

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**



**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO  
AGROPECUARIAS Y PESQUERAS**

**“INTERACCIÓN SUELO: PLANTA: ANIMAL EN UN  
SISTEMA SILVOPASTORIL”**

**TESIS:**

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**JOB OSWALDO BUGARÍN PRADO**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERAS  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

Xalisco, Nayarit, 18 de Agosto del 2009

**DR. J. DIEGO GARCÍA PAREDES**  
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)  
PRESENTE

**ASUNTO:** Liberación de la tesis del  
**C. JOB OSWALDO BUGARÍN PRADO**

Los que suscribimos, integrantes del consejo tutorial del C. JOB OSWALDO BUGARÍN PRADO, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la tesis titulada **"INTERACCIÓN SUELO: PLANTA: ANIMAL EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL"**, y en nuestra opinión cumple el requisito parcial para obtener el grado de Maestría en el área de ciencias agrícolas.

**CONSEJO TUTORIAL**

**DIRECTOR**

Dr. Clemente Lemus Flores

**CO-DIRECTOR**

Dra. Leonor Sanginés García

**ASESORES**

Dr. José Irán Bojórquez Serrano

Dr. Jorge Andrés Ortega

C.c.p.- Minutario.  
C.cp.- Expediente.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/161/09

Xalisco, Nayarit., a 19 de agosto de 2009

**C. ING. ALFREDO GONZÁLEZ JÁUREGUI**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**P R E S E N T E.**

Con base al oficio de fecha 18 de agosto del presente año, enviado por los CC. **Dr. Clemente Lemus Flores, Dra. Leonor Sanginés García, Jorge Aguirre Ortega, Dr. José Irán Bojórquez Serrano, Dr. Alberto Hernández Jiménez** donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al **C. Job Oswaldo Bugarin Prado**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en el Área de Ciencias Agrícolas.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR LO NUESTRO A LO UNIVERSAL"**

**DR. J. DIEGO GARCÍA PAREDES**  
**COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP**



C.c.p.-Minutario.

C.c.p.-Expediente.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

Sra. Marfa Luisa Prado González con todo mi amor y a don Enrique Bugarín Núñez, quien me enseñó a trabajar y me enseñó el buen camino.

Gracias por todo esto, Papá.

### **A MIS HERMANOS**

Con mucho cariño y respeto por brindarme su apoyo tan valioso en los momentos difíciles que da la vida y por eso animó que nunca se hiciera esperar.

### **A MI ESPOSA**

Con amor, por su paciencia y comprensión para la realización de esta meta.

### **A MIS HIJAS**

A la memoria de mi hija Irina Jocabed Bugarín Gutiérrez\*  
Valentina de Jesús Bugarín Gutiérrez, por ser un pilar importante en mi vida.

### **A MIS FAMILIARES Y AMIGOS**

Que en forma directa e indirecta siempre me han apoyado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que a nadie, a Dios, por darme la fortaleza física y emocional para lograr esta meta.

A la Universidad autónoma de Nayarit y al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias.

A mi director de tesis Dr. Clemente Lemus Flores, por su asesoría y ayuda en la elaboración de este proyecto.

A mis asesores Dra. Leonor Sanginés García; Dr. Jorge Aguirre Ortega; Dr. José Irán Bojórquez Serrano y al Dr. Alberto Hernández Jiménez, por su disponibilidad y orientación para la culminación de este trabajo de investigación.

Al personal de la Universidad Autónoma de Nayarit por el apoyo incondicional en la realización de mi trabajo experimental, en especial a los ingenieros Carlos Arturo Ortega Aguirre y Raúl Alonso Rodríguez.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ABREVIATURAS.....	VII
RESUMEN.....	X
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	4
1.2. Objetivo General.....	4
1.2.1. Objetivos particulares.....	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Conservación de la biodiversidad.....	5
2.2. Definición de agroforestería.....	7
2.2.1. Fundamentos de la agroforestería pecuaria.....	7
2.2.2. Sistemas silvopastoriles (SSP).....	9
2.2.3. Establecimiento y crecimiento de plantas en sistema silvopastoril.....	10
2.2.4. Producción y calidad del forraje en sistemas silvopastoriles.....	11
2.2.5. Valor nutricional de los componentes vegetales bajo sistema silvopastoril.....	12
2.2.6. Metabolitos secundarios de las plantas (MSP).....	14
2.3. Interrelación suelo: planta: animal.....	16
2.3.1. Erosión del suelo.....	17
2.3.2. Materia Orgánica.....	18
2.3.3. Reciclaje de nutrientes.....	19
2.4. Descripción de las especies utilizadas en este trabajo.....	22
2.4.1. <i>Leucaena leucocephala</i> (guaje).....	22
2.4.2. <i>Leucaena glauca</i> (guaje rojo).....	25
2.4.3. <i>Clitoria ternatea</i> (clitoria).....	27
2.4.4. <i>Brachiaria brizantha</i> (insurgente).....	29
2.5. Producción ovina en sistemas silvopastoriles.....	31
2.6. Otras características a considerar en los sistemas silvopastoriles.....	36
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Localización y características del sitio experimental.....	38
3.2. Diseño experimental y tratamientos.....	38
3.3. Establecimiento y manejo del sistema silvopastoril.....	39

3.6. Variables a evaluar.....	40
3.6.1. Variables Edafológicas.....	40
3.6.2. Variables agronómicas.....	41
3.6.3. Análisis químicos del material biológico.....	43
3.6.4. Variables zootécnicas.....	43
3.7. Evaluación de resultados.....	45
<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Características de referencia y cambios en las propiedades del suelo en el sistema silvopastoril implementado.....	46
4.2. Resultados de las variables agronómicas (establecimiento, crecimiento, rendimiento y calidad) de la biomasa en asociaciones de <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Leucaena glauca</i> , <i>Clitoria ternatea</i> y <i>Bracharia brizantha</i> ..	55
4.2.1. Análisis Químicos de las diferentes especies vegetales.....	61
4.3. Resultados de la evaluación del comportamiento productivo del ganado ovino en el sistema implementado.....	67
<b>V.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VI.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>VII.- ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Titulo:	Página
1	Características iniciales del suelo en el sitio experimental.....	47
2	Comportamiento de la densidad de aparente a 14 meses de establecidos los tratamientos .....	49
3	Comparación del incremento de la materia orgánica a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.....	53
4	Dinámica del pH a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.....	55
5	Altura de especies arbóreas (cm).....	56
6	Diámetro de especies las arbóreas (cm).....	57
7	Número de ramas en las especies arbóreas evaluadas.....	58
8	Altura a la primera rama (cm) para las especies arbóreas evaluadas.....	59
9	Supervivencia (%) de especies arbóreas en el sistema silvopastoril.....	60
10	Composición del pastizal, diámetro y altura de <i>Leucaena</i> a los 9 meses de establecido el sistema silvopastoril.....	61
11	Composición química en base seca de las especies introducidas en el sistema silvopastoril (100g).....	64
12	Caracterización químico proximal de cada tratamiento de acuerdo a la relación gramínea leguminosa (en 100g).....	65
13	Producción de materia seca, cenizas, proteína, fibra, extracto etéreo, Hemicelulosa y materia orgánica (en ton/ha), de acuerdo con la relación leguminosa: gramínea en tres periodos.....	66
14	Comportamiento productivo de ovinos bajo diferente sistema de pastoreo.....	68
15	Proporción de la composición botánica de los sistemas.....	68
16	Tiempo total dedicado a cada actividad en pastoreo.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Parcela o unidad experimental.....	39
2	Comportamiento de la densidad aparente a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.....	48
3	Dinámica en el contenido de materia orgánica a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.....	52
4	Comportamiento de pH en cuatro diferentes muestreos en un sistema silvopastoril.....	54
5	Porcentaje del tiempo dedicado a cada actividad durante el pastoreo.....	74

## ABREVIATURAS

<b>A</b>	Horizonte agrícola del suelo
<b>abc, ABC</b>	Superíndices indican diferencia estadística significativa.
<b>ABC</b>	Horizontes del suelo
<b>A.O.A.C</b>	Asociación oficial de análisis químicos
<b>BB</b>	<i>Brachiaria brizantha</i>
<b>BCV</b>	Bajo cobertura vegetal
<b>C</b>	Carbono
<b>Ca</b>	Calcio
<b>CA</b>	Consumo de agua
<b>CAR</b>	Consumo de arbórea
<b>CEN</b>	Cenizas
<b>CG</b>	Consumo de grama
<b>CIAT</b>	Centro Internacional de Agricultura Tropical
<b>CIPAV</b>	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>CM</b>	Consumo de maleza
<b>CT</b>	<i>Citroia tematea</i>
<b>CONAFOR</b>	Comisión nacional forestal
<b>CO<sub>2</sub></b>	Bióxido de carbono
<b>CP</b>	Consumo de <i>Brachiaria brizantha</i>
<b>C/N</b>	Relación carbono nitrógeno
<b>DA</b>	Densidad aparente
<b>EE</b>	Error estándar
<b>EET</b>	Extracto etéreo
<b>FAD</b>	Fibra ácido detergente
<b>FND</b>	Fibra neutro detergente
<b>g</b>	Gramos
<b>g/día</b>	Gramos por día
<b>H</b>	Hora
<b>HEM</b>	Hemicelulosa
<b>INEGI</b>	Instituto de estadística geografía e informática
<b>kcal/kg</b>	Cantidad de kilocalorías contenidas en un kilogramo
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg/ha/año</b>	Kilogramo por hectárea por año
<b>LGB</b>	<i>Leucaena glauca</i> y <i>Brachiaria brizantha</i>
<b>LGCB</b>	<i>Leucaena glauca</i> , <i>Citroia tematea</i> y <i>Brachiaria brizantha</i>
<b>LLB</b>	<i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Brachiaria brizantha</i>
<b>LLCB</b>	<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Citroia tematea</i> y <i>Brachiaria brizantha</i>
<b>M</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>Mg</b>	Miligramos
<b>Mg.m<sup>-3</sup></b>	Miligramos por metro
<b>ml</b>	Mililitros

mm	Milímetros
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
menm	Metros sobre el nivel del mar
MS/ha	Materia seca por hectárea
N	Nitrógeno
ND	No determinado
<b>Nom-021-RECNAT</b>	Norma oficial Mexicana sobre recursos naturales
P	Fosforo
PC	Proteína cruda
pH	Potencial hidrogeno
pv	Peso vivo
p<0.05	Probabilidad mayor o igual a 95%
SAF	Sistemas agroforestales
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAS	Sistema de análisis estadísticos
SCV	Sin cobertura vegetal
SO	Sombra
SSP	Sistemas silvopastoriles
TC	Taninos concentrados
t/ha/año	Toneladas por hectárea al año
UAN	Universidad Autónoma de Nayarit
ua/ha	Unidad animal por hectárea
WRB	Base de referencia mundial para la clasificación de los suelos
°C	Grados Celsius
%W	Porcentaje de humedad
±	Desviación estándar

## RESUMEN

Se estableció un sistema silvopastoril en un suelo Cambisol, háplico (éutrico, crómico). En la llanura costera norte de Nayarit, se evaluó el uso de los sistemas silvopastoriles para la producción ovina y su influencia sobre las propiedades del suelo. Los tratamientos fueron (en proporción de leguminosas: gramínea): 1) *Leucaena leucocephala* – *Brachiaria brizantha*, LLB (30:70); 2) *Leucaena glauca* – *Brachiaria brizantha*, LGB (30:70); 3) *Leucaena leucocephala* – *Brachiaria brizantha* – *Clitoria tematea*, LLCB(28:52:20); 4) *Leucaena glauca* – *Brachiaria brizantha* – *Clitoria tematea*, LGCB (28:52:20); 5) *Brachiaria brizantha*, BB (100); distribuidos en bloques al azar, con cuatro repeticiones de 256m<sup>2</sup> c/u. El establecimiento fue en octubre del 2007, bajo riego, sin fertilización. Se caracterizó inicialmente al suelo y se midieron propiedades físico-químicas, la densidad aparente en los primeros 20 cm fue 1.33 Mg/m<sup>3</sup>, 12.83 %W (humedad del suelo), pH de 6.3 y bajo contenido de materia orgánica 1.68%; se realizaron cinco evaluaciones para densidad aparente, pH y materia orgánica, las muestras se tomaron bajo cobertura vegetal y sin cobertura vegetal, tomando en cuenta los tratamientos, se midió el crecimiento de las especies arbóreas, además se evaluó el establecimiento mediante la supervivencia de las especies arbóreas establecidas, la relación leguminosa: gramínea, producción de materia seca y la caracterización bromatológica de las especies en el sistema. Para la prueba de comportamiento se utilizaron 18 corderos jóvenes, machos sin castrar, de 4 meses de edad, encastados de Pelibuey, con un peso inicial de 19 ± 3 kg, divididos en grupos de 6 animales, ubicados en un sistema silvopastoril y en monocultivo, respectivamente; para la evaluación de la ganancia diaria de peso, se utilizó un diseño de bloques al azar con 2 tratamientos y tres repeticiones (6 animales por repetición), con un pastoreo de 7 días para cada repetición, simultáneamente se evaluó el comportamiento etológico mediante la observación directa a intervalos de una hora, con el siguiente horario de ocupación en las parcelas de 08:00 am a 06:00 pm; con levantamiento cronológico cada 10 minutos. Las actividades que se registraron fueron: consumo de arbórea (CAR), consumo de *Brachiaria brizantha* (CP), Grama (CG), agua (CA) y maleza (CM), así como el tiempo dedicado a la sombra (SO).

Los principales resultados indican un aumento en la densidad aparente sin existir diferencias estadísticas entre tratamientos al final de la evaluación (1.33 a 1.37 Mg.m<sup>-3</sup>), se apreció un incremento del pH hacia valores más neutros (6.3 a 6.7), de igual forma en el contenido de materia orgánica (1.68 a 1.80%), principalmente donde se utilizaron especies arbóreas y arbustivas, los resultados más sobresalientes a 2 años de implementado el sistema fue que en la sobrevivencia se observaron valores del 1.7 al 49%; en el crecimiento sobresalió *Leucaena glauca* (altura 66 cm y diámetro 0.98 cm); en cuanto al número y altura de ramas (8 ramas y 4.5 cm) *Leucaena leucocephala* fue la destacada, respectivamente.; Se obtuvo un incremento en la producción de biomasa de 1.6 a 4.8 Ton/ha MS en los tratamientos con la triple asociación; los niveles de proteína en base a la diferente proporción gramínea-leguminosas fluctuaron entre 8, 11 y 15%, respectivamente. El comportamiento productivo de los ovinos en pastoreo reflejó un mayor consumo de MS en el tratamiento donde se incluyó *Leucaena leucocephala* en comparación al monocultivo (*B. brizantha*) con valores de 3.7 y 2.8 kg/MS/día, respectivamente, así como una ganancia diaria de 100 y 50 g/animal/día. El comportamiento etológico reveló que la adición de *Leucaena leucocephala* disminuyó el consumo del pasto insurgente *Brachiaria brizantha* y de pastos nativos en un 27 y 33% respectivamente, en comparación con el monocultivo de pasto insurgente, lo cual influyó positivamente en la ganancia diaria de peso. Estos resultados concluyen que el establecimiento de especies forrajeras asociadas influye favorablemente en el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo, crecimiento, producción y calidad de biomasa, así como en mejorar los índices productivos evaluados; por lo tanto se recomienda el empleo de estas asociaciones en condiciones ecológicas similares, con especial atención en los requerimientos hídricos de las especies forrajeras.

**Palabras clave:** Asociación leguminosa-pasto, densidad aparente, crecimiento, bromatología, ovinos.

## I. INTRODUCCIÓN.

Las tierras agrícolas suelen degradarse con el uso inadecuado, disminuyendo así la productividad y aumentando la pérdida gradual de la fertilidad (Crespo, 2002). En Centroamérica y el Caribe, la degradación del suelo tuvo un aumento del 24.8% en el período de 1945-1990 (Oldeman *et al.*, 2000). En el trópico seco de Nayarit, la llanura costera presentan problemas de compactación, mal drenaje y baja fertilidad, a causa de una producción agrícola intensiva que se han realizado durante más de 30 años (Bojórquez *et al.*, 2008), aunado a la falta de implementación de un programa de conservación y mejoramiento de los suelos, a pesar del conocimiento de iniciativas para revertir el proceso de degradación como el laboreo mínimo, subsoleo, rotación de cultivos, así como la incorporación de materia orgánica. Sin embargo, estas acciones no han sido del todo investigadas, en Nayarit no existe infraestructura para su operación, lo que implica un costo adicional al producto final.

Como una alternativa sostenible para el sector agropecuario, se encuentran los sistemas silvopastoriles que ofrecen mejorar los suelos (Sánchez *et al.*, 2003a), debido al incremento de fósforo y nitrógeno en el suelo, que puede ser hasta cuatro veces más alto en comparación con pasturas de monocultivo (Russo, 1990; Bolívar, 1998; Szott *et al.*, 2000), aunado al establecimiento de un flujo de nutrientes que con el tiempo se equilibra de manera natural (Miranda *et al.*, 2008).

