia panamensis</i>		corpan
62	<i>Cornutia</i>	<i>pyramidata</i>	<i>Cornutia pyramidata</i>		corpyr
63	<i>Couroupita</i>	<i>nicaraguarensis</i>	<i>Couroupita nicaraguarensis</i>		counic
64	<i>Crescentia</i>	<i>alata</i>	<i>Crescentia alata</i>	Jicaro	creala
65	<i>Crescentia</i>	<i>cujete</i>	<i>Crescentia cujete</i>	Totumo	crecuj
66	<i>Croton</i>	<i>niveus</i>	<i>Croton niveus</i>		croniv
67	<i>Curatella</i>	<i>americana</i>	<i>Curatella americana</i>		curame
68	<i>Dalbergia</i>	<i>retusa</i>	<i>Dalbergia retusa</i>	Ron ron	dalret
69	<i>Delonix</i>	<i>regia</i>	<i>Delonix regia</i>		delreg
70	<i>Diospyros</i>	<i>salicifolia</i>	<i>Diospyros salicifolia</i>		diosal
71	<i>Diphysa</i>	<i>americana</i>	<i>Diphysa americana</i>		dipame
72	<i>Dipteryx</i>	<i>oleifera</i>	<i>Dipteryx oleifera</i>		dipole
73	<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	entcyc
74	<i>Erythrina</i>	<i>berteroana</i>	<i>Erythrina berteroana</i>	Erytrina	eryber
75	<i>Eugenia</i>	<i>hondurensis</i>	<i>Eugenia hondurensis</i>		eughon
76	<i>Eugenia</i>	<i>salamensis</i>	<i>Eugenia salamensis</i>		eugsal
77	<i>Eugenia</i>	<i>hiraeifolia</i>	<i>Eugenia hiraeifolia</i>		eughir
78	<i>Eupatorium</i>	<i>glaberrimum</i>	<i>Eupatorium glaberrimum</i>		eupgla
79	<i>Ficus</i>	<i>insipida</i>	<i>Ficus insipida</i>	Ficus	ficins
80	<i>Genipa</i>	<i>americana</i>	<i>Genipa americana</i>		gename
81	<i>Gliricidia</i>	<i>sepium</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	glisep
82	<i>Godmania</i>	<i>aesculifolia</i>	<i>Godmania aesculifolia</i>		godaes
83	<i>Guarea</i>	<i>glabra</i>	<i>Guarea glabra</i>		guagla
84	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	guaulm
85	<i>Guettarda</i>	<i>macrosperma</i>	<i>Guettarda macrosperma</i>		guemac
86	<i>Gynerium</i>	<i>sagittatum</i>	<i>Gynerium sagittatum</i>		gynsag