Los árboles forman barreras vivas que evitan la erosión y los escurrimientos superficiales, conservando la humedad por mayor tiempo en el subsuelo, la cual favorece el crecimiento y la calidad del forraje que los animales cosechan (Torres, 1987), al mismo tiempo las arbóreas proporcionan mayor sombra en el pastizal (Ruiz y Febles, 2003a). Al crear un microclima diferente se eleva el confort del animal debido a la sombra de árboles, la variedad en los componentes vegetales, permite diversificar la dieta a los animales, permitiendo expresar el potencial genético aumentando los niveles de producción (Provenza, 1996).

La utilización de la asociación racional de árboles forrajeros de distintas familias vegetales, pastos y leguminosas herbáceas en la alimentación y nutrición de rumiantes, puede lograr incrementos sustanciales en la producción de carne y leche, así como una disminución importante en la utilización de concentrados, fertilizantes y otros insumos, con una optimización del uso de la tierra (Ruiz y Febles, 2003b), finalmente otro servicio adicional que se obtiene por el uso de especies arbóreas, es la captura de carbono la cual aumenta en sistemas de producción combinando árboles con gramíneas que en monocultivos de pasto (Miranda *et al.*, 2008).

En el trópico seco de Nayarit se presentan oportunidades para el desarrollo agropecuario sustentable, por la diversidad biológica que presenta (Bojórquez y Hernández, 2004), además de caracterizarse por su vocación agropecuaria y forestal, de acuerdo con el INEGI (2000) el 15.7% de su superficie es principalmente agrícola y el 70% tiene potencialidad para el desarrollo ganadero el cual sufre las consecuencias de un período prolongado de carencia de forraje, que oscila entre los seis y ocho meses al año, y que por falta de aplicación de tecnologías y adecuados sistemas de manejo, entre otros aspectos fundamentales, obliga a los productores a vender la producción anual de becerros y corderos para ser finalizados fuera del estado (SAGARPA, 2004).

La población se ha desarrollado significativamente a nivel nacional y el estado de Nayarit no es la excepción; a partir del año 2000 se ha incrementado en un 60% el censo estatal (Aguirre, 2001). El crecimiento se ha dividido principalmente a una demanda de carne cada vez mayor, en el consumo nacional, y como consecuencia se han generado nuevos sistemas de producción, como son la estabulación total de rebaños de ciclo completo, la engorda intensiva de corderos o bien los sistemas agrosilvopastoriles (Aguirre, 2001). Estos últimos tienen un mayor potencial, ya que para su implementación no se requiere abrir nuevas tierras o quitar los sistemas ya establecidos, debido a que la producción es de manera simultánea y/o secuenciada (Torres y De Lucas, 2002).

Los ovinos de pelo poseen una alta rusticidad, prolificidad y adaptabilidad a las condiciones de producción del estado, las cuales se basan principalmente en consumir los pastos nativos, o utilizados para erradicar la vegetación en los huertos de frutales, en lugar del uso de herbicidas; ya que las praderas introducidas apenas alcanzan las 20,000 hectáreas (SAGARPA, 2000), esto ha generado que la explotación de borregos esté dominando espacios donde otras actividades agropecuarias se encuentran paralizadas o tienen menor posibilidad de desarrollo (Torres, 2001).

En la mayoría de los trabajos realizados hasta la fecha en manejo silvopastoril, se ha buscado la relación planta: animal, sin considerar la evolución de las propiedades del suelo. Actualmente estos sistemas se han ajustado a nuevas tecnologías como son los sectores de referencia (Hernández *et al.*, 2004 y 2005), que sirven para una proyección futura, mediante la aplicación de modelos matemáticos para predecir la producción de carne, leche y del cambio de las propiedades físico-químicas de los suelos.

De acuerdo a lo anterior se diseñó la presente investigación, con el propósito de implementar un sistema de producción silvopastoril que favorezca el rendimiento animal y frene la degradación del suelo, debido a la compactación que ha provocado la labranza continua, así como la utilización de productos químicos y la mecanización, en la llanura costera norte del estado de Nayarit.

## 1.1. HIPÓTESIS

Los sistemas silvopastoriles dependiendo de la asociación leguminosa-gramínea contribuirán a renovar las propiedades físicas y químicas del suelo, e influirán en el desarrollo de las plantas, mejorando la producción de biomasa y la calidad nutricional del forraje, por consecuencia en la respuesta productiva de los ovinos en ambiente tropical.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema silvopastoril para evaluar características agronómicas y nutricionales en la asociación de leguminosas-pasto y su efecto en la producción ovina del trópico seco de Nayarit, realizando prácticas de sustentabilidad al mejorar la interacción suelo: planta: animal.

### 1.2.1. Objetivos particulares:

- ⊕ Caracterizar el suelo de referencia y determinar los cambios más frecuentes en las propiedades físico-químicas, por efecto del sistema silvopastoril con la diferente asociación de leguminosa arbórea, la herbácea y pasto.
- ⊕ Evaluar el establecimiento, crecimiento y rendimiento de biomasa en las asociaciones de leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala*, *Leucaena glauca*), y el componente herbáceo de la leguminosa (*Clitorea tematea*) y el pasto (*Brachiaria brizantha*).
- ⊕ Valorar la calidad nutricional de las asociaciones de leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Leucaena glauca*) con forrajeras herbáceas (*Clitorea tematea*) y (*Brachiaria brizantha*).

- ⊕ Evaluar el comportamiento etológico y productivo de ovinos de pelo en las diferentes asociaciones de un sistema silvopastoril en el trópico seco.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Conservación de la biodiversidad.

Los ecosistemas pueden conservarse, sin embargo, cuando han sido alterados o destruidos por las actividades antropogénicas o por cuestiones naturales, deben ser restaurados. Con lo cual se busca restablecer las especies vegetales y animales, que han sido afectadas, este proceso puede combinarse con actividades productivas (Begon, 1999), de tal manera, que se pueda trabajar y manejar equilibradamente los ecosistemas.

La reforestación es una práctica vegetativa importante para la conservación de los suelos, evitando los escurrimientos superficiales y la erosión eólica; debe ser acompañada de diferentes prácticas mecánicas para aumentar la supervivencia de las especies reforestadas, mismas que deberán seleccionarse, de acuerdo a las características propias de la región asegurando, de esta manera el control de la degradación del suelo CONAFOR (2004).

Diferentes estudios indican que existe una mayor biodiversidad en los sistemas agroforestales (SAF), que en los monocultivos (Cabrera y Crespo, 2001).

Por su parte Lal (1996), al estudiar los efectos de la deforestación, la labranza de "post desmonte" y sistemas de cultivos sobre las propiedades edáficas, de 1978 a 1987 en el sur oeste Nigeriano, encontró cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala, a través del incremento en la densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación debido al pisoteo animal con una carga animal de 3 ua/ha (unidad animal = 450 kg de

peso vivo), lo que ocasionó la disminución en la infiltración en suelos que habían sido talados.

Otro trabajo realizado en Caquetá Colombia, en donde se evaluaron las propiedades del suelo, revelaron que los animales en pastoreo modifican de forma importante las características físicas del terreno; la intensidad de estos cambios, dependerán de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que en pasturas de *Bracharia decumbens* y aun mayor en áreas con pendiente alta. En los primeros 15 cm, donde se incremento la compactación ocasionó una disminución severa en la porosidad a consecuencia de la perdida de estructura del suelo y los cambios en la relación suelo-agua-aire afectando el desarrollo de las raíces de las plantas y por consiguiente su productividad (Amézquita y Pinzón, 1991).

Para disminuir la presión del pastoreo sobre los ecosistemas donde están localizadas las zonas ganaderas, se hace necesaria la diversificación de la cobertura vegetal en las praderas y la conservación de zonas boscosas (Senra, 2008). Así mismo la recuperación de la asociación natural de especies vegetales en esas áreas, permitiría además de contribuir a la conservación de la capacidad productiva, contar con árboles que proporcionen un producto adicional; como ejemplo se puede mencionar a las palmas productoras de grandes cantidades de grasas (Ocampo y Lean, 1999), azúcares y proteínas, nutrientes costosos y altamente restrictivos para el incremento de la productividad de bovinos en el trópico (Botero y Botero, 1996).

Ruso (1990) propuso que los árboles representan una opción prometedora para restaurar la fertilidad de los suelos degradados por el pastoreo excesivo, ya que la cantidad de nitrógeno en un suelo fue cuatro veces más alto debajo del dosel o copa de los árboles de *Inga sp* asociado a pasto, en comparación con pasturas de monocultivo.

Desde hace algunas décadas algunos ganaderos han a utilizar sistemas silvopastoriles (SSP) con el fin de incrementar la productividad tanto animal como de la tierra y de esta forma promover la conservación de los recursos naturales (Ibrahim y Schlonvoigt, 1999; Ruiz, 2006). En otro reporte Krishnamurthy y Ávila (1999), indicaron que existe una gran diversidad de mamíferos en los sistemas cafetaleros en el sureste de México, la forma más importante en que la agroforestería puede ayudar a conservar la biodiversidad, es reduciendo la deforestación.

La recuperación de un agroecosistema comienza cuando el total de biomasa producida, supera con amplitud las capacidades de consumo de los herbívoros domésticos. Si todas las demandas están cubiertas en términos cuantitativos y cualitativos, tanto en materia orgánica como en nutrientes, la relación expresa un estado de máximas posibilidades de sostenibilidad para el sistema en cuestión (Muñoz y Compte, 2008).

## **2.2. Definición de Agroforestería.**

De acuerdo con Ospina (2008), la agroforestería es una interdisciplina, además de una tradición e innovación productiva en la conservación de la naturaleza, desarrollada fundamentalmente por culturas agroforestales en la zona tropical donde existen formas de manejo y aprovechamiento de SAF en fincas, territorios familiares y comunitarios para obtener una producción biodiversa, libre de agroquímicos y duradera con predominio y desarrollo de saberes tradicionales y novedosos, fortalecimiento de la identidad cultural, interacciones ecológicas totales de complementariedad del sistema, diversificación del paisaje, aprovechamiento adecuado de recursos naturales, privilegio de trabajo humano, uso de tecnologías de bajo impacto ambiental y relaciones sociales y económicas de bienestar, equidad y justicia.

Los atributos que caracterizan a la mayoría de los SAF son la productividad, sostenibilidad y adaptabilidad, según lo señalan Krishnamurthy y Ávila (1999). Por otra parte la agroforestería ha demostrado tener un potencial significativo para lograr una producción sostenible, tomando como base las características del sitio donde se

deseo establecer y en donde la producción y los beneficios de la conservación son los objetivos a cumplir.

### **2.2.1. Fundamentos de agroforestería pecuaria.**

Uno de los desafíos que tienen los sistemas de producción en la actualidad, es integrar el uso y la conservación de los recursos naturales con la necesidad de alimentación de la población, lo que puede lograrse con el rescate del conocimiento de los productores y la investigación sobre el uso y manejo de recursos naturales. La agroforestería con el uso de árboles y arbustos forrajeros ofrece la posibilidad de desarrollar sistemas de producción ganadera vigorosos (Jiménez *et al.*, 2002).

La cubierta del suelo es elemental, ya que el follaje de las plantas lo protege de la lluvia y el viento, las gotas de agua que caen sobre la vegetación, no golpean directamente al suelo, mientras que las que caen de forma directa chocan y compactan la superficie. Por otra parte, las plantas al reducir la velocidad del viento retienen y protegen el suelo, por lo que donde exista una cubierta de vegetación el aprovechamiento del agua de lluvia es mejor, evitando escurrimientos que van a formar arroyos que arrastran suelo y materia orgánica (Ibarra y Martín, 1987).

Los árboles en SAF cumplen funciones ecológicas de protección al suelo, disminuyendo los efectos directos del sol, agua y viento (Montagnine *et al.*, 1992). Por otra parte pueden modificar también sus características físicas como son la estructura, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad del nitrógeno, fósforo y potasio, por la adición de hojarasca, raíces y tallos (Fassbender, 1993); Así mismo los SSP contribuyen a disminuir la escorrentía superficial, y por consiguiente la erosión hídrica, aumentando la infiltración en el suelo, contribuyendo a la recarga y soporte de los mantos acuíferos (Ríos *et al.*, 2008).

La agroforestería es considerada una de las estrategias importantes para aproximarse a sistemas agropecuarios sostenibles, ofreciendo ventajas como el

incremento de la cobertura vegetal, protección y mejoramiento de la calidad de suelos, aumento de la diversidad biológica, recuperación y conservación de fuentes de agua, sumidero de CO<sub>2</sub>, producción de leña y fuente de alimento para animales rumiantes y monogástricos, e incluso para el hombre; catalogados como sistemas socialmente deseables y económicamente viables (FAO, 2006; CIPAV, 1999).

En el estado de Colima con características agroclimáticas de trópico seco similar a Nayarit, existe la diversidad de especies útiles para el silvopastoreo, situación confirmada mediante encuestas dirigidas a ganaderos y una colecta florística, en donde, se determinó la presencia de 140 especies arbóreas reconocidas por los productores en sus actividades, las cuales tienen múltiples usos; indican que 69 especies poseen un uso alimenticio para el ganado, 70 se utilizan como cerco vivo, 75 como postes, mientras que con utilidad de sombra 62 especies, 20 de uso medicinal y 23 para obtención de diversos productos como horcones, fustes, puertas y bateas (Palma y Flores, 1997; Román y Palma, 2007).

En el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, se identificaron y caracterizaron 15 especies arbóreas forrajeras, pertenecientes a siete familias botánicas (*Leguminosae*, *Morácea*, *Sterculeaceae*, *Salicácea*, *Mirtácea*, *Bignoniácea*, *Sapotáceo*), de las cuales el mayor número de ellas perteneció a las leguminosas (53.3%), el resto (46.6%) se mencionaron únicamente una o dos veces los principales usos fueron: como alimento para el ganado, postes, alimento para el humano, sombra y madera. En general las especies arbóreas se mantienen verdes aún después que el resto de otros forrajes anuales cuando llegan a la senescencia, manifestando poseer nutrientes ya que los rumiantes en pastoreo las prefieren y consumen, por lo que deberán considerarse en el uso y planeación del agostadero (Bugarín, 2005).

### **2.2.2. Sistemas silvopastoriles (SSP).**

Son la combinación de recursos y técnicas de producción animal en forma interactiva con árboles, arbustos y otras especies de plantas, que tienen el objetivo de optimizar

la producción sostenible, y surgen de la integración del medio ambiente y el manejo productivo (Pardini, 2005). Dichos sistemas pueden incluir uno o varios recursos, las técnicas de manejo y la gran variabilidad resultante, dificulta que se haga una clasificación exacta (Mosquera *et al.*, 2006). El sistema lleva implícito el componente suelo; de tal forma que se pueden dar relaciones en todos los sentidos y magnitudes entre todos los componentes: suelo, leñosa, herbácea y el animal (Botero, 2000).

Los SSP incluyen las siguientes técnicas de producción, con base en los árboles (Somarraba, 1992; Torres *et al.*, 2006).

- ❖ Cercas vivas.
- ❖ Cortinas rompe vientos y cinturón de protección.
- ❖ Pastoreo en matorrales y árboles en pastizales.
- ❖ Bancos de proteínas.
- ❖ Producción animal bajo plantaciones de frutales o árboles maderables.

Esta clasificación es sólo descriptiva; recientemente se han señalado algunas potencialidades de mejoramiento y diversificación de cada uno de los sistemas, teniendo como base el nivel de complejidad y el tipo de recursos utilizados en el mismo, obteniéndose de esta forma una clasificación más compleja (Pardini, 2005). Y a pesar de que han sido poco difundidos, representan el mayor potencial en cuanto a su posible impacto a nivel de la producción animal en Latinoamérica tropical (Sánchez, 1998).

### **2.2.3. Establecimiento y crecimiento de plantas en sistema silvopastoril.**

Los arbustos y árboles crean un microclima favorable para los animales en pastoreo, ya que proporcionan sombra, menor radiación y menor temperatura. La intensidad de la sombra dependerá de la densidad, orientación de los surcos de árboles, diámetro del tallo y estructura de las copas (Botero y Russo, 1998). Para evitar la sombra refleja que reduzca la eficiencia fotosintética del forraje o la cobertura, las líneas o surcos de especies deberán plantarse en dirección al recorrido del sol, es decir de oriente a occidente.

En investigaciones realizadas por López (2004a) en un SSP utilizando especies como *Enterolobium cyclocarpum* (guanacastle), *Brosimum alicastrum* (capomo), *Leucaena leucocephala* (guaje) y *Leucaena lanceolata* (guajillo) asociadas con pastos *Cynodon nlemfuensis* (estrella) y *Brachiaria brizantha* (insurgente), encontró que las arbóreas que destacaron en altura de planta, número de hojas y número de ramas fueron el guaje y el guajillo, con un desarrollo exitoso en este sistema, lo cual garantiza una mayor producción de alimento para el ganado.

En la actualidad existen leguminosas rastreras que poseen rendimientos de más de 30 t de proteína/ha/año para un mejor aprovechamiento se requiere un sistema de pedestales, que consiste en el cultivo de estas sea desarrollado en soportes, para asociarlas al pastoreo de gramíneas (Figueredo e Iser, 2005).

Con el sistema de pedestales concentrados Arece *et al.*, (2006) obtuvieron mayores rendimientos de leche y carne por área, a partir de una alta disponibilidad sostenible y cíclica de masa verde (leguminosas + gramíneas) que permitió soportar una alta carga animal por área y una adecuada producción de leche, sin consumo de concentrados. Es importante considerar la suplementación de los minerales (macro y micro) deficitarios en los suelos a los animales; además de la fertilización con Fósforo y Potasio en los pedestales para las leguminosas. En época de secas se puede utilizar riego en las parcelas (Oquendo, 2001).

#### **2.2.4. Producción y calidad del forraje en sistemas silvopastoriles.**

Por su parte Rengifo *et al.* (2008) y Miliani *et al.* (2008), plantean que los bosques tropicales por su gran diversidad de especies, principalmente de la familia leguminosa, representan un potencial de uso para la producción animal en pastoreo, siempre y cuando el sistema se maneje de manera racional.

Los pastoreos en bosques naturales son los SSP más antiguos que se conocen y se han practicado desde hace mucho tiempo en Europa y en América desde la

colonización. En el caso particular de España, se ha desarrollado como una silvicultura pastoral especializada con un manejo de los encinos (*Quercus* spp), mediante podas que favorecen una mayor producción de bellotas y de forraje tanto de los árboles como del pasto. Por otro lado el pastoreo en las tierras con bosques de propiedad federal en los Estados Unidos de Norte América, ha contribuido en forma notable a la producción bovina y ovina en este país (Etienne, 1996).

En Colombia Mahecha *et al.* (1998), observaron una mayor disponibilidad de forraje en el pasto Estrella asociado a *Leucaena*, que en la asociación con Algarrobo, situación que se invierte cuando la *Leucaena* sobrepasa los 1.50 m de altura, la cual se restablecerá al realizar la poda y un posible efecto negativo por la excesiva sombra sobre la disponibilidad de la gramínea, lográndose producciones totales de materia seca en el sistema pasto Estrella, *Leucaena*, Algarrobo, pasto Estrella, Algarrobo y en monocultivo de gramínea de 39.3, 38.9 y 23,2 t/ha/año, respectivamente.

Por su parte Ferrufino y Vallejos (1986), al probar diferentes ecotipos de *Bracharia* en un bosque tropical Lluvioso en Bolivia encontraron que *Bracharia brizantha* y *Bracharia nigropedata* fueron los más productivos en un total de ocho cortes, respectivamente en clima tropical seco. Olivera y Machado (2004), evaluaron 20 variedades de *Bracharia* para su introducción en la ganadería cubana, las variables de estudio fueron cobertura, altura, tolerancia a la sequía y producción, entre otras, *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, *B. purpurascens* y *B. ruziziensis* fueron las mejores obteniéndose en promedio la cobertura aérea del 95% a las 12 semanas después de siembra y una producción promedio de 14.4, 4.6 y 0.4 ton MS/ha durante la época de lluvia, intermedia y seca, respectivamente, siendo la alternativa para establecer praderas en condiciones de temporal.

#### **2.2.5. Valor nutricional de los componentes vegetales en sistema silvopastoril.**

Los zacates en el agostadero cambian su valor nutricional dependiendo de la época del año; cuando se encuentran verdes y suculentos el contenido de proteína cruda,

fósforo, vitamina A y la digestibilidad son altos, a medida que el pasto madura se van reduciendo los nutrientes y disminuye su digestibilidad, de tal manera que no se satisfacen los requerimientos de los animales. Ibarra y Martín (1987) observaron que los arbustos como no presentan cambios tan radicales como las gramíneas en el invierno.

Para los sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte, el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al acuícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales (Preston y Murgueitio, 1992). Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha utilizados en rumiantes; o en porcinos teniendo como base algún producto rico en energía (jugo de caña o de palma, yuca, aceite y subproductos de la palma africana); y como base de las dietas de pequeños rumiantes (Gómez *et al.*, 1995).

Algunos SAF especializados para la producción animal intensiva se basan en el uso intensivo de géneros de forrajes con alto valor nutritivo (*Morus*, *Hibiscus*, *Malvaviscus*) en combinación con leguminosas para reducir los aportes externos de abonos o fertilizantes nitrogenados (Benavides, 1994). Estos forrajes de alta calidad pueden reemplazar completamente los concentrados a base de cereales y tortas de oleaginosas, sin reducción de la calidad, ni la cantidad de leche, y por tanto permiten niveles muy altos de intensificación sin alta dependencia de insumos externos.

El bajo valor nutricional de los pastos naturales o introducidos puede ser optimizado, al asociarlos con leguminosas, obteniéndose de este modo mayores resultados económicos (Figueredo e Iser, 2005), la mezcla de leguminosas-gramíneas podría resolver los problemas de alimentación a gran escala. La fijación de nitrógeno atmosférico de las leguminosas, acompañando la ración con gramíneas proporciona un alimento suficiente con el contenido de proteína y energía necesarios para lograr una producción adecuada. La presencia de leguminosas perennes en el sistema ganadero puede contribuir de manera directa a la productividad como ya se

menciona y por otra parte, regula o contrarresta la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, creando un microclima que favorece el crecimiento y la producción (Torres, 1987).

Bravo (2005), considera que el valor nutricional de un pasto o forraje es un concepto ambiguo que puede modificarse por la etapa de madurez fisiológica, las condiciones ambientales así como por factores agronómicos y puede definirse como la combinación de diferentes factores como son:

- ❖ La composición química de la especie vegetal utilizada.
- ❖ El estado fisiológico en que se encuentra la planta.
- ❖ La composición florística de la mezcla.
- ❖ La influencia del medio sobre la composición química.

Es importante alcanzar la máxima precisión en la evaluación del valor nutritivo de los recursos disponibles. Los aspectos para valorar un pasto determinado en una especie animal son: la vegetal, la calidad nutritiva del forraje y la carga animal que pueda soportar la pradera. Para conocer la composición química de los alimentos existen diversos análisis de laboratorio, la primera aproximación se realiza a través del análisis químico proximal; sin embargo los resultados que se obtienen, no indican ampliamente el valor nutritivo de los componentes, por lo que es necesario el uso de otros métodos de laboratorio como es el método de Van Soest y Wine (1967) para conocer las diferentes fracciones de fibra.

### **2.2.6. Metabolitos secundarios de las plantas (MSP).**

Muchas especies arbóreas especialmente de la familia de las leguminosas, contienen MSP y uno de ellos son los taninos. Cuando los animales consumen grandes cantidades de estos compuestos se presentan efectos negativos en la salud y producción de los animales, por lo que se consideran importantes antes de proponer su uso como especies forrajeras se deberá investigar el contenido de estos, a fin de no influir negativamente el consumo y la digestibilidad, además de estudiar

las características de la carne y las características organolépticas de la misma (Torres *et al.*, 2008).

Los taninos concentrados (TC) son conocidos por su efecto antitimpánico que es de gran utilidad cuando los animales se exponen a dietas con base en leguminosas que presentan altos valores de factores de flatulencia, asociados a elevados niveles de proteína. Un ejemplo de plantas con este efecto es el *Lotus corniculatus*, el cual ayuda a disminuir la producción de gas; sin embargo reduce la fermentación ruminal (Monforte *et al.*, 2005).

Por otra parte las plantas ricas en taninos han atraído la atención por su efecto sobre los parásitos gastrointestinales de los rumiantes (Hoste *et al.*, 2006), ya que recientemente se ha encontrado evidencia de su efecto antihelmíntico, este fenómeno es de especial importancia ahora que las cepas de nemátodos gastrointestinales son cada vez más resistentes a las drogas sintéticas utilizadas en los sistemas de producción de rumiantes (Arece, 2007; Soca *et al.*, 2005).

El consumo excesivo de taninos puede afectar negativamente el bienestar y salud de los herbívoros, provocando una disminución del consumo alimento ó una reducción de la digestibilidad de las plantas, y un funcionamiento inadecuado del rumen; como ejemplo, las saponinas son considerados responsables de una disminución en el consumo, causando carencias alimenticias, hemólisis y hasta la muerte; El consumo de plantas que contengan simultáneamente glucósidos, cianogénicos, terpenos ó alcaloides puede provocar problemas neurológicos en los animales. Los efectos del consumo de estos compuestos pueden ser potencialmente tóxicos al ser absorbidos y circular por el flujo sanguíneo de llegar al hígado y riñones pueden ocasionar la muerte (Waghorn y McNabb, 2003).

Así mismo se menciona que la incorporación del componente arbóreo en los sistemas de alimentación animal, además de influir en una mayor producción de alimento, habito de ramoneo animal condiciona que su alimentación sea a una altura mayor a 30 cm sobre el nivel del suelo, que es donde se encuentra la mayor cantidad

de parásitos o huevecillos; otro factor que influye en la disminución de los parásitos, es la descomposición más rápida de las excretas, pues la exposición directa a los rayos del sol en pradera de monocultivo las momifica, lo cual hace que tarden mayor tiempo en desintegrarse, pudiendo llegar hasta 100 días, comparado con un SSP que provee un microclima al potrero, lo que influye en la desaparición casi completa de las excretas en un lapso de 10 días (Soca y Simón, 2005).

Gracias al microclima y a una mayor cobertura del suelo en los SSP se puede encontrar una mayor cantidad de insectos; especialmente coprófagos, principales enemigos de los parásitos que afectan al ganado. Los escarabajos al momento de alimentarse destruyen y entierran huevos y larvas en la tierra, exponiéndolos a otros depredadores; otro beneficio de esta especie es la dispersión secundaria de semillas, pudiendo ser distribuidas a distancias mayores de 10 m, y enterradas a profundidades mayores de 20 cm (Bugarín y Ferguson, 2004) lo cual puede aumentar su dispersión, brindando mejores sitios para la germinación de las semillas en el potrero, y evita el consumo de las plántulas por parte de los animales, hasta que las excretas se incorporen al suelo transformadas en materia orgánica (Botero, 1992).

### **2.3. Interrelación suelo: planta: animal.**

El silvopastoreo es un sistema biótico-abiótico en un desarrollo dinámico constante, el cual se alcanza por etapas con la evolución de sus componentes, es decir, los animales, árboles, el pasto base, flora, fauna aérea y del suelo, el reciclado de nutrientes, los factores abióticos y otros de carácter socio-económico. Por esto es que las producciones animales y de otro tipo derivados del sistema silvopastoril, varían en el tiempo, en la medida en que se van consolidando la relación suelo: planta: animal (Ruiz y Febles, 1999).

El suelo suministra la base sólida para que los vegetales puedan fijarse a él, además provee a las plantas el agua y minerales necesarios para elaborar sus alimentos. Una condición importante para que se produzca el crecimiento de una planta, es que

el suelo posea cantidades suficientes de sustancias nutritivas. Éstas se obtienen a partir de la descomposición del humus, por lo cual la presencia de bacterias y hongos, es imprescindible para llevarla a cabo (Crespo *et al.*, 2005a).

Los microorganismos presentes en el suelo necesitan desarrollarse en un medio húmedo y, por lo tanto, la humificación y la mineralización tendrán lugar esencialmente en presencia del agua. La cobertura y presencia de los nódulos en las raíces de las plantas permiten un mejor aprovechamiento de la materia orgánica, esto sin contar lo que aportan los animales durante el pastoreo, lo cual incrementa la fertilidad del mismo (Toledo *et al.*, 2008).

La mesofauna, como parte de la biota edáfica, interviene en la descomposición de la materia orgánica, en la aceleración y reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo, lo que puede estar relacionado por el efecto que ejercen los árboles, al regular factores como la temperatura y la humedad y crear por lo tanto, un microclima con características edafoclimáticas acordes con la exigencia de una gran cantidad de organismos vivos que desarrollan su vida o una gran parte de ella en o sobre el suelo (Hernández *et al.*, 2008).

Muchos de los grupos que la integran la mesofauna funcionan como bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del medio edáfico, ya que son muy sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad (Socarrás y Vallin, 2006).

Indudablemente en el manejo del sistema y a pesar de las entradas de nitrógeno por medio de la lluvia y de la fijación biológica o de algún abono orgánico se necesitará de aplicaciones estratégicas de fertilizante nitrogenado, pues existen pérdidas de este mineral en las excreciones de los animales, por volatilización y escorrentía Crespo *et al.* (2005b), consideran que los organismos invertebrados, son los de mayor importancia para la fertilidad de los suelos tropicales, principalmente las

lombrices, escarabajos y demás organismos que tienen una influencia en la estructura del suelo, pues actúan en la inmovilización y humificación de los nutrientes, estos procesos pueden tomar horas, días o incluso años; dando así una estabilidad al contenido de materia orgánica del suelo.

### **2.3.1. Erosión del suelo.**

Gracias a la erosión y a la actividad de los seres vivos, la porción externa de la corteza terrestre, se convierte en aquello que se conoce como suelo. Sin éste sería imposible la existencia de plantas superiores y de los animales. A pesar de que forma una capa muy delgada, es esencial para la vida. Cada región del planeta tiene un suelo que la caracteriza, según el tipo de roca de la que se ha formado y los agentes que lo han modificado (AstroMía, 2005), es un proceso muy lento, pasan millones de años antes que puedan observarse resultados notorios. El viento, la lluvia y los océanos son algunos de los agentes erosivos que desgastan la tierra, también se ha identificado otras causas de la degradación del suelo, como son principalmente la deforestación, las actividades agropecuarias entre las que se encuentran la quema de residuos de cosechas, excesos en los riegos y la labranza, por mencionar algunos; así como el cambio de uso del suelo CONAFOR (2004).

La formación de agregados estables en el suelo constituye un aspecto clave en el reciclaje de nutrientes, protege a la materia orgánica de una rápida descomposición, protegiéndola de los microbios y garantizando su acumulación, los suelos con buena agregación, distribución y tamaño de los poros, pueden mejorar el flujo de gases y agua; e aquí la importancia de la actividad biológica en la formación de los microporos, las raíces y la fauna que penetran en el suelo y crean canales de tamaños relativos a su diámetro (Crespo *et al.*, 2005a); por su parte Devendrá e Ibrahim (2004) encontraron que los SSP contribuyen a la fertilización del suelo y control de erosión.

### **2.3.2. Materia orgánica.**

Como materia orgánica se considera a los residuos de plantas, animales y microorganismos, alterados y bastante resistentes, denominados a veces *humus* y *humatos*, además de los residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y de organismos vivos y muertos, que sufren descomposiciones bastante rápidas en las tierras. Es posible tener una idea general del contenido total del nitrógeno en un suelo, a partir del contenido de materia orgánica del mismo; ya que la mayor parte que se encuentra en él está en forma orgánica y en cantidades relativamente pequeñas como compuestos de amonio y nitratos que son formas asimilables (Jackson, 1964).

Se ha observado que en un SSP los aportes de materia orgánica que se generan a partir de las podas, excretas de animales, hojarasca y residuos de pastoreo son mayores que en un monocultivo, por ejemplo: en asociaciones de pasto Estrella, *Leucaena*, Algarrobo y Estrella, Algarrobo son de 149 y 137 t/ha/año respectivamente, mientras que en monocultivo de 26 t/ha/año, lo que implica un mayor reciclaje de minerales al suelo de 1518 y 1301 kg/ha/año frente a 913 kg/ha/año, respectivamente. Los principales elementos en estos sistemas son el N, calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg), demostrando así la ventaja que representa el manejo de gramíneas acompañadas con árboles y/o arbustos leguminosos, ya que una fracción representativa de los nutrientes extraídos de la porción edáfica son retomados a ella, lo que repercute en una mayor producción y calidad nutricional del forraje (Mahecha *et al.*, 1998).

### **2.3.3. Reciclaje de nutrientes.**

El reciclaje de nutrimentos en SSP ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo. En SSP de baja productividad y en aquellos sometidos a defoliación directa por los animales, la extracción de nutrimentos es generalmente baja, por lo que el reciclaje es un mecanismo eficaz para prevenir una pérdida rápida del potencial productivo del

sistema; mientras que en donde niveles de extracción son altos, como es el caso de los bancos forrajeros, manejados bajo esquemas de corte y acarreo, la única forma de sostener la productividad, es mediante la aplicación de altos niveles de fertilización (Libreros *et al.*, 1994; Oviedo, 1995).

En un estudio donde se evaluó el reciclaje de nutrientes en SSP, Crespo *et al.* (1998), obtuvieron un balance positivo para el nitrógeno y el fósforo que aumentaron 22 kg/ha y 1 kg/ha respectivamente, el potasio permaneció sin modificación, mientras en el área de pasto natural sin *Leucaena* el balance fue negativo de -15 kg/ha de nitrógeno, -6 kg/ha de fósforo y -17.5 kg/ha de K, demostrando así la contribución positiva de la *Leucaena* en el balance del nitrógeno en el sistema. Este efecto favorable obedece a la fijación biológica del nitrógeno atmosférico por medio de bacterias como *Rizobiums*, así como a la descomposición de la hojarasca.