87	<i>Gyrocarpus</i>	<i>americanus</i>	<i>Gyrocarpus americanus</i>		gyrame
88	<i>Haematoxylum</i>	<i>brasiletto</i>	<i>Haematoxylum brasiletto</i>		haebra
89	<i>Hymenaea</i>	<i>courbaril</i>	<i>Hymenaea courbaril</i>	Algarrobo	hymcou
90	<i>Inga</i>	<i>vera</i>	<i>Inga vera</i>	Guama	ingver
91	<i>Jacquinia</i>	<i>nervosa</i>	<i>Jacquinia nervosa</i>		jacner
92	<i>Justicia</i>	<i>carthaginensis</i>	<i>Justicia carthaginensis</i>		juscar
93	<i>Karwinskia</i>	<i>calderonii</i>	<i>Karwinskia calderonii</i>		karcas
94	<i>Lantana</i>	<i>trifolia</i>	<i>Lantana trifolia</i>		lantri
95	<i>Lantana</i>	<i>urticifolia</i>	<i>Lantana urticifolia</i>		lanurt
96	<i>Leucaena</i>	<i>shannonii</i>	<i>Leucaena shannonii</i>		leusha
97	<i>Licania</i>	<i>arborea</i>	<i>Licania arborea</i>		licarb
98	<i>Licania</i>	<i>platypus</i>	<i>Licania platypus</i>		licpla
99	<i>Lippia</i>	<i>alba</i>	<i>Lippia alba</i>		lipalb
100	<i>Lonchocarpus</i>	<i>macrocarpus</i>	<i>Lonchocarpus macrocarpus</i>		lonmac
101	<i>Lonchocarpus</i>	<i>minimiflorus</i>	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>		lonmin
102	<i>Lonchocarpus</i>	<i>parviflorus</i>	<i>Lonchocarpus parviflorus</i>		lonpar
103	<i>Lonchocarpus</i>	<i>phaseolifolius</i>	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>		lonpha
104	<i>Lonchocarpus</i>	<i>phlebophyllus</i>	<i>Lonchocarpus phlebophyllus</i>		lonphl
105	<i>Lonchocarpus</i>	<i>sp.</i>	<i>Lonchocarpus sp.</i>		lonsp
106	<i>Luehea</i>	<i>candida</i>	<i>Luehea candida</i>		luecan
107	<i>Luehea</i>	<i>seemannii</i>	<i>Luehea seemannii</i>		luesee
108	<i>Lysiloma</i>	<i>auritum</i>	<i>Lysiloma auritum</i>		lysaur
109	<i>Machaerium</i>	<i>biovulatum</i>	<i>Machaerium biovulatum</i>		macbio
110	<i>Maclura</i>	<i>tinctoria</i>	<i>Maclura tinctoria</i>		mactin
111	<i>Malvaviscus</i>	<i>arboreus</i>	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malva	malarb
112	<i>Mangifera</i>	<i>indica</i>	<i>Mangifera indica</i>	Mango	manind
113	<i>Manilkara</i>	<i>chicle</i>	<i>Manilkara chicle</i>		manchi
114	<i>Manilkara</i>	<i>zapota</i>	<i>Manilkara zapota</i>		manzap
115	<i>Melicoccus</i>	<i>bijugatus</i>	<i>Melicoccus bijugatus</i>		melbij
116	<i>Moringa</i>	<i>oleifera</i>	<i>Moringa oleifera</i>	Marango	morole
117	<i>Myrospermum</i>	<i>frutescens</i>	<i>Myrospermum frutescens</i>		myrfu
118	<i>Nectandra</i>	<i>lineata</i>	<i>Nectandra lineata</i>		neclin
119	<i>Neea</i>	<i>fagifolia</i>	<i>Neea fagifolia</i>		neefag
120	<i>Pachira</i>	<i>quinata</i>	<i>Pachira quinata</i>	Pochote	pacqui
121	<i>Phyllanthus</i>	<i>acuminatus</i>	<i>Phyllanthus acuminatus</i>		phyacu
122	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	<i>Piper aduncum</i>		pipadu
123	<i>Piper</i>	<i>amalago</i>	<i>Piper amalago</i>		pipama
124	<i>Piper</i>	<i>marginatum</i>	<i>Piper marginatum</i>		pipmar
125	<i>Pisonia</i>	<i>aculeata</i>	<i>Pisonia aculeata</i>		pisacu
126	<i>Pithecellobium</i>	<i>oblongum</i>	<i>Pithecellobium oblongum</i>		pitabl
127	<i>Pithecellobium</i>	<i>dulce</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	Payandé	pitdul