Resultados similares fueron publicados por Sánchez *et al.* (2008) y Krishnamurthy Ávila (1999) quienes mencionaron que los SAF pueden mantener las propiedades físicas del suelo, a través del mantenimiento de la materia orgánica y los efectos de las raíces de los árboles, así como la descomposición del mantillo y las podas del árbol, contribuyen al mantenimiento de la fertilidad del suelo, influenciado por la sombra de la copa de los árboles, que mejoran la velocidad de mineralización del nitrógeno del suelo

Nair (1993); Armendáriz y Rivera (2006), han señalado que el efecto de bombeo de nutrimentos es una de las ventajas de los SAF. Las leñosas perennes poseen sistemas radiculares pivotantes, que les permiten extraer nutrientes de sectores más profundos del perfil del suelo (Krishnamurthy y Ávila, 1999), donde no llegan las raíces de vegetación herbácea y éstos pueden ser disponibles para los forrajes, mediante la descomposición de hojas y ramas (Crespo *et al.*, 2005a), por lo que están en un constante estado de transferencia dinámica entre el sistema planta-suelo.

La mayor parte de nutrientes reciclados en un pastizal se da principalmente por las deyecciones de los animales y la orina. Otra forma es a partir de la transferencia que hacen los vegetales en los potreros. En teoría los nutrientes pueden ser utilizados por plantas y animales varias veces en un periodo corto de tiempo, mientras que pasa el crecimiento, desarrollo, descomposición y utilización, pueden tardar un año o mas (Simón *et al.*, 2005). Este ciclo de nutrientes, es condición necesaria para que la actividad productiva continúe (Murgueitio *et al.*, 1999).

Por otra parte una forma indirecta de medir la capacidad de producción, es mediante la fertilidad y esta se puede evaluar a través de la caracterización química, además de los parámetros físicos, biológicos y ambientales (Sadeghian *et al.*, 1998).

La relación carbono: nitrógeno (C/N) en el material senescente de gramíneas tropicales es alta, lo cual contribuye a una tasa menor de descomposición de materia orgánica (MO) y a una alta inmovilización del nitrógeno, quedando poco disponible para las plantas (Keeney, 1985). Por lo general, las hojas de las leñosas perennes y de leguminosas poseen niveles elevados de nitrógeno, lo cual ejerce un efecto positivo sobre la actividad biológica del suelo, la mineralización y liberación de nutrimentos a partir de la materia orgánica (Rao *et al.*, 1992). Esto sucede siempre y cuando el material senescente no contenga sustancias inhibitoras de la actividad de organismos y enzimas responsables de la descomposición de la MO.

Hay que tomar en consideración que el suelo es un ecosistema vivo y complejo compuesto por agua, aire, sustancias sólidas e infinidad de seres vivos que interactúan activamente. Estos elementos son determinantes para la presencia y disponibilidad de nutrientes, los cuales inciden sobre la condición del mismo y la permanencia de actividades agropecuarias en un sistema productivo (Sadeghian *et al.*, 1998).

Los suelos con pastos desempeñan un papel trascendente por la extensión cubierta, ya que pueden retener y reducir la emisión de carbono a la atmósfera. Los SAF del

tropical tienen un gran potencial para contribuir a la disminución del calentamiento global, debido a que la combinación de las plantas del tipo C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> actúan como un eficiente sumidero (Ruiz y Febles, 2003b).

La conversión de los bosques y los cultivos agrícolas modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a la transformación de la cantidad y calidad de carbono orgánico que ingresa y aunque en otras ocasiones es retirado, esto influye en la dirección y magnitud de los cambios en la captura de carbono en el suelo. Cuando la tierra es cultivada, la descomposición se refuerza por la perturbación y por la fragmentación física del cultivo el cultivo y la distribución de los residuos, así el C de la tierra se oxida rápidamente a CO<sub>2</sub> y es distribuido en la atmósfera (Murty *et al.*, 2002).

Murty *et al.* (2002), explican los cambios que sufre el suelo, dependiendo el uso que se le da. En condición de un cultivo intensivo se puede aumentar la tasa de descomposición, en contraposición a cuando no la hay, se minimiza la corrosión de la tierra y la pérdida del carbono, lo cual se observó cuando se sembró maíz, en donde después de 4 años hubo pérdida 19-33 % de C en comparación con el barbecho inicial. Otra práctica que manifiesta una dirección importante e influye el cambio del C en el suelo es la rotación de cultivos, esto se encuentra documentado en un trabajo realizado (Martel y MacKenzie, 1980), en Québec, en donde el primer año se cosechó cereal, y durante 4 años de heno. Bajo este sistema aproximadamente el 30% del C de la tierra se había perdido; Sin embargo, si la producción de heno se extendiera por 25 años, el C se incrementaría en niveles similares a los de un bosque virgen, contrario a lo que ocurre en tierras agrícolas cosechadas de manera continua donde se produce una disminución del 40 %.

Los ecosistemas forestales tropicales ocupan alrededor de 1.8 billones de hectáreas en el mundo, lo cual representa una buena opción para el secuestro del carbono, llegando a capturar de 100 a 500 kg/ha/año (Lal, 2004). La proyección de una regeneración positiva entre el clima y ciclo del carbono es sólida, pero la magnitud de

este efecto es incierta y extremadamente dependiente de la descomposición del C orgánico en el suelo (Jones *et al.*, 2005); lo cual está en función directa de las especies utilizadas, la textura y el uso de la tierra. Otros beneficios que trae implícito el uso de árboles, son la reducción de la erosión y mejoramiento de la fertilidad del suelo, lo cual hace que los sistemas silvopastoriles se presenten como una opción para mitigar los efectos de la contaminación (Montagnini y Nair, 2004).

## 2.4. Descripción de las especies utilizadas en este trabajo.

### 2.4.1. *Leucaena leucocephala* (guaje).

Simón *et al.* (1990), Salazar *et al.* (2000) e (ILDIS, 2005), describieron la ubicación taxonómica, descripción botánica, origen, extensión y distribución de la siguiente forma:

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Mimosaceae
Género	<i>Leucaena</i>
Especie	<i>Leucocephala</i>
Nombre	guaje
Clasificador	L.

Su nombre se deriva del griego Leuco = blanco, aludiendo al color de sus flores y *cephala* = cabeza, aludiendo a sus flores en cabezuelas de color blanco.

Es un árbol de copa ligeramente abierta y rala, con muchas ramas finas cuando crece aislado. Alcanza alturas diferentes según la variedad que van desde 5 hasta 20 m de altura, con un diámetro entre 15 y 40 cm. Es una especie de crecimiento rápido, su corteza es lisa o ligeramente fisurada, de color gris pardusca, presenta una raíz pivotante y ramificada. Sus hojas son compuestas, bipinnadas y alternas, de 9 a 25

cm de largo, con 3 a 10 pares de pinnas, presenta de 3 a 5 pares de hojuelas cada una. Sus inflorescencias son blancas, en forma de capitulo, con 100 a 180 flores suavemente perfumadas; su fruto es una vaina aplanada dehiscente de 10 a 20 cm de largo por 2 a 2.5 cm de diámetro, brillante, glabra y de color verde cuando están tiernas y cuando maduran se toman color café poseen de 15 a 25 semillas cada una, las cuales tienen una forma elíptica, aplanada, de color pardo brillante, su tamaño es de 3 a 4 mm de ancho, 6 a 8 mm de longitud y 2 mm de espesor.

Se distribuye en el Golfo de México y se le encuentra principalmente en Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En la región del Pacífico se localiza desde Sinaloa hasta Chiapas, adaptándose ampliamente a altitudes que van desde el nivel del mar hasta 500 msnm.

*Leucaena leucocephala* es originaria de América Tropical; su extensión va desde el sureste de México a través de Centroamérica hasta el noreste de Belice, y en las Islas del Caribe, además de otras partes del mundo como Filipinas, Hawái y Florida. Se desarrolla en ambientes adversos y se adapta muy bien a las tierras bajas. Crece desde sitios secos con 350 mm de precipitación al año, hasta húmedos con 2,300 mm de precipitación al año, a una temperatura media anual de 22 a 30° C y requiere de un período seco de 4 a 6 meses.

Crece en una amplia variedad de suelos, que van desde neutros hasta alcalinos; siempre y cuando tengan un buen drenaje y no estén compactados, ni ácidos. Los mejores resultados se obtienen en suelos con pH de 6.5 a 7.5, valores inferiores a 5.5 no son recomendables (Angulo *et al.*, 1997; y Nolasco *et al.*, 1991).

Su follaje puede ser perennifolio y/o caducifolio, su floración se puede presentar a lo largo del año dependiendo disponibilidad del agua, los picos de fructificación son marzo y abril, el agente principal que interviene en la polinización son los insectos (Bugarín, 2005).

Se utiliza para elaborar aceites aromáticos, artesanías, como suministro de colorantes textiles, pulpa para papel, aserrio, postes. Posee un alto poder calorífico: 4200-4600 kcal/kg, excelente calidad para elaborar leña y carbón.

Los frutos son muy apreciados por su alto contenido en vitamina A y proteína (46 %); las semillas maduras son empleadas como sustituto del café en algunos países de Centro América. Una hectárea puede producir de 10 a 20 toneladas de materia seca comestible comparadas con 8 ó 9 de alfalfa.

Se le considera un árbol forrajero, el cual puede emplearse en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de PC (20 a 27 %), Ca, K y vitaminas, además de tener una digestibilidad del 60 al 71 %. Además es usado como remedio contra las amibas y la varicela; así como en la apicultura.

En países como Panamá y en Honduras, los fustes delgados (5 a 7 cm) son comercializados como tutores para el cultivo de tomate y chile dulce, puede ser empleado en la construcción ligera, pero su duración se limita a un año (Bugarín, 2005).

Tanto las hojas como las semillas contienen un aminoácido tóxico identificado como mimosina, afectando principalmente a los mamíferos no rumiantes y aves de corral causando debilidad, pérdida de peso, aborto, alopecia en los caballos, mulas y burros.

Por su parte los rumiantes contrarrestan el efecto tóxico a través de las ruminales, sin embargo, es recomendable utilizar una estirpe con bajo contenido en mimosina.

#### **2.4.2. *Leucaena glauca* (guaje rojo).**

Su clasificación taxonómica de acuerdo con Sánchez (1984) es:

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas

Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Mimosáceae
Género	<i>Leucaena</i>
Especie	<i>Glauca</i>
Nombre	guaje rojo
Clasificador	L.

Es un árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, de 3 a 6 m aunque puede alcanzar hasta 12 m de altura, con un diámetro de tronco a la altura del pecho (1.20 m) de hasta 25 cm, posee una copa redondeada, ligeramente abierta y rala. Su tronco es generalmente torcido con bifurcación a diferentes alturas. Posee ramas cilíndricas ascendentes y se caracteriza por desarrollar muchas ramas finas cuando crece aislado, su corteza externa es lisa o ligeramente fisurada, de color gris-negruzca, con abundantes lenticelas longitudinales protuberantes, la interna es de coloración crema-amarillento, fibrosa, de 3-4 mm de grosor, amarga y con olor a ajo.

Su raíz profunda y extendida aprovecha el agua y los minerales por debajo de la zona a la que llegan las raíces de otras plantas agrícolas. Sus hojas son alternas, compuestas bipinnadas, de 9 a 25 cm de largo, verdes grisáceas y glabras; posee de 11 a 24 pares de folíolos, de 8 a 15 mm de largo, elípticos y ligeramente oblicuos.

Sus flores se encuentran en las cabezuelas son blancas, poseen de 100 a 180 flores, de 1.2 a 2.5 cm de diámetro; el tamaño de la flor va de 4.1 a 5.3 mm de largo; los pétalos son libres; el tamaño del cáliz varía de 2.3 a 3.1 mm. Presenta sus frutos en vainas oblongas, estipitadas, en capítulos florales de 30 o más vainas, de 11 a 25 cm de largo por 1.2 a 2.3 cm de ancho, verdes cuando tiernas y rojas en estado de madurez; las cuales contienen de 15 a 30 semillas. Estas últimas son ligeramente elípticas de 0.5 a 1 cm de largo por 3 a 6 mm de ancho, aplanadas, de color café brillante, dispuestas transversalmente en la vaina. Las cuales presentan una cubierta de cera que retarda la absorción de agua durante la germinación.

Esta especie es considerada tanto en sus características agroproductivas como su uso similar a *L. leucocephala* (Camacho, 1981).

#### 2.4.3. *Clitoria ternatea* (clitoria).

De acuerdo a Neeti *et al.* (2003), la *Clitoria ternatea* se clasifica de la siguiente manera:

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Fabaceae
Género	<i>Clitoria</i>
Especie	<i>Ternatea</i>
Nombre	Clitoria
Clasificador	L.

Esta leguminosa es una planta bianual o perenne de vida corta, con hábito de crecimiento semiarbustivo y trepador, que puede alcanzar los 60 a 80 cm de altura y produce una cobertura densa. Sus hojas son pinnadas con 5 a 9 folíolos, oblongo-lanceolados, estipulas estriadas persistentes. Presenta racimos axilares pequeños y un cáliz tubular.

Las flores pueden ser simples o pareadas, con pedicelos gemelos ubicados a 180° y en forma de embudo invertido, de 2.5 a 5 cm de longitud de un color que va del blanco al azul; sus frutos son vainas alargadas y planas de 6 a 12 cm de largo y 0.7-1.2 cm de ancho que pueden contener más de 10 semillas de color negro, aunque también pueden ser verde olivo o café y en ocasiones moteadas, su tamaño varía de 4.7 – 7 mm de largo y 3 mm de ancho. La producción de semilla es abundante, aunque su maduración no es uniforme. Presenta raíces fuertes y profundas que le permiten tolerar largos periodos de sequía, característicos del trópico seco.

Villanueva (2002), indica que este género está representado tanto en áreas templadas como tropicales; es originaria de África y actualmente se encuentra distribuida por todo el mundo, se reconoce una especie endémica de África y otras cuatro procedentes de Australia. En México se han encontrado plantas que sobreviven hasta los 2000 msnm, y se le conoce con múltiples nombres comunes como son: Butterfly pee; cunha; fava de bramane; campanilla, bejuco de conchitas, campanita, zapatico de la reina y alfalfa de los trópicos, entre otros.

Se adapta especialmente a las regiones tropicales, el género *Clitoria* comprende mas de 70 especies, siendo en su mayoría hierbas, raramente plantas arbustivas (Bravo, 2005). Crece de manera natural en los pastizales y matorrales nativos característicos de las regiones tropicales y subtropicales; a menudo se le encuentra en tierras negras y arcillosas, cultivos agrícolas, tierras ociosas, lotes baldíos durante la época de lluvias (Villanueva, 2002). Aunque no se adapta bien a suelos encharcados y húmedos, alcanza su mejor desarrollo en los suelos arcillosos (negros), con un pH desde alcalino hasta medianamente ácido (5.0) y persiste en regiones del trópico donde la precipitación alcanza los 500 mm durante el año.

Se cultiva en surcos que pueden ir desde 30 a 100 cm, sola o combinada con zacates de porte bajo; la siembra también puede hacerse en surcos alternos. La época más adecuada para el establecimiento es al inicio de la época de lluvias; aunque si se dispone de riego, puede hacerse en cualquier época del año, durante los meses de invierno, podría retrasarse su crecimiento. La profundidad de la siembra no deberá ser mayor a cinco centímetros para no afectar su germinación. Generalmente se utilizan entre 5 a 7 kg de semilla por hectárea y de 20 a 40 kg para obtener densidades más altas; se puede llegar hasta los 60 kg, obteniendo una cobertura total del terreno en siembras de monocultivo y bajo pastoreo de ganado (Bravo, 2005). En el momento de la siembra se puede aplicar fertilizante con una fórmula 100-50-00 (N-P-K) o bien la adición de abono orgánico.

En algunos países como Australia, Kenia, Filipinas y México, su uso principal es el pastoreo por parte de animales rumiantes en praderas solas o asociadas con gramíneas tropicales; forraje de corte para producción de heno y como ensilado con otras especies, abono verde y producción de semillas. Su producción por ha es hasta 30 toneladas de materia seca con alto contenido de proteína superior al 18% (Bravo, 2005).

#### 2.4.4. *Bracharia brizantha* (pasto Insurgente).

Su clasificación taxonómica de acuerdo con Peralta (1990) y Catasús (1997) es:

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Subclase	Commelinidae
Orden	Glumifloras
Familia	Gramineae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	<i>Bracharia</i>
Especie	<i>Brizantha</i>
Nombre	Insurgente
Clasificador	L.

Es originario del África tropical, puede habitar en un amplio rango de condiciones edáficas y climáticas en suelos drenados de 700 mm y seis meses de sequía como máximo (Peralta, 1990). Esta especie ha cobrado interés por su alto potencial en suelos ácidos de baja fertilidad (CIAT, 1986).

Es un pasto introducido a México, por el programa de forrajes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. El cual posee una elevada producción de semilla y forraje de buena calidad, con resistencia al pastoreo, sequía y al ataque de plagas como el salivazo, presenta una buena recuperación después de la quema (Terrazas, 1990).

Las especies del género *Brachiaria* se caracterizan por ser gramíneas anuales o perennes, de porte erecto, decumbentes, esparcidas o estoloníferas. Las cañas o culmos a menudo son enraizadas en los nudos inferiores, y en las de tipo perenne usualmente emergen de una base algo rizomático-anidado. La haz es plana, lineal o lineal-lanceolada. Puede ser glabra o pilosa, con vainas foliares cercanas y sobrepuestas (Borges, 1990). La lígula se presenta como una membrana estrecha que puede ser vellosa o membranácea con borde ciliado. La inflorescencia es una panícula racimosa, cuyos raquis se ubican de forma alterna a lo largo de un eje común. Las espículas de las flores son desde ovadas hasta oblongas, más o menos planoconvexas o biconvexas, solitarias, en pares o en grupos, y generalmente en dos líneas a lo largo del raquis (excepto en *Brachiaria brizantha*). Estas se desarticulan por debajo de las glumas y se caen enteramente al madurar. Las espículas poseen pedúnculos cortos cuando son solitarias. Cuando son pares, uno suele ser más grande que el otro. El flósculo inferior es estéril o masculino. La lema inferior tiene de 5-9 nervios, con los laterales algo alejados del nervio central. La palea con dos nervios, es tan larga como la lema, en ocasiones reducida o atrofiada. El flósculo masculino presenta dos lodículas, mientras que el superior es bisexual. El fruto es del tipo cariósipide y puede ser ovado, presenta un contorno redondeado o allanado, con un hilo secundario puntiforme, el embrión posee una longitud variable, que va desde la mitad hasta las tres cuartas partes de la cariósipide (Anon, 1989; Roche *et al.*, 1990).

*Brachiaria brizantha* es una especie perenne, que presenta macollos vigorosos, de hábito erecto o semirrecto, con tallos que alcanzan hasta 2,0 m de altura Olivera (2004). Presenta diferentes hábitos de crecimiento, ya que pueden ser plantas erectas o rastreras; se encuentran hojas con o sin vellosidades (glabras). Su propagación se hace con rizomas y por estolones. Los rizomas horizontales son cortos, duros y curvos, cubiertos por escamas glabras de color amarillo a púrpura. Las raíces son profundas (lo que le permite sobrevivir durante períodos prolongados de sequía), son de color blanco-amarillento y de consistencia blanda. Los culmos

erectos o suberectos son escasamente ramificados con 6 a 14 internudos de 10 a 34 cm de longitud, cilíndricos, ovalados, de color verde o morado, también son glabros. Los nudos pueden ser glabros o poco pilosos de color morado. Mientras que los limbos son verdes, de 20 a 75 cm de longitud y de 0.8 a 2.4 cm en la parte más ancha, pueden ser lineales o lanceolados, adelgazando hacia el ápice, con los bordes de color blanco a morado y fuertemente dentados, se manifiestan glabros o pilosos generalmente hacia la base. La ligula es membranácea-ciliada de 2 mm de longitud. La vaina es más corta que los internudos y de color verde, ocasionalmente con tonalidades moradas hacia los bordes, desde glabra hasta glabroscente de 10 a 23 cm de longitud. La inflorescencia presenta una longitud mayor en relación a las especies de este género, tiene forma de panícula racimosa de 34 a 87 cm de longitud, con el eje principal estriado, glabro o piloso con 1 a 17 racimos solitarios, unilaterales y rectos, con un tamaño de 8 a 22 cm de longitud (Borges, 1990).

En esta especie es recomendable conocer cómo reacciona la planta a la defoliación, ya sea en forma continua o a determinados intervalos de tiempo, con la finalidad de tener las mejores prácticas de manejo que contribuyan a minimizar los daños y pérdidas de producción de forraje, asociados al pastoreo (Gavilanes, 1992 y Guiot, 2001).

## **2.5. Producción ovina en sistemas silvopastoriles.**

La ovinocultura constituye una de las fuentes para satisfacer las demandas calóricas y proteicas del hombre, representa el 8% de la producción de carne mundial, además de brindar una gama variada de productos como leche, lana, carne y piel entre otros, los ovinos son de fácil manejo y buena adaptabilidad (Figueredo e Iser, 2005). Por lo que su producción presenta perspectivas para una explotación eficiente en el trópico con la utilización de la amplia variedad de recursos forrajeros locales de que se dispone, favoreciendo la experiencia de alimentación animal, se fortalece principalmente en la experiencia obtenida en cada región (Arece *et al.*, 2006).

La raza pelibuey es de gran adaptabilidad a las condiciones climáticas y al parasitismo intestinal (Arece, 2007); la producción de carne ovina en el trópico es ventajosa sobre otros animales de granja dadas las condiciones de esta especie, tales como, pequeño tamaño corporal, alta fecundidad y prolificidad, fácil manejo, alimentación y adaptación a sistemas sostenibles como silvopastoreo y agrosilvopastoreo por ser rumiante (SAGARPA, 2004). Que les permite aprovechar eficientemente los forrajes, siendo capaces de consumir 540 especies diferentes de plantas (1.5 a 2 veces más que el ganado mayor), por las características de su tracto digestivo y además de pastar en áreas ya utilizadas por otros animales domésticos (Figueredo e Iser, 2005).

La población ovina en México ha presentado un incremento durante la última década pasando de 4,010,610 cabezas en el año de 1991 a 6,045,999 durante el 2000, lo que representa un incremento del 50.7%, crecimiento superior al de bovinos y caprinos (23.9 y 26.4% respectivamente), lo anterior resalta el impulso que se le ha dado a la ganadería y en especial a esta especie (INEGI, 2000).

La raza Pelibuey está en expansión en el estado de Nayarit, con un incremento de 3,600 cabezas en el año 1997 a 18,538 a finales del mismo año (INEGI, 1998); a partir del año 2000 aumento en 60% de acuerdo con el censo estatal (Aguirre, 2001).

El manejo de los ovinos en el país es heterogéneo, siendo los sistemas de explotación muy distintos, que van desde los tradicionales de traspatio y libre pastoreo, hasta los muy tecnificados. En general los animales van a pastoreo durante el día y se les estabula durante la noche; en algunos casos es común la suplementación y la adición de otros alimentos (Huitrón, 1984). Frecuentemente las ovejas son consideradas como animales capaces de cubrir sus necesidades de energía con pastos de baja calidad, pero que se encuentren de preferencia tiernos (Figueredo e Iser, 2005).

El sistema de pastoreo es un conjunto de técnicas de manejo del ganado, tiempo y espacio, que se basan en la utilización y descanso de la pradera con la finalidad de obtener la máxima producción animal, sin ocasionar efectos negativos al pastizal (Villanueva y Mena, 1997). Sin embargo, es recomendable desarrollar para cada región una tecnología sobre la base de los recursos propios de la zona, para hacer un mejor aprovechamiento de las fuentes alimenticias; según Villanueva (1993) en el estado de Nayarit existen tres sistemas de producción de ovinos en pastoreo:

- a) Extensivo que hace uso de la vegetación nativa, utilizando principalmente el forraje disponible en la época de lluvias por lo que la producción es muy variable.
- b) En huertos frutícolas como mango, aguacate, cítricos, ciruelo y plátano. La finalidad es el control de malezas; la calidad de la dieta es muy variable en relación con la época del año y la composición botánica. En diferentes trabajos se ha demostrado que el pastoreo de ovinos en huertos frutales presentan múltiples ventajas sobre los sistemas convencionales de producción, como son el control de arvenses y de plagas, mejoran las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, reducen el uso de agroquímicos, aumentan los ingresos económicos por unidad de superficie, logran una mayor estabilidad y resistencia ante las recurrentes crisis del mercado (Torres, 2002).
- c) En praderas introducidas, de monocultivo o mezclas de pastos y leguminosas, con un manejo adecuado y buena productividad.

Los sistemas anteriores pueden clasificarse en dos, el continuo y el rotacional. El primero no permite una adecuada regeneración vegetal, ya que el animal permanece confinado todo el tiempo en el mismo potrero, sin permitir el descanso necesario. Otro problema que trae implícito este sistema de pastoreo es la compactación y erosión del suelo por el tránsito continuo del ganado (Amézquita y Pinzón, 1991). Mientras que el rotacional o en parcela, implica la subdivisión del potrero en pequeñas porciones de áreas de pastoreo, de tal manera que siempre exista una parcela que esté siendo utilizada, mientras que la mayor parte del área permanece en descanso. El arte del pastoreo rotacional es encontrar el correcto balance entre

cantidad y calidad del pasto y el método de pastoreo y descanso del pastizal. Por lo que el pastoreo racional consiste, en la división del pastizal en tantas parcelas como tiempo de reposo requiera éste y a partir de esta determinación, se establece la superficie, las cargas posibles, así como la intensidad de pastoreo que permita el menor tiempo de ocupación (no más de tres días), con el menor uso de fertilizantes para el adecuado aprovechamiento de las excretas de los animales por el pasto (Figueredo e Iser, 2005).

En los SSP las preferencias alimenticias de los animales pueden alterar la composición forestal y a largo plazo, persistirán únicamente aquellas especies leñosas menos consumidas por los animales (Botero, 1992).

La posibilidad de que existan distintos tipos de forrajes en los SSP, permite a los animales variar su dieta y de esta manera balancearla de acuerdo con sus requerimientos y potencial, en comparación de animales pastoreados en potreros de monocultivos de gramíneas, por lo que recientemente se ha designado como ecología nutricional al sistema de alimentación donde se proporciona una gran variedad de forraje, que permitirá al animal combinar por sí mismo su dieta respondiendo a estímulos metabólicos de retroalimentación (Provenza, 1996).

Morales *et al.* (2002), indicaron que la diversidad de especies presentes en un SSP permite al ganado modificar su conducta de pastoreo al alcanzar la misma cantidad de consumo en menor tiempo, en comparación al monocultivo, sin afectar la producción de leche. De igual manera se menciona que los animales cambian sus preferencias de consumo, favoreciendo a la especie ó a una parte de la planta que presente mejores cualidades nutritivas en un momento dado (Armendáriz y Ribera, 2006).

Se ha observado que en los días con fuertes lluvias, hay un cese de actividades en el consumo de forraje por parte del animal, debido a que busca árboles como refugio, lo que contribuye a un desperdicio mayor del forraje asociado a especies arbóreas y a una disminución en el consumo de gramíneas en el potrero incrementando el

ramoneo. Así mismo, en los períodos de fructificación de las arbóreas, buscan las legumbres y dedican menos tiempo del acostumbrado a pastorear las gramíneas. Esta variación observada en la disponibilidad, calidad y consumo del forraje marca las pautas para establecer un manejo adecuado en cada sistema (Mahecha *et al.*, 1998).

Adejumo y Ademosun (1991) evaluaron el comportamiento de ovinos y caprinos, alimentados con diferentes niveles de *Leucaena*, mejorando digestibilidad de los nutrientes sin exceder el 60% de la ración, para que los animales consuman menos de 1 g de mimosina/kg<sup>0.75</sup>.

García *et al.* (2008) al valorar la preferencia de bovinos, ovinos y caprinos por el follaje de doce especies con potencial forrajero, consideraron que las principales diferencias encontradas en el consumo, pudieran estar asociadas a la calidad nutritiva y a la presencia de compuestos secundarios, siendo las cabras la especie más selectiva principalmente debido al contenido de fibra neutro detergente presente.

Hernández *et al.* (1989) consideran que el ramoneo directo de los árboles y arbustos, conjuntamente con el pastoreo de las plantas existentes, contribuye significativamente a mejorar los índices productivos y reproductivos de los animales. Quienes al utilizar *L. leucocephala* asociada a pastos lograron obtener producciones de leche entre 8 y 10 litros/día, ganancias de peso de 400 a 600 g/día, la incorporación de hembras a la reproducción a los 25 meses con peso promedio de 285 kg y mejoras en todos los parámetros reproductivos de los animales, por lo que la incorporación de árboles y arbustos en fincas ganaderas, es una estrategia de conservación y producción sostenida en términos de productividad.

La complementación en ganado ovino es una práctica apropiada para obtener mayores ganancias de peso, y esta se puede dar con alimentos comerciales, arbóreas forrajeras y/o diferentes leguminosas, al ofertar *Hibiscus rosa* y *Morus alba*

*ad libitum* en reproductoras productoras que pastoreaban praderas de *Cynodón nleofuensis*, se obtuvieron ganancias diarias de 23.8 y 36.4 g respectivamente (Lara *et al.*, 2008), valores bajos en comparación con las obtenidos por Obrador (2006), en condiciones similares (86 y 65 g respectivamente).

La presencia de *L. leucocephala* en sistemas multiasociados con gramíneas y leguminosas herbáceas, con una oferta de 35 kg MS/ha/rotación, permitió una producción de 8 litros/vaca/día y con la utilización de bancos de proteína se pueden obtener producciones de 5.7 a 6.6 litros/vaca/día, sin suplementación ni fertilización química, y puede incrementarse hasta 10 litros si se emplean 140 kg de N/ha/año (Hernández, *et al.*, 1998).

Por otra parte al evaluar ganancias diarias de peso en vaquillas europeas, bajo condiciones de pastoreo en *Clitoria tematea*, se obtuvieron valores de 402 g, mientras que en praderas de pasto pangola *D. decumbens* solo y asociado con sirato *M. atropurpureum*, las ganancias diarias fueron de 237 y 79 g, respectivamente. Así, en estas condiciones la ganancia de peso obtenida en *Clitoria tematea* fue superior en un 70 y 52% en comparación con el resto de tratamientos (Villanueva, 2002); lo cual se explica por el alto contenido de proteína cruda presente en *Clitoria tematea*.

Una inclusión de 12 o 20 g/día/kg/PV (peso Vivo) de *Artocarpus altilis*, mejoraron las ganancias de peso (67 g en pastoreo de monocultivo a 97 y 113 g/día, bajo suplementación respectivamente), acortando el tiempo de engorda de los ovinos e incrementando el número de animales por ha (Leyva *et al.*, 2007).

## **2.6. Otras características a considerar en los sistemas silvopastoriles.**

De acuerdo con Botero (1992), es el número de animales o la disposición de los árboles en bloques, ya que lo anterior puede obligar a los animales a concentrarse en áreas reducidas de sombra, y el exceso de pisoteo puede afectar la cobertura de la pastura, localizada en ese lugar, provocando erosión y compactación localizada

del suelo, afectando el crecimiento apropiado de los árboles; por otra parte la sombra favorece la presencia de insectos picadores y parásitos que afectan a los animales.

El pastoreo de ovinos en cafetales puede presentar limitaciones para un uso sostenible, debido al consumo de brotes tiernos y corteza de árboles afecta de manera importante la producción de fruto, por lo que se han usado agentes eméticos, por vía oral o inyección intraruminal, para prevenir que las ovejas ramonearan las plantas de café (Durantes *et al.*, 2006); Dávila *et al.* (2003), no encontraron efectos negativos en el cafetal, cuando regularon el pastoreo con cerco eléctrico y suplementaron sales minerales a los ovinos.

Mediante el pastoreo de ovinos en cafetales se puede reducir hasta en 68.7 % la incidencia de maleza en el cultivo de café, Sin embargo, para evitar daños de consideración a las plantas, Sánchez y Chacón (2000) recomiendan utilizar cargas de pastoreo bajas; sin embargo; observaron que en áreas extensas el grado de control de la maleza fue muy irregular debido a que los animales tienden a recorrer diariamente toda la superficie en busca de las plantas de su preferencia.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Localización y características del sitio experimental.

El trabajo se realizó en la región costera nayarita, en el Ejido El Tamarindo, Municipio de Rosamorada, Nayarit, localizada geográficamente entre los 21° 58' de latitud norte y los 105° 14' de longitud oeste y a una altura de 18 msnm (Pérez *et al.*, 1980). Con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; cuyas características son: temperatura media anual de 23.0°C, radiación global máxima: 916 w/m<sup>2</sup>, humedad relativa: 68.9%, velocidad del viento: 0.81 km/hr, precipitación pluvial media de 1,500 mm, de los cuáles el 95 % se registra en los meses de julio a septiembre (García, 1988). Los meses más calurosos, son de junio a agosto, con vientos de oeste a este (INEGI, 2000).

#### 3.2. Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar para las unidades experimentales, con cuatro repeticiones por cada tratamiento.

Se realizaron 5 tratamientos en parcelas de 16x16 metros (256 m<sup>2</sup>), con una proporción diferente leguminosa: gramínea, los cuales se mencionan a continuación:

1. *Leucaena leucocephala* – *Brachiaria brizantha* (30:70).
2. *L. glauca* – *B. brizantha* (30:70).
3. *L. leucocephala* – *B. brizantha* – *Citronia tematea* (28:52:20).
4. *L. glauca* – *B. brizantha* – *C. tematea* (28:52:20).
5. *B. brizantha* (100).

En la figura 1, se aprecia la distribución de los árboles en una parcela o unidad experimental; donde la distancia entre arbóreas en los tratamientos 1 y 2 fue de 1 m, con una franja intermedia de 4 m con 3 surcos de gramínea a 1 m entre ellos. En el caso de los tratamientos 3 y 4, se sembró entre los surcos 1-2 y 2-3, la leguminosa rastrera (*C. tematea*); el espacio entre parcelas fue de 4 m, como camino de acceso.