128	<i>Platymiscium</i>	<i>parviflorum</i>	<i>Platymiscium parviflorum</i>		plapar
129	<i>Plumeria</i>	<i>rubra</i>	<i>Plumeria rubra</i>		plurub
130	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	<i>Pouteria sapota</i>		pousap
131	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	psigua
132	<i>Psychotria</i>	<i>horizontalis</i>	<i>Psychotria horizontalis</i>		psyhor
133	<i>Quassia</i>	<i>amara</i>	<i>Quassia amara</i>		quaama
134	<i>Randia</i>	<i>armata</i>	<i>Randia armata</i>		ranarm
135	<i>Rauwolfia</i>	<i>tetraphylla</i>	<i>Rauwolfia tetraphylla</i>		rautet
136	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	riccom
137	<i>Russelia</i>	<i>sarmentosa</i>	<i>Russelia sarmentosa</i>		russar
138	<i>Sapium</i>	<i>macrocarpum</i>	<i>Sapium macrocarpum</i>		sapmac
139	<i>Sapranthus</i>	<i>violaceus</i>	<i>Sapranthus violaceus</i>		sapvio
140	<i>Schoepfia</i>	<i>schreberi</i>	<i>Schoepfia schreberi</i>		schsch
141	<i>Sciadodendron</i>	<i>excelsum</i>	<i>Sciadodendron excelsum</i>		sciexc
142	<i>Semialarium</i>	<i>mexicanum</i>	<i>Semialarium mexicanum</i>		semmex
143	<i>Senna</i>	<i>atomaria</i>	<i>Senna atomaria</i>		senato
144	<i>Senna</i>	<i>pallida</i>	<i>Senna pallida</i>		senpal
145	<i>Senna</i>	<i>alata</i>	<i>Senna alata</i>		senala
146	<i>Sida</i>	<i>acuta</i>	<i>Sida acuta</i>		sidacu
147	<i>Sideroxylon</i>	<i>capiri</i>	<i>Sideroxylon capiri</i>		sidcap
148	<i>Simarouba</i>	<i>amara</i>	<i>Simarouba amara</i>		simama
149	<i>Siparuna</i>	<i>thecaphora</i>	<i>Siparuna thecaphora</i>		sipthe
150	<i>Solanum</i>	<i>hirtum</i>	<i>Solanum hirtum</i>		solhir
151	<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	spomom
152	<i>Spondias</i>	<i>purpurea</i>	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	spopur
153	<i>Stemmadenia</i>	<i>obovata</i>	<i>Stemmadenia obovata</i>		steobo
154	<i>Stemmadenia</i>	<i>donnell-smithii</i>	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>		stedon
155	<i>Sterculia</i>	<i>apelata</i>	<i>Sterculia apelata</i>		steape
156	<i>Swietenia</i>	<i>humilis</i>	<i>Swietenia humilis</i>		swihum
157	<i>Tabebuia</i>	<i>chrysantha</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Roble	tabchr
158	<i>Tabebuia</i>	<i>ochracea</i>	<i>Tabebuia ochracea</i>		taboch
159	<i>Tabebuia</i>	<i>rosea</i>	<i>Tabebuia rosea</i>		tabros
160	<i>Tabernaemontana</i>	<i>amygdalifolia</i>	<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>		tabamy
161	<i>Thouinidium</i>	<i>decandrum</i>	<i>Thouinidium decandrum</i>		thodec
162	<i>Trema</i>	<i>micrantha</i>	<i>Trema micrantha</i>		tremic
163	<i>Trichilia</i>	<i>americana</i>	<i>Trichilia americana</i>		triame
164	<i>Trichilia</i>	<i>martiana</i>	<i>Trichilia martiana</i>		trimar
165	<i>Xylosma</i>	<i>flexuosa</i>	<i>Xylosma flexuosa</i>		xylfle
166	<i>Xylosma</i>	<i>horrida</i>	<i>Xylosma horrida</i>		xylhor

Anexo 2. Nombre de leñosas en cada combinación.