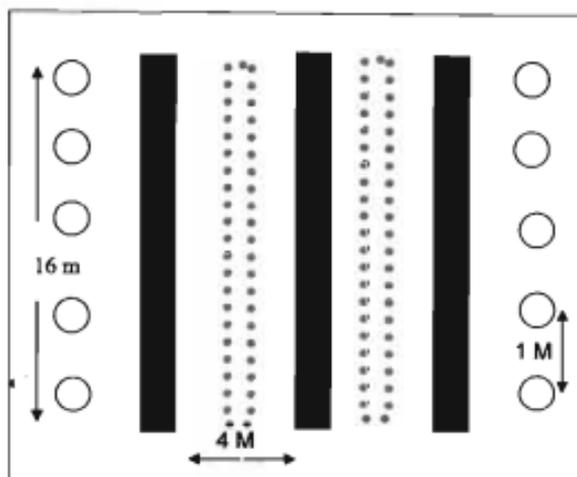


Figura 1. Parcela o unidad experimental.

■ Leguminosa arbórea, ● Pasto base, ○ Leguminosa rastrera

### 3.3. Establecimiento y manejo del sistema silvopastoril.

En esta fase se realizó el establecimiento de los componentes vegetales del sistema; es decir, las dos leguminosas forrajeras arbóreas y la herbácea, así como la gramínea desde la siembra hasta su utilización. Previo a la siembra, se realizó un análisis físico-químico del suelo, para conocer la textura, humedad, densidad aparente, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, velocidad de infiltración

La preparación del suelo consistió en un paso de barbecho y doble rastreo; así como el surcado para la siembra directa de las especies herbáceas, *B. brizantha* y la *C. tematea*. Se aplicaron herbicidas, para eliminar las malezas presentes al iniciar la plantación, así mismo se realizó un muestreo para dictaminar la presencia de plagas edáficas (*Phyllophaga spp.* y *Colaspis spp.*)

El establecimiento se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2007, iniciándose la plantación de árboles *L. leucocephala*, propagados en el vivero forestal "El Verdineño", ubicado en el ejido de Sauta, municipio de Santiago Ixcuintla., y de *L.*

*glauca*, adquirida en el vivero forestal de Chamichin de Jauja, municipio de Tepic, Nayarit; con una altura de 25 y 30 cm respectiva y aproximadamente a los 2.5 meses de edad, para lo cual fue retirada la bolsa de polietileno cortando de arriba hacia abajo, incluyendo su base. Las plantas con suelo fueron sobrepuestas en los hoyos y cubiertas con tierra, garantizando que todo el sistema radicular fuese incluido. Por la diferencia en la capacidad germinativa entre la *C. tematea* y la *B. brizantha*, se sembraron a una semana una de otra, iniciando con la primera. La siembra se hizo a chorrillo, cubriendo la semilla con una capa ligera de tierra, de acuerdo con lo sugerido por Romero (comunicación personal).

Como parte del manejo agronómico del sistema se realizó una limpieza de forma manual con azadón, machete, rozaderas y rastrillos, de tal manera que disminuyeran las gramíneas nativas, reanudándose la limpieza en la época de seca. Se efectuó una primera poda de la arbórea a 120 días de plantadas para la uniformización a 80 cm de altura. El primer pastoreo se realizó un mes después de la poda durante 15 días. Se efectuó un segundo pastoreo a los 75 días de recuperación de los materiales experimentales. Después de la época de lluvia, se continuó el manejo de los árboles, fueron sometidos a una segunda poda a 60 cm. de altura. De acuerdo con lo recomendado por Espinoza *et al.* (1999), y Palma, (2005), quienes evaluaron diferentes alturas de poda en *L. leucocephala* recomendando 60 cm como la mejor altura, tanto para el rendimiento de MS, como para altura de ramoneo y el consumo del ganado ovino.

### **3.6. Variables a evaluar.**

Para evaluar las variables experimentales, se consideró cada objetivo específico como se menciona a continuación.

#### **3.6.1. Variables edafológicas.**

Los análisis de suelo se realizaron utilizando la metodología recomendada por la NOM-021-RECNAT (2000), mismas que se describen a detalle en el anexo 1.

Al inicio del experimento se realizó un corte vertical del suelo para exhibir los horizontes genéticos que lo integran y parte del material subyacente relativamente inalterado, a una profundidad de 1.20 cm, tomándose muestras para la clasificación del mismo.

- La caracterización de la textura se realizó al inicio por el método de Bouyoucos.
- En el caso de la densidad, se consideraron dos profundidades: 2-07 y 10-20 cm, en dos sitios: bajo cobertura y sin cobertura vegetal. El método empleado fue el de cilindros en campo.
- Se midió pH por potenciometría con una relación suelo: agua de 1:2.5.
- La determinación de materia orgánica, se evaluó a través del contenido de carbono orgánico, utilizando el método Walkley y Black.

El análisis edafológico se realizó de acuerdo con un diseño completamente al azar, con arreglo factorial  $5 \times 2 \times 2$ , en donde el primer factor corresponde al tratamiento, el segundo a la profundidad y el tercero a la cobertura vegetal.

### **3.6.2. Variables Agronómicas.**

Se observaron mensualmente hasta el momento en que los árboles alcanzaron la altura de 80 cm. Se consideraron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando un diseño de bloques completos al azar.

Se midió la altura de la planta desde el cuello de la raíz, hasta la yema apical, con ayuda de un estadal (topografía), también se contabilizó el número de ramas por árbol y la altura a la primera rama. Se consideraron 6 plantas por repetición así mismo se midió el diámetro del tallo con un vernier, a una altura de cinco centímetros del cuello del tallo. La sobrevivencia de los árboles se registró a partir del establecimiento, desde el inicio a finalización de cada pastoreo; así como el tiempo de rebrote y recuperación de las especies componentes del sistema después un pastoreo en cada uno de los tratamientos.

La producción y disponibilidad del pasto *B. brizantha* y *C. tematea* fueron estimadas por el método alternativo propuesto por Martínez *et al.* (1990), con apoyo de un marco de 0.25 m<sup>2</sup>, consistiendo en medir la altura media del pasto tomando como mínimo 30 lecturas por ha para establecer la media. Para estimar la disponibilidad del pasto se colectó a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo. Identificándose las muestras y registrando el peso para conocer el porcentaje de humedad, se prepararon para los análisis de laboratorio. Se consideraron 5 tratamientos con cuatro repeticiones.

La disponibilidad en las especies arbóreas, se realizó mediante la técnica propuesta por Lamela (1998), que se fundamenta en la colecta total de la biomasa producida por las leguminosas que están disponibles para ser ramoneadas por los animales. Se consideraron 6 árboles por ha, como la muestra mínima representativa; el material fue identificado y se registró el peso de cada muestra. Se evaluaron los 4 tratamientos con 3 repeticiones.

La composición botánica del sistema se estimó en 5 tratamientos y 4 repeticiones, por el método de tránsito o de pasos, descrito por Anon (1980). La técnica consiste en determinar la superficie total donde se desea medir la composición botánica, recorriendo el terreno en línea recta contabilizándose los pasos, se realizó un nuevo recorrido en el terreno en zigzag y a cada dos pasos, se registró la especie vegetal que coincidió con la punta del zapato, cuando no se encontró ninguna especie se consideró a la más cercana, así hasta cubrir la totalidad de la superficie en cada una de las parcelas.

La densidad de especies componentes del sistema fue determinada en los 5 tratamientos con 4 repeticiones antes de iniciar el pastoreo, contando las plantas de *C. tematea* y *B. brizantha* por metro lineal; en 30 m/ha, (cada metro equivale a una lectura), posteriormente se estimó el número de plantas por surco, para así estimar el equivalente en una hectárea.

Para el análisis estadístico de las variables agronómicas, se utilizó un análisis de varianza de bloques al azar de 5 tratamientos con 4 repeticiones (6 plantas por repetición).

### **3.6.3. Análisis químicos del material biológico:**

La valoración de muestras de forraje se realizó en el Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal, del Instituto de Nacional de Nutrición "Salvador Zubirán" y en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Unidad Académica de Agricultura de la UAN. Los análisis se realizaron por duplicado, la determinación de materia seca (MS), cenizas (C), materia orgánica (MO) y extracto etéreo (EE), todas de acuerdo a la metodología recomendada por la AOAC (1995); las fracciones de fibra (FND y FAD), por el Método de Van Soest y Wine (1967) en el equipo Ankom y proteína cruda (PC), mediante la técnica de Hach (Anexo 2).

Para el análisis estadístico de las variables bromatológicas, se utilizó un análisis de varianza de bloques al azar de 5 tratamientos con 4 repeticiones (5 muestras por repetición).

### **3.6.4. Variables zootécnicas.**

En la prueba de comportamiento animal se utilizaron 12 corderos jóvenes, machos sin castrar, de 4 meses de edad, encastados de Pelibuey, con un peso inicial de  $19 \pm 3$  kg, los cuales fueron desparasitados 8 días antes del experimento con Ivermectina al 1%, (0.5ml por cada 25 kg de peso), los animales fueron pesados cada semana, antes del pastoreo, previo ayuno de 12 horas (a las 7:00 am). Se les proporcionó un periodo de adaptación al manejo con cerco eléctrico en los potreros de una semana antes de iniciar la evaluación de ganancia diaria de peso). El pastoreo tuvo una duración de 7 días por repetición, disponiendo de sales minerales y agua a libertad. Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones (4 animales por repetición) por tratamiento y dos periodos.

El comportamiento etológico de los ovinos en pastoreo se evaluó el mes de abril del 2009, a una temperatura y humedad relativa promedio de 23.3° C y 72.6 %, respectivamente. Se utilizaron 18 ovinos machos jóvenes encastados de Pelibuey, con 19 ± 3 kg de peso promedio, divididos en tres grupos de 6 animales cada uno, de los cuales 2 grupos fueron ubicados en un sistema silvopastoril, el resto se instaló el sistema de monocultivo (testigo *B. brizantha*), transcurridos 7 días de pastoreo se cambió el orden. El horario de ocupación en las parcelas fue de 08:00 am a 06:00 pm; simulando el manejo de esta especie animal en el estado de Nayarit. Se tuvieron en cuenta las observaciones de tres periodos y dos días en cada uno, previo al experimento se adaptaron los animales al silvopastoreo y al cerco eléctrico en un área semejante a la experimental.

El método de muestreo fue la observación directa de los grupos de animales, a intervalos de una hora (5 horas de evaluación por día), con un levantamiento cronológico cada 10 minutos. Se utilizaron tres observadores. Las actividades que se registraron fueron: consumo de las arbóreas (CAR), Consumo de *B. brizantha* (CP), Grama (CG), agua (CA) y maleza (CM), así como el tiempo dedicado a la sombra (SO). El tiempo dedicado a la rumia no se considero únicamente se evaluó el tiempo dedicado al consumo de las especies forrajeras.

La composición botánica se determinó antes de iniciar el estudio mediante el método de tránsito descrito por Anon (1980), los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica del Municipio de Rosamorada, Nayarit.

Los resultados se evaluaron según la metodología utilizada por Herrera *et al.*, 2007, (Anexo 3); para el análisis estadístico de las variables etológicas, se utilizó un análisis de varianza bajo un diseño de bloques al azar con 7 tratamientos y 6 repeticiones (6 animales por repetición).

### **3.7. Evaluación de resultados y análisis estadístico.**

En todas las variables, la diferencia entre medias, se evaluó con la prueba de Tukey a un nivel de significancia  $P < 0.05$ , utilizándose el paquete estadístico SAS (2003).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características de referencia y cambios en las propiedades del suelo en el sistema silvopastoril implementado.

El suelo donde se estableció el experimento tenía un perfil ABC, de color pardo rojizo claro a pardo, sin lixiviación, con estructura de bloques sub-angulares en la superficie, siendo más compacto y poco poroso en la parte superior del perfil.

Se clasificó como Cambisol, haplico (eutrico, crómico) según el WRB (2006), con una textura franco arcillosa (Cuadro 1), pH de 6.3, en los primeros 20 cm, con un incremento a 6.7 en la parte más profunda (45 cm). El porcentaje de materia orgánica fue de 1.68 en la parte superficial (0-20 cm), la cual disminuyó entre 5 y 11 % para los 45 y 55 cm de profundidad, respectivamente; la densidad aparente fue de 1.33 Mg.m<sup>-3</sup> y un 12.83 % humedad del suelo (W), para los primeros 20 cm, lo cual coincide con los datos mencionados por Bojórquez y Hernández (2004) en un estudio de reclasificación de suelos en la llanura costera norte de Nayarit.

Se apreció un piso de arado en la parte superior del horizonte B, así como una destrucción de la estructura, aunado a una densidad aparente relativamente alta, acorde a la presencia de bloques sub-angulares pequeños y medios, que predominan en los horizontes superiores cercanos a la superficie, provocando que la velocidad de infiltración del agua en el horizonte A fuese muy lento, situación similar a lo que reportaron Morell y Hernández (2006), así como Di *et al.* (2001), indicando que las propiedades de un suelo cambian por el tipo de uso y el manejo inadecuado del mismo, ya que un cultivo intensivo provoca la degradación de las propiedades físico-químicas, disminuyendo la velocidad de infiltración y por consiguiente la disminución en la fertilidad.

El contenido de materia orgánica encontrada (1.68%), evidencia que el suelo ha sido sometido a cultivos intensivos por muchos años, sin la incorporación de hojarasca o

algún cultivo de cobertura que supliera los nutrientes extraídos por la agricultura, Situación que fue planteada por González *et al.* (2001) en la dinámica de la fertilidad del suelo, la cual reveló notables decrementos de los contenidos de materia orgánica, además de incrementos en el pH en el transcurso de quince años bajo un monocultivo intensivo.

El porcentaje de materia orgánica (cuadro 1), presentó una disminución acorde con el aumento en la profundidad del muestreo, el cual se realizó simulando la profundidad de las raíces de los cultivos agrícolas, los cuales alcanzan entre 30 y 50 cm.

**Cuadro 1.** Características iniciales del suelo en el sitio experimental.

Profundidad cm	% W	DA		Textura	MO (%)
		Mg.m <sup>-3</sup>	pH		
0.0 – 20	12.8	1.33	6.3	Franco arcilloso	1.68
20 – 45	24.8	1.39	6.7	Franco	1.63
45 – 55	27.1	1.51	6.9	Franco arcillo limoso	1.57
55 – 85	36.2	1.39	7.1	Franco	ND
85 – 110	39.9	1.30	6.8	Franco arenoso	ND
110 – 130	37.0	1.14	ND	Franco	ND

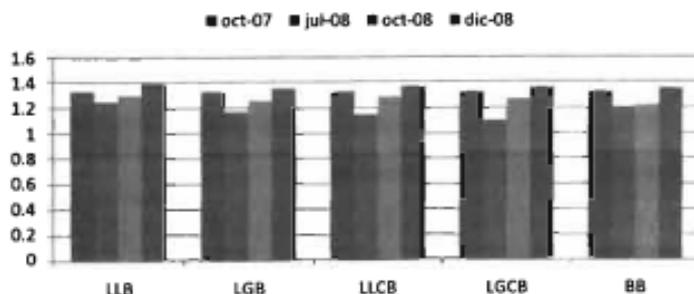
% W, porcentaje de humedad, DA, densidad aparente, (pH), porcentaje de potencial hidrógeno, MO (%), porcentaje de materia orgánica. ND. No determinado.

La densidad aparente (DA) al inicio de la evaluación (figura 2) en la capa de 0-20cm se presentó un valor de 1.33 Mg.m<sup>-3</sup>, sin embargo, a partir del segundo muestreo se pudo apreciar una disminución en los valores, sobresaliendo los tratamientos de la triple asociación (LLCB *L. leucocephala* + *C. ternatea* + *B. brizantha* y LGCB *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*), estos resultados pudieran ser atribuidos a la no mecanización del terreno y al efecto benéfico de la alta cobertura vegetal como lo mencionan Razz y Clavero (2006).

A partir del tercer muestreo, se apreció un aumento en la DA; a diferencia del segundo, los tratamientos LGB y BB fueron los que menor densidad presentaron, lo cual puede corresponder a que los animales en potrero, prefirieron el forraje que incluían *Clitoria* y *L. leucocephala*, provocando la compactación por el pisoteo de los

ovinos (Drewry y Paton, 2000). Esta misma situación se observó en el cuarto muestreo el cual se realizó a los 14 meses de implementado el sistema.

Se menciona que los suelos al ser sometidos a altas cargas, presentan un trastorno en su sistema poroso y tendera a incrementar la firmeza y la compactación, con una pérdida de materia orgánica (Dec et al., 2008), lo que altera la estructura de los mismos, así como la tasa de movimiento de agua y nutrientes, desde la matriz hasta las raíces. (Cuevas, 2002). Sin embargo, las alteraciones físicas en el perfil, van a depender de las características de la carga animal y de la resistencia del suelo a la deformación (Drewry y Paton, 2000), ya que un incremento en la DA, no sólo induce cambios en la distribución de la porosidad, sino que también, afecta la capacidad de contracción y de conducir agua en fase no saturada (González et al., 2001).



**Figura 2.** Comportamiento de la densidad aparente a 14 meses de establecido el sistema silvopastoral. LLB, *Leucaena leucocephala* + *Bracharia brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. BB, *B. brizantha*.

En el muestreo 5, (Cuadro 2) se apreció un incremento general en las variables evaluadas para determinar la DA, sin que se encontraran diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, cobertura o profundidad. Lo cual pudo haber estado influido por el transitar de los animales, en donde se tuvo una carga animal alta de 2.5 ua/ha, lo que tiende a deformar la superficie del suelo, ocurriendo la máxima compactación en un suelo húmedo, en niveles de entre un 10 a 13%. Es

importante mencionar que en el presente estudio el pastoreo se realizó en la época lluviosa (agosto-septiembre), con una precipitación pluvial de 600 mm.

En un trabajo realizado por (Cast, 2002), atribuyó que la pérdida de la estructura del suelo y la compactación, se ocasionaron debido probablemente al repetido tráfico animal, con el consecuente decremento en la producción. Por su parte (Di et al., 2001), indicaron que cuando un suelo es sometido a una determinada presión, se provoca una reducción en el volumen y por ende aumenta la DA. A pesar del aumento generalizado en la densidad aparente, se aprecia una ligera disminución del 1% en el tratamiento LLCB lo cual pudiera estar influido por la triple asociación de leguminosas arbóreas, herbáceas forrajeras y la gramínea. En cuanto a la disminución que se observó en BB, pudiera atribuirse a la baja tasa de consumo y la baja preferencia animal obtenida durante los tres pastoreos ofertados, de este modo se obtuvo un remanente de biomasa, que al no ser consumido por el ovino generó una acumulación de hojarasca en la capa superior del suelo.

**Cuadro 2.** Comportamiento de la densidad de aparente a 14 meses de establecidos los tratamientos.

Cobertura	Profundidad Cm	Tratamientos					Promedio	
		LLB	LGB	LLCB	LGCB	BB	Cobertura	Profundidad
BCV	02-07	± 1.36 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>
	10-15	± 0.05	0.01	0.08	0.06	0.11		
		± 1.41 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>		
SCV	02-07	± 0.01	0.03	0.05	0.14	0.09	1.38 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>
	10-15	± 1.38 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>		
		± 0.10	0.14	0.05	0.02	0.07		
Promedio tratamiento		± 1.39 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>		

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. BB, *B. brizantha*. BCV, bajo cobertura vegetal. SCV, sin cobertura vegetal. <sup>a,b,c</sup> Subíndices minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies ( $P < 0.05$ ) ± Desviación estándar.

Los resultados para la evolución de la materia orgánica (MO) en el sistema silvopastoril se aprecian en la figura 3; ahí los resultados obtenidos en la caracterización inicial son contrastados con los subsiguientes muestreos, donde claramente se aprecia una disminución en el contenido de MO en todos los

tratamientos durante la segunda evaluación, siendo el testigo (*B. brizantha*) el de mayor disminución, a partir del tercer muestreo los tratamientos LGB y LLCB, presentan un aumento en los valores, que se mantienen hasta el final del periodo experimental; nuevamente en el caso del testigo (monocultivo) se ubicó el menor valor, el incremento en el contenido de MO quizás influido por la cantidad de hojarasca y las excreciones de los animales, las cuales representan la principal entrada de nutrientes al sistema, influyendo decisivamente en esta variable y por lo tanto, en la calidad del perfil. La aportación a partir del follaje de las plantas y el descenso en la tasa de descomposición de la misma, implica el retorno al suelo de una parte de los nutrimentos extraídos por la planta y al fortalecimiento de la estabilidad estructural de éste, con lo cual la tendencia será a regresar a su estado original (Medina *et al.*, 2006).

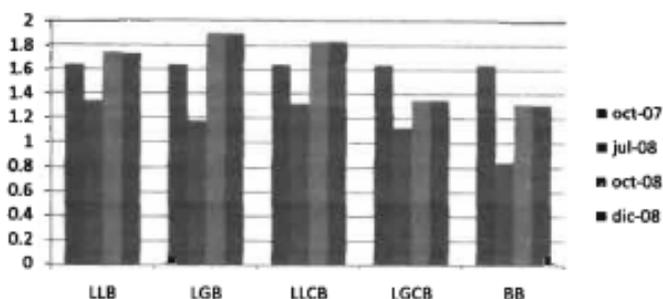
Por su parte Sa *et al.* (2001); consideran que la disminución de la MO edáfica, es consecuencia de una mayor exposición de ésta a la actividad de los microorganismos del suelo por el laboreo continuo, lo cual implica no sólo una pérdida en la estabilidad de la estructura, sino también un descenso en el contenido de nutrimentos.

Resultados reportados por Cairo *et al.* (2008), en un trabajo de evaluación de la fertilidad del suelo en sistemas silvopastoriles, bosques y campos dedicados a la agricultura, indican que un sistema que incluye árboles la fertilidad del suelo, la cantidad de materia orgánica y la estructura de los agregados es mayor, influida principalmente por la cantidad de hojarasca y la penetración que hacen las raíces, hacia las partes más profundas del suelo. De igual manera Hernández *et al.* (2008), al evaluar el efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica, encontraron que la asociación de árboles y gramíneas incrementa los niveles de materia orgánica y la diversidad de organismos, beneficiando la fertilidad del suelo y por consiguiente la producción de biomasa.

Es conocido que la actividad humana, es una de las principales causas de la degradación física, química y biológica de los suelos, lo que implica un cambio en la calidad del suelo, ya que supone tanto una disminución en la productividad como cambios en las funciones ecológicas del mismo (Urquiaga *et al.*, 2005), el uso del suelo en la ganadería a base de monocultivos por más de 20 años, conllevan a una disminución en el contenido de materia orgánica del 0.7 al 1 %, influida principalmente por un manejo deficiente y a la no utilización de árboles en la producción; después de tres años de una diversificación en el sistema de producción y el manejo de especies arbóreas forrajeras, se apreció un incremento de 0.25% en el contenido de materia orgánica del suelo (Baños *et al.*, 2008), resultados inferiores a los aquí presentados, ya que en un periodo de 14 meses se logró un aumento de 0.15 y 0.21 % en los tratamientos donde se incluyó *L. glauca* (LGCB) y *L. leucocephala* (LLB), respectivamente.

Los sistemas agroforestales pueden mantener las propiedades físicas del suelo, a través del mantenimiento de la materia orgánica y los efectos de las raíces de los árboles, así como la descomposición del mantillo y las podas del árbol, contribuyen al mantenimiento de la fertilidad del suelo (Krishnamurthy y Ávila, 1999); lo anterior coincide con los resultados encontrados a pesar de haber ocurrido una disminución inicial en los valores, debido probablemente a los efectos de labranza; sin embargo se fueron incrementando hasta situarse en niveles superiores a 1.8% en los tratamientos donde se estableció la asociación leguminosa- gramínea. Los índices alcanzados en LGCB, se vieron afectados por la extinción de las especies leguminosas las cuales no soportan la sobresaturación de agua en el suelo que se produjo por largos periodos, lo cual está de acuerdo con lo encontrado por Paretas y López (2006). En el presente experimento ocurrió una precipitación pluvial de 1550 mm, valores similares a los años anteriores; sin embargo, a finales del mes de octubre del 2008 se presentó cerca del 40% de la precipitación total, que influyó en la acumulación de agua por días en el terreno, en consecuencia se perdieron las especies leguminosas evaluadas, principalmente *L. glauca* y *C. ternatea*; lo que refleja una sensibilidad diferente al efecto de inundaciones entre especies vegetales

de igual familia; en el caso de *L. leucocephala* logró una supervivencia del 49.3 % cuando se asoció con *B. brizantha*.



**Figura 3.** Dinámica en el contenido de materia orgánica a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril. LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiana brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *Clitoria ternatea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. y BB, *B. brizantha*.

En el Cuadro 3, se aprecia que los tratamientos sin cobertura vegetal (SCV) y de 10-15 cm fueron los que presentaron menor cantidad de MO; mientras que los que estaban bajo cobertura de 2-7 cm fueron los de mayor contenido. Los tratamientos con *L. leucocephala* presentaron los valores más altos a menor profundidad, y al combinarlo con *C. ternatea*, mejoró entre 10-15 cm. El tratamiento LGCB fue igual a BB, ya que cuando se realizó el muestreo, prácticamente había únicamente la sobrevivencia de *B. brizantha* por el caso descrito del encharcamiento.

Los resultados anteriores son acordes a lo encontrado por Cairo *et al.* (2008), al evaluar un sistema silvopastoril, quienes indicaron que existe una serie de procesos naturales relacionados con el efecto acumulativo del estiércol animal y el aporte de biomasa de las leguminosas y la gramínea; que se manifiesta en un alto grado de actividad biológica, con gran presencia de macro organismos que perforan galerías en todas direcciones, mejorando la circulación del agua y aire. La producción de hojarasca, junto con el aporte comprobado de N a través de la fijación biológica, podría acelerar el proceso de reciclaje de nutrientes en los pastizales de gramíneas puras (Sánchez *et al.*, 2008).

Los árboles pueden jugar un papel importante en la restauración ecológica (Szott *et al.*, 2000), estudios realizados en Panamá, muestran que su integración en las pasturas, mejoran la calidad del forraje y aumentan el contenido de fósforo y nitrógeno del suelo, en comparación con monocultivos (Bolívar, 1998).

Uno de los principales indicadores de la degradación de las tierras está relacionado con la disminución del contenido de MO del suelo, parámetro que refleja muy bien la calidad del mismo (Urquiaga *et al.*, 2005). Los mayores contenidos de MO se encuentran en bosques naturales y ecosistemas poco alterados por actividades antropogénicas (Senra, 2008; Morell y Hernández, 2006).

**Cuadro 3.** Comparación del incremento de la materia orgánica a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.

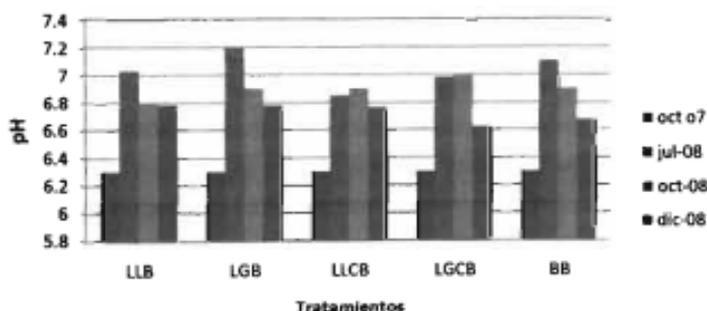
Cobertura vegetal	Profundidad cm	Tratamientos					
		LLB	LGB	LLCB	LGCB	BB	
BCV	02 - 07		1.85 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	1.35 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>
		±	0.70	0.08	0.17	0.19	0.11
	10 - 15		1.53 <sup>a</sup>	2.29 <sup>a</sup>	1.53 <sup>b</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.38 <sup>b</sup>
		±	0.70	0.04	0.26	0.45	0.22
SCV	02 - 07		1.89 <sup>a</sup>	1.72 <sup>a</sup>	1.78 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.20 <sup>b</sup>
		±	0.70	0.13	0.19	0.05	0.09
	10 - 15		1.88 <sup>b</sup>	1.56 <sup>b</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.34 <sup>b</sup>	1.27 <sup>b</sup>
		±	0.35	0.04	0.30	0.45	0.22

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *Citrofa tematea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. tematea* + *B. brizantha*. y BB, *B. brizantha*. BCV, bajo cobertura vegetal. SCV, sin cobertura vegetal.  
<sup>a,b,c</sup> Subíndices minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). ± Desviación estándar.

Otra variable importante a considerar en el suelo es el pH, que a su vez esta relacionado con la cantidad de materia orgánica, tipo de cultivo, manejo, entre otros. En la figura 4 se presentan los resultados de los 4 muestreos se puede observar un mayor incremento en los tratamientos LGB y BB, acercándose hacia valores más neutros. Baños *et al.* (2008), al evaluar la productividad de tres fincas ganaderas cubanas a base de parcelas monofitas o monocultivos de gramíneas, encontraron una reducción en la productividad, misma que fue relacionada con la modificación del pH, el cual sufrió una acidificación de entre 0.4 y 0.9 unidades porcentuales, después de 20 años de cultivo.

Los resultados anteriores son equivalentes a lo reportados por Baños *et al.* (2008), quienes al evaluar un suelo durante un periodo de tres años apreciaron un incremento en los valores del pH de 0.1 y 0.2 unidades porcentuales, mediante el uso de biofertilizantes, aumento de la biodiversidad y el reciclaje de los nutrientes, Lo cual evidencia los beneficios de la incorporación de especies y la eficiente utilización de los recursos propios de cada lugar. En todos los tratamientos, se aprecia que el pH se estabilizó en valores tendientes a la neutralidad en relación con el dato inicial.

En una evaluación de un sistema silvopastoril con *L. leucocephala* y una edad de 20 años González *et al.* (2001), reportaron valores de pH más altos en la época de menor precipitación pluvial, contrario a lo ocurrido en este trabajo.



**Figura 4.** Comportamiento de pH en cuatro diferentes muestreos en un sistema silvopastoril. LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *Clitoria tematea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. tematea* + *B. brizantha* y BB, *B. brizantha*.

En la evaluación de pH a los 14 meses de instaurado el sistema no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, ni entre las variables de cobertura vegetal, con valores entre 6.5 y 7, lo anterior indica que para obtener diferencias en las variables de evaluación de suelos, se logra a largo plazo; a pesar de esto diversos autores documentan que en los sistemas silvopastoriles se incrementa el contenido de MO (González *et al.*, 2001; Bolívar, 1998; Mahecha, 2002), de igual manera el pH puede modificarse hacia valores más ácidos (Mahecha, 2002).

**Cuadro 4.** Dinámica del pH a 14 meses de establecido el sistema silvopastoril.

Cobertura	Profundidad cm	Tratamientos					Promedio	
		LLB	LGB	LLCB	LGCB	BB	Cobertura	Profundidad
Bcv	02-07	± 6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>
	10-15	± 0.17	0.25	0.05	0.01	0.20		
Scv	02-07	± 6.8 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
		± 0.15	0.36	0.23	0.15	0.15		
	10-15	± 6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>				
		± 0.30	0.15	0.17	1.0	0.35		
		± 6.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>		
		± 0.15	0.5	0.25	0.11	0.11		

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Bracharia brizantha*. LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*. LLCB, *L. leucocephala* + *Clitoria ternatea* + *B. brizantha*. LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*. y BB, *B. brizantha*. Bcv, bajo cobertura vegetal; Scv, sin cobertura vegetal; <sup>a,b,c</sup> Subíndices minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) ± desviación estándar.

#### 4.2. Resultados de las variables agronómicas (establecimiento, crecimiento, rendimiento y calidad) de la biomasa en asociaciones de *Leucaena leucocephala*, *Leucaena glauca*, *Clitoria ternatea* y *Bracharia brizantha*.

La altura alcanzada por las dos especies de *Leucaena* del primero al cuarto mes posterior a su plantación se muestra en el cuadro 5, donde no se apreciaron diferencias significativas durante los tres primeros meses de establecidas, y a partir del cuarto mes el tratamiento LLB, presentó el valor más bajo seguido por LGB, y finalmente los tratamientos con triple asociación (LLCB y LGCB) manifestaron un mayor desarrollo, el cual pudiera estar influido por una mayor competencia entre especies.

El crecimiento de *L. leucocephala* se encuentra dentro de los rangos mencionados por Medina *et al.* (2007) y Febles *et al.* (2000), que son de 45 y 56 cm respectivamente en una evaluación a tres meses de establecidas en una siembra a partir de plántulas, por su parte Ruiz *et al.* (1998) y Machado y Núñez (1994), al sembrar por semilla, obtuvieron alturas superiores (155 a 167 cm) después de tres meses posteriores a su establecimiento. Lo anterior puede atribuirse a que el crecimiento en las raíces de las plántulas dentro de la bolsa puede afectarse, mientras que en las siembras por semilla, la raíz pivotante es más profunda, por lo

que no se ha observado dicho efecto, razón por la cual muchos autores recomiendan ese tipo de siembra.

**Cuadro 5. Altura de las especies arbóreas (cm).**

Tratamientos	Meses			
	1	2	3	4
<i>Leucaena leucocephala</i> + <i>Brachiaria brizantha</i>	33.0 <sup>AB</sup>	35.0 <sup>ABC</sup>	48.1 <sup>BA</sup>	50.4 <sup>BA</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>B. brizantha</i>	0.72	0.91	0.06	0.69
<i>L. leucocephala</i> + <i>Clitoria ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	32.8 <sup>BC</sup>	40.4 <sup>BC</sup>	54.9 <sup>BA</sup>	59.0 <sup>BA</sup>
	0.80	0.07	0.49	0.02
<i>L. glauca</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	29.4 <sup>BC</sup>	37.7 <sup>ABC</sup>	52.2 <sup>ABC</sup>	64.8 <sup>BA</sup>
	0.21	0.50	0.42	0.57
	32.2 <sup>BC</sup>	44.2 <sup>BC</sup>	56.1 <sup>ABC</sup>	66.1 <sup>BA</sup>
	0.99	0.53	0.17	0.86

<sup>A, B, C</sup> Subíndices minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre especies ( $P < 0.05$ ) y <sup>ABC</sup> mayúsculas entre tiempos. <sup>‡</sup> Desviación estándar.

A partir de los cuatro meses se logra observar el efecto benéfico de la *Clitoria* en el crecimiento de las arbóreas; como se menciona en materiales y métodos, se dio un corte de homogenización a los 5 meses a una altura de 80 cm, para favorecer el pastoreo de los animales.