<i>Día</i>	<i>combinaciones de especies</i>				
1	Genízaro – Marango	Leucaena - enízaro	Genízaro - allinazo	Mimosa – Marango	Guácimo - enízaro
2	Guácimo – Madero	Mimosa - Leucaena	Aromo - Gallinazo	Aromo – Genízaro	Tigüilote -Gallinazo
3	Leucaena – Tigüilote	Mimosa - Aromo	Guácimo - igüilote	Ojoche – Aromo	Madero - Leucaena
4	Mimosa – Ojoche	Ojoche - Leucaena	Mimosa -Genízaro	Madero –Marango	Marango - Gallinazo
5	Tigüilote – Marango	Guácimo - eucaena	Ojoche - Marango	Genízaro - Tigüilote	Madero - Aromo
6	Madero – Ojoche	Madero - Tigüilote	Guácimo - Ojoche	Leucaena - Marango	Aromo - Leucaena
7	Mimosa – Gallinazo	Aromo - Marango	Madero - Mimosa	Leucaena - Gallinazo	Aromo - Tigüilote
8	Guácimo – Mimosa	Ojoche - Gallinazo	Ojoche - Tigüilote	Madero – Gallinazo	Guácimo - Marango
9	Madero – Genízaro	Guácimo - Gallinazo	Mimosa - Tigüilote	Ojoche – Genízaro	Guácimo - Aromo

Ospina, D. y Brennes, H. 2010. Apoyo y comunicación personal. Catie. Turrialba, CR).

Anexo 3. Bibliografía de documentos referenciados en la matriz de rasgos

Los números en paréntesis corresponden a la identificación de las leñosas del cuadro 4.

- Aguilar, J.C (1994). Caracterización nutricional de especies arbóreas para la alimentación de rumiantes en el departamento de Valle, republica de Honduras, C.A. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad MVZ. Tesis de pregrado en Zootecnia. (11,15,16,18,22)
- CATIE, (2004). Árboles de Centroamérica. (2,5,11)
- Arcos, J y Chamorro, D (2001). Utilización estratégica del árbol de matarratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de hembras bovinas de levante (Resúmen). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 14 (supl), p. 38. (15,16,18)
- Ascencio Rojas, L. (2008). Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos, de los municipios de Tlapacoyan, Misantla y Matinez de la Torre, Veracruz, México. Tesis de MS.c CATIE. Turrialba, C.R, disponible en pdf, p. 134. (1,2,3,7,9,15,16,22)
- Barnett, W.L Misc. Circ., Dep. Sci. Agric. Jamaica, No. 216. Samanea saman <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (6,8)
- Batis, A., I. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez-Yanez. (1999). *Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosas para la Restauración Ecológica y la Reforestación*. Proyecto J-084-Conabio. Instituto de Ecología, UNAM. (13)
- Benavides, (1994). Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Agroforestería para la producción agroforestal en Latinoamérica. Catie. Turrialba, C.R p. 28, disponible en pdf. (8,11,15,16)
- Brannasiri, T. (1970). Personal communication. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (18)
- Camero, L. (1994). Poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. Avances de investigación. Revista, Agroforestería de las Américas, enero – marzo de 1994. (15)
- Cecconello, G., Benezra, M. y Obispo, N. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. Revista Zootecnia Tropical, Vol. 21, No. 2, ISSN 0798 - 7269, pp. 149-165. (6,13)
- Chavez, W. (s/f). Diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la cuenca Gil Gonzalez, Rivas, Nicaragua. MS.c Manejo de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, C.R, Catie. (1,4,9,10,13,17,23)