En cuanto al diámetro del tallo (Cuadro 6), se puede mencionar que al primer mes, no se encontraron diferencias significativas entre especies, pero a partir de ese momento, *L. glauca* (LGB y LGCB) aumentaron el diámetro significativamente hasta los 4 meses de edad ( $P < 0.05$ ), por lo que se puede asumir, que esta especie se caracteriza y diferencia de la otra, en primera instancia por el grosor del tallo con relación a la altura del mismo, hasta los 3 meses de establecidos. *L. leucocephala* (LLB y LLCB) presentaron incrementos modestos, pero progresivos. El mejor tratamiento en cuanto al vigor de la planta fue el LGCB (*L. glauca*, *C. ternatea* y *B. brizantha*).

Los resultados anteriores son similares a lo observado por Medina *et al.* (2007), Ortiz *et al.* (2006) y Wencomo (2005), al evaluar *L. leucocephala*, en igualdad de condiciones. Un incremento en el grosor del tallo es un factor importante en el desarrollo de las especies arbóreas, el cual puede estar influido por distintas causas

como el estrés hídrico y la captación de luz solar, en el presente experimento el factor hídrico no fue una limitante motivo por el cual los valores del diámetro sean superiores a lo reportado por Tamayo y Orellana (2006), quienes presentan valores de 0.5 cm de diámetro a 6 meses de establecidos.

**Cuadro 6.** Diámetro de las especies arbóreas (cm).

Tratamientos	Meses		
	1	3	4
<i>Leucaena leucocephala</i> + <i>Brachiaria brizantha</i>	0.29 <sup>bc</sup>	0.47 <sup>cd</sup>	0.52 <sup>cd</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>B. brizantha</i>	0.09	0.15	0.23
<i>L. leucocephala</i> + <i>Clitoria tematea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.25 <sup>abc</sup>	0.68 <sup>abc</sup>	0.86 <sup>abc</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>C. tematea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.06	0.28	0.37
<i>L. leucocephala</i> + <i>Clitoria tematea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.27 <sup>abc</sup>	0.54 <sup>cd</sup>	0.67 <sup>cd</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>C. tematea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.08	0.19	0.20
<i>L. glauca</i> + <i>C. tematea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.22 <sup>bc</sup>	0.78 <sup>abc</sup>	0.98 <sup>abc</sup>
	0.10	0.28	0.37

<sup>a,b,c</sup> Subíndices diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) y mayúsculas entre tiempos.  $\pm$  Desviación estándar.

La cantidad de ramas a los diferentes tiempos de evaluación (1, 2, 3 y 4 meses) se presenta en el Cuadro 7, en donde se puede apreciar el número de ellas para cada una de las especies arbóreas, en los primeros meses de establecidas no se apreciaron diferencias estadísticas, sin embargo a partir del tercer mes los tratamientos donde se estableció la arbórea *L. leucocephala* (LLB y LLCB) fueron los de más alto valor, llegando a 8.1 y 8.7 respectivamente, se aprecia que existió una interacción con clitoria en el caso de *L. leucocephala*, en el tratamiento 3, éste fue el que más incrementó el número de ramas con el tiempo (cuarto mes), en los tratamientos LGB y LGCB (*L. glauca*) se aprecia una conducta similar pero el número de ramas fue menor, lo cual ratifica que en esta especie su crecimiento y gasto energético lo desvió a crecer el vigor y tamaño del tallo y no en la cantidad de ramas, llegando a 5 y 6 ramas por árbol en promedio respectivamente. Esta conducta caracterizó a la especie *L. glauca*, y quizás pudiera corresponder a que sea para alcanzar más rápido su madurez fisiológica.

Los datos de cantidad de ramas para *L. leucocephala*, en este trabajo fueron superiores a los encontrados por Ruíz y Febles en 2003a (7.3 a los 180 días), (Febles y Ruíz, 2008). Por su parte Medina *et al.* (2007) quienes trabajaron con dos

especies diferentes (*Leucaena* y *Moringa*), tampoco encontró diferencias significativas atribuyendo que la arquitectura fue similar y por ende, la disposición de las ramas.

**Cuadro 7.** Número de ramas en las especies arbóreas evaluadas.

Tratamientos	Meses			
	1	2	3	4
<i>Leucaena leucocephala</i> + <i>Braeharia brizantha</i>	1.5 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	6.5 <sup>ab</sup>	8.1 <sup>ab</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>B. brizantha</i>	0.1 <sup>a</sup>	0.2	0.0	0.2
<i>L. leucocephala</i> + <i>Clitoria ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	1.7 <sup>bc</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.3 <sup>a</sup>	0.2	0.1	0.5
<i>L. leucocephala</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	1.7 <sup>bc</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>ab</sup>	8.7 <sup>ab</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	0.4 <sup>a</sup>	0.4	0.0	0.2
	1.0 <sup>bc</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>
	0.6 <sup>a</sup>	0.1	0.1	0.5

abc Superíndices minúsculas distintas para cada variable, indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos y <sup>ABC</sup> mayúsculas entre tiempos. <sup>a</sup> Desviación estándar.

No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 8) para la variable altura a la primera rama durante los tres primeros meses; a partir del cuarto mes *L. leucocephala* presentó la menor altura (4.5 y 5.3 cm) en relación a *L. glauca*, la cual presentó una altura mayor para la primera rama (10.7 y 11.3 cm).

Para la especie *L. glauca* el número de ramas se mantuvo y no aparecieron nuevas yemas vegetativas, caso contrario a *L. leucocephala* que inició una etapa de producción de yemas vegetativas que aparecieron desde una altura menor y su crecimiento apical disminuyó significativamente, influido tal vez porque las especies vegetales se caracterizan por tener hábitos de crecimiento distintos, tanto a nivel apical como en el de ramas, o quizá por la interacción nutricional de la otra leguminosa en el tratamiento (LLCB).

La altura ó inserción de la 1ª rama a partir del suelo es importante, porque de esto dependerá el número de ramas y por lo tanto, la producción de forraje. Se prefiere que cuando se utiliza *L. leucocephala* como forraje, esta sea a los 0-8 cm, mientras que para pastoreo de 0.4 cm (Febles y Ruiz, 2008). En el presente estudio *L. leucocephala* hasta los 4 meses presentó la 1ª rama a los 4.5 y 5.3 cm, siendo menor cuando estuvo asociada con *C. ternatea* (cuadro 8).

Según Ruiz y Febles (2003b), en especies utilizadas para la alimentación animal es conveniente contar con árboles que produzcan gran cantidad de forraje, de porte medio y que presenten un buen desarrollo vegetativo. Lo cual hace a *Leucaena leucocephala* una especie promisoría para la utilización en sistemas silvopastoriles en la llanura costera norte de Nayarit.

**Cuadro 8.** Altura a la primera rama (cm) para las especies arbóreas evaluadas.

Tratamientos	Meses		
	2	3	4
<i>Leucaena leucocephala</i> + <i>Bracharia brizantha</i>	3.04 <sup>BC</sup>	4.70 <sup>ABC</sup>	5.30 <sup>ABC</sup>
<i>L. glauca</i> + <i>B. brizantha</i>	± 01.50	0.70	0.30
<i>L. leucocephala</i> + <i>Clitoria ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	10.00 <sup>ABC</sup>	9.30 <sup>ABC</sup>	10.70 <sup>BA</sup>
<i>L. leucocephala</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	± 0.50	0.40	0.70
<i>L. glauca</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	7.60 <sup>ABC</sup>	6.30 <sup>ABC</sup>	4.50 <sup>ABC</sup>
	± 0.70	0.20	0.50
	10.40 <sup>ABC</sup>	10.10 <sup>ABC</sup>	11.30 <sup>BA</sup>
	± 0.90	0.40	0.40

<sup>A,BC</sup> Superíndices minúsculas distintas para cada variable, indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos y <sup>ABC</sup> mayúsculas entre tiempos. ± Desviación estándar.

Como se puede apreciar en el Cuadro 9, en el comportamiento de la supervivencia en especies arbóreas, se observa una disminución en todos los tratamientos desde el inicio, a partir de los 12 meses de establecido el sistema se evidencia una disminución sin diferencias significativas en esta época, pero si entre los demás periodos. Finalmente a 18 meses se aprecian los valores más bajos de supervivencia en todos los tratamientos, donde sobresalió (*L. leucocephala*) en el tratamiento LLB con un valor superior al 49%, especie que logró un establecimiento muy bajo en estas condiciones experimentales.

Los resultados anteriores para la supervivencia arbórea en los primeros seis meses pudieran deberse a la época de establecimiento del sistema, el cual se realizó en el periodo poco lluvioso (octubre 2007) ocasionando un estrés adicional en las plántulas recién establecidas, según Febles y Ruiz (2008), las especies arbóreas preferentemente deben establecerse al inicio del periodo lluvioso, para que se favorezcan con la precipitación pluvial.

A partir de los seis meses se implementó el pastoreo con ovinos, por la selectividad animal y el consumo hacia especies arbóreas se redujo la cantidad de arboles por ha, como se aprecia en el cuadro 9 (periodos 9 y 12), en la implementación de sistemas silvopastoriles, se prefieren especies que presenten buenas condiciones biológicas fundamentales como son la persistencia, resistencia a plagas y enfermedades y el crecimiento sostenido, así mismo, que sean capaces de soportar el estrés y la presión de selección, además de mantener un equilibrio ambiental (Febles y Ruiz, 2008); *L. leucocephala* ha sido muy evaluada en condiciones de pastoreo presentando supervivencias de entre 80 y 100% (Ruiz y Febles, 2003b; Ortiz *et al.*, 2006; Tamayo y Orellana, 2006; Machado *et al.*, 2006).

Finalmente a 18 meses de establecido el sistema se presentaron los valores de permanencia más bajos, donde solamente *L. leucocephala* en LLB sobrevive al periodo lluvioso de septiembre de 2008 con una precipitación de 600 mm, valores acorde a lo establecido por Paretas y López (2006), quienes reportan que esta especie no tolera inundaciones prolongadas.

**Cuadro 9.** Supervivencia (%) de especies arbóreas en sistema silvopastoril.

Tratamientos	Meses				
	0	6	9	12	18
<i>Leucaena leucocephala</i> + <i>Brachiaria brizantha</i>	100	95.9 <sup>ab</sup>	94.1 <sup>ab</sup>	79.7 <sup>bc</sup>	49.3 <sup>cd</sup>
	± 0.0	0.9	0.6	0.2	0.3
<i>L. glauca</i> + <i>B. brizantha</i>	100	93.5 <sup>ab</sup>	90.5 <sup>ab</sup>	71.1 <sup>bc</sup>	1.7 <sup>cd</sup>
	± 0.0	0.2	0.4	0.9	0.5
<i>L. leucocephala</i> + <i>Cilforia ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	100	96.4 <sup>ab</sup>	95.2 <sup>ab</sup>	84.4 <sup>bc</sup>	0.0
	± 0.0	0.6	0.9	0.7	
<i>L. glauca</i> + <i>C. ternatea</i> + <i>B. brizantha</i>	100	92.9 <sup>ab</sup>	89.4 <sup>ab</sup>	76.4 <sup>bc</sup>	0.0
	± 0.0	0.8	0.8	0.4	

<sup>abc</sup> Superíndices minúsculas distintas para cada variable, indican diferencia estadística significativa  $P < 0.05$  entre tratamientos y <sup>ABC</sup> mayúsculas entre tiempos. ± Desviación estándar.

En el cuadro 10 se muestran los resultados de la composición botánica del pastizal a los 9 meses de implementado el sistema y después de un corte de homogeneización a los 80 cm de altura y en un periodo de 15 días de pastoreo con ovinos. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la altura de los árboles; por su parte *L. glauca* aparte del crecimiento longitudinal, también incrementó de

manera significativa el diámetro del tallo. Los valores de *Leucaena leucocephala* fueron similares a lo reportado por Wencomo (2005).

La cantidad de plantas por ha medidas no presentaron diferencias entre tratamientos, para el caso de las arbóreas y el pasto; sin embargo *Clitoria* disminuyó el número de plantas cuando se asoció con *L. leucocephala*, debido posiblemente a que los animales prefirieron a esta especie que a la arbórea, seguida de un consumo de pasto insurgente, como se puede apreciar el porcentaje de la composición botánica fue menor en el tratamiento 4. Así mismo se puede creer que los animales favorecen el control en el crecimiento de *Clitoria*, lo cual favorece la no invasión hacia la sección del pasto; resultados similares fueron observados por Wencomo *et al.* (2001), y Sánchez *et al.* (2003b).

**Cuadro 10.** Composición del pastizal, diámetro y altura de *Leucaena* a los 9 meses de establecido el sistema silvopastoril.

Tratamientos	Altura	Diámetro		Población (plantas/ha)			Composición botánica (%)	
		Cm	Leu	Bra	Cil	Bra	Cil	
LLB	104.0 <sup>a</sup> ± 4.1	1.48 <sup>b</sup> ± 0.5	3,185 <sup>a</sup> ± 9.1	26,173 <sup>a</sup> ± 9.8			48.3 <sup>ab</sup> ± 0.6	
LGB	126.6 <sup>a</sup> ± 2.7	2.5 <sup>a</sup> ± 0.3	3,094 <sup>a</sup> ± 8.1	26,269 <sup>a</sup> ± 7.4			50 <sup>ab</sup> ± 0.1	
LLCB	112.6 <sup>a</sup> ± 5.5	1.6 <sup>b</sup> ± 0.6	3,185 <sup>a</sup> ± 5.7	29,100 <sup>a</sup> ± 5.6	65,013 <sup>a</sup> ± 24		44.6 <sup>ab</sup> ± 0.5	20 <sup>a</sup> ± 0.9
LGCB	116.3 <sup>a</sup> ± 4.5	2.4 <sup>a</sup> ± 0.2	3,068 <sup>a</sup> ± 6.3	30,042 <sup>a</sup> ± 7.2	59,901 <sup>a</sup> ± 19.7		40.6 <sup>b</sup> ± 0.3	21.3 <sup>a</sup> ± 0.3
BB				28,957 <sup>a</sup> ± 9.8			52.6 <sup>a</sup> ± 0.5	

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*, LLCB, *L. leucocephala* + *Clitoria ternatea* + *B. brizantha*, LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*, BB, *B. brizantha*. Leu, *Leucaena*, Bra, *B. brizantha*, Cil, *C. ternatea*. <sup>a,b,c</sup> Superíndices distintos indican diferencia estadística significativa entre tratamientos P<0.05. ± Desviación estándar.

#### 4.2.1. Análisis Químicos de las diferentes especies vegetales del sistema.

Los resultados de la caracterización química de las especies forrajeras utilizadas en el sistema silvopastoril se pueden apreciar en el cuadro 11. En este sentido se observaron diferencias significativas en todos los indicadores evaluados entre especies (P<0,05). La diferencia obtenida en la composición nutricional, se encuentra relacionada con las características genéticas de cada especie, aspecto que se refleja

en la utilización de los nutrimentos y la conversión de los mismos mediante la fotosíntesis (García *et al.*, 2008b). *C. tematea* (CL) presentó los valores más bajos de materia seca (MS), aunque todos tuvieron como máximo un 63% de humedad, característico de los forrajes, lo que en el clima tropical son una fuente de agua adicional a la proporcionada en los aguajes.

Los valores obtenidos en la caracterización de la composición química de los forrajes, permiten conocer la disponibilidad de los diferentes compuestos como son PB, fracciones de fibra, cenizas, lo que permitirá saber el aporte nutritivo que tendrá la dieta de los animales y poder tomar decisiones para la suplementación o complementación de las mismas, de tal manera, que los animales cubran sus requerimientos nutricionales.

Las cenizas es una estimación del material mineral que contienen las plantas; sin especificar a que elemento se refiere; se puede ver que *B. brizantha* (Bb) es la especie que mayor cantidad presenta, seguido de *Leucaena leucocephala* (LL), con una materia orgánica similar a lo mencionado por Bobadilla *et al.* (2006) en ceniza (CEN) las especies que presentaron un porcentaje menor fueron *L. glauca* (Lg), CL; y la especie *B. brizantha* (Bb) el nivel menor de proteína cruda (PC), lo cual es admisible si se considera el estado avanzado de madurez de la biomasa (180 días).

En cuanto a la cantidad de PC en Bb fue de 8.5% característico de la especie, en un estado de madurez avanzado (180 días), por su parte Cáceres *et al.* (2006), en la gramínea sometida a corte cada 21 días, etapa en la que los pastos se encuentran en pleno desarrollo y con la mayor cantidad de proteína refirió 14.9%; mientras que Figueredo e Iser (2005), reportaron valores del 5.5 a 7% de PC; estas variaciones se deben principalmente al estado de madurez; como era de esperarse, las especies leguminosas contienen alrededor de 20% de PC; Los valores encontrados en LL y Lg, concuerdan con lo documentado por Cáceres *et al.* (2006), García *et al.* (2008a), Jiménez *et al.* (2008), Machado y Núñez (1994), Pedraza *et al.* (2003), y Toral (2005), siendo inferiores a los valores de 24 a 28% obtenidos por Pinto *et al.* (2006).

Reyes (2006), Bobadilla