- Cobos, M., Sanchez M., Trinidad, A., Cetina, V., y Vargas, J. (1999). Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. Revista de Agroforestería para la producción animal – II, FAO. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México, disponible en pdf. (2,15,16)
- Crop Index. (2008). Crops are listed alphabetically by genus and common name. Product University Center For New crops and plants products. (6,15,17,21)
- Devendra, C. & GYHL, B.I. 1970. Trop. Agric. Trin. 47(4) 335. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (15)
- Esquivel, H. (2007). Tree resources in traditional silvopastoral system and their impact on productivity and value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. Tesis doctor of philosophy. Turrialba, C.R, p. 160. (6,13,16)
- FAO Organización Mundial de la Salud. (S/F) Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado, disponible en pdf, en Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" (21)
- Febles, G y Ruíz, T. (2008). Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. Avances en investigación agropecuaria. Colima, México. Revista científica REDALYC Universidad de Colima, vol. 12, No 001 ISSN (versión impresa) 0188 – 07890, disponible en pdf. (14,15,16)
- Francis, J y Lowe, C. (2000), Bioecología de Arboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Publicado por (United States Department of Agriculture) USDA. (16,23)
- Galindo, J; Gonzales, N; Aldamama, A; Marrero, Y. (2001). Efecto de *Enterolobium cyclocarpum* en la población microbiana ruminal y su actividad en condiciones in vitro. (ICA - Cuba) Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 35, No. 3, p. 7 (13)
- García, A.E; Abadia, B; Barahona, R; Sánchez, S. (2009). Caracterización fitoquímica de factores anti-nutricionales en las hojas de uvito (*Cordia dentata Poir*). Rev.MVZ Córdoba. Corpoica 14(1):1611-1623. (11)
- García, DE; Medina, MG. (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Trop 24(3):233. (5,6,10,15)
- García, DE; Medina, M.G; Ojeda, F; Humbría, J; Domínguez, C; Baldizán, A; Toral, O. 2007. Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género Albizia. Universidad de los andes, Venezuela. Pastos y Forrajes, 30(1). (5,6)
- García, DE; Medina, MG; Cova, LJ; Soca, M; Pizzani, P; Baldizán, A; Domínguez, CE. (2008). Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical 26(3):191-195. Disponible en <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300006&lng=es&nrm=iso>. (6,15,16,18,21)
- Ibrahim, M; Camero, C; Camargo, J y Andrade, H. (2002). Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE, Disponible en pdf (8,15)
- Johnson, M.O. & Ching, K.A. (1918). Bull. Hawaii agric. Exp. Stn, No. 53. p. 26. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (8)
- Lim, Han Kuo. (1967). Malay. agri. J. 46(1):63. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (15,18)
- MaliK, M.Y et al. (1967). Pakist. Sci., 19:171. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (21)
- Makkar, HPS; Becker, K. (1998). Artículos FAO. Do tannins in leaves of trees and shrubs from African and Himalayan regions differ in level and activity? Agroforestry systems 40(1):59-68. (18)
- Ortíz, M., González, J., Bressani, R. (1989). Valor nutritivo del fruto del árbol de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en bovinos jóvenes. Turrialba. 39. 2. 209-14, From <http://www.metabase.net/docs/incap/07032.html> (13)
- Olivero, S. (s/f). Functional traits approach to assess the ecological processes of drought tolerance and water use efficiency in silvopastoral systems of Rivas Department, Nicaragua. Tesis M. Sc.

- Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Sin publicar. Catie. Turrialba, C. R. (6,16)
- Palma, J. (2006). Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco Mexicano. Universidad de Colima, México. Revista de Agroforestería para la producción animal – II, FAO, vol. 14 (3) 95 – 104, disponible en pdf. (2,13,15,16,18,22)
- Palma, J. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en investigación agropecuaria. Universidad de Colima, México, revista REDALYC, volumen 9, No 001. ISSN (versión impresa) 0188 – 7890, p. 12 (2,13,15,16,18,22)
- Peralta N, Palma, J. M. y Macedo, R. (2004). Efecto de diferentes niveles de inclusión de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en el desarrollo de ovinos en estabulación. *Livestock Research for Rural Development*, Vol. 16, Art. # 4. Retrieved. December 5 2009, from <http://www.lrrd.org/lrrd16/1/pera161.htm> (13)
- Pérez, N. (s/f). Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Sin publicar. Tesis M.S.c Agroforestería Tropical. Sin publicar. Catie. Turrialba, C.R. (2,5,6,8,11,15,16,18,20,21)
- Pinto, R; Hernández, D; Gómez, H; Cobos, MA; Quiroga, R; Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, Mexico. Usos y características nutricionales. Universidad y ciencia 26(1):19 - 31. (2,11)
- Razz, R y Clavero, T. (2004). Niveles de urea, fosforo, glucosa e insulina de vacas en ordeño suplementadas con concentrado en un sistema de panicum máximum y leucaena leucocephala. Maracaibo, Venezuela. Revista científica REDALYC, Universidad del Zulia, vol. XIV No 004, ISSN (versión impresa) 0798 – 2259. Disponible en pdf. (18)
- Román, ML; Mora, A; Gallego, A. (2004). Especies arbóreas de la costa de Jalisco, Mexico, utilizadas como forrajes en sistemas silvopastoriles. Universidad de Guadalajara. SCIENTIA CUCBA 6(1-2):116. (8)
- Roncillo, B., Torres, E., Sierra, S. (1998). Producción de vacas de doble propósito suplementadas con frutos de Algarrobillo (*Pithecellobium saman*) durante las lluvias. Valledupar, Colombia. Disponible en pdf, Agroforestería para la producción animal en América Latina – II. FAO. (6)
- Sanchez, M y Rosales, M. (2001). Producción de vacas de doble propósito suplementadas con frutos de Algarrobillo (*Pithecellobium saman*) durante las lluvias. En memorias de la segunda conferencia electrónica.FAO. Disponible en pdf, p. 257 (3)
- Sanchez, M y Rosales, M. (2001). Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. En memorias de la segunda conferencia electrónica.FAO. Disponible en pdf, p. 271. (15)
- Sandoval-Castro, CA; Lizarraga-Sanchez, HL; Solorio-Sanchez, FJ. (2005). Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, in vitro gas production and in situ degradability. *Animal Feed Science and Technology* 123-124(Part 1):277-289. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-4G9Y4P2-1/2/e01c2e931cc0185c57e06ce54b9d5312> (8,18)
- SEN, K.C. (1938). Indian Council of Agricultural Research. Bulletin No. 25. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (21)
- Simbaya, J (2002). Potential of fodder tree/shrub legumes as a feed resource for dry season supplementation of smallholder ruminant animals. Artículos FAO. National Institute for Scientific and Industrial Research. Livestock and Pest Research Centre. Chilanga, Zambia. (15,18)
- Sosa, EE; Pérez, D; Ortega, L; Zapata, G. (2004). Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Técnica Pecuaria en México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, México. RedAlyc 42(002). (8,15,16,18)

- Stewart, JL; Dunsdon, AJ. (2000). The potential of some neotropical Albizia species and close relatives as fodder resources. *Agroforestry systems* 49(1):17-30. (4,5,6)
- Stewart, JL; Dunsdon, AJ. (2003). Evaluacion preliminar de la calidad potencial como forraje de un rango de especies de Leucena. *Pasturas tropicales* 20(3):15. (18,19)
- Thi Thu Nguyen Hong, Vo Ai Quac, * Tran Thi Kim Chung, Bach Hiet Van Thanh Nguyen Mong y Phan Huu El (2008). *Mimosa pigra* para cabras en crecimiento en el delta del Mekong de Vietnam. Departamento de Zootecnia y Medicina Veterinaria, Universidad Angiang, Vietnam. 1234/63 Tran Dao Hung, Xuyen Long, An Giang. *Ganadería Investigación para el Desarrollo Rural* 20 (12) 2008 (20)
- UNA (Universidad Nacional Agraria - Nicaragua), (2004). Marango, cultivo y utilización en la alimentación animal. Elaborado por DIEP) Dirección de Investigación, Extensión y Posgrados - Nadir Reyes S, serie técnica No. 5. Km 12 ½ carretera a Managua, Nicaragua, disponible en pdf, p. 23 (21)
- Work, S.H. (1937). *Ann. Rep. Hawaii agric. Exp. Stn.* p. 77. <http://www.tropicalforages.info/index.htm> (18)
- Zamora et ál. 2001 ¿Cómo utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), gen.zaro (*Pithecellobium saman*) y j.caro (*Crescentia alata*) en alimentaci.n animal? *Agroforestería en las Américas* Vol. 8No 31 (6,13,16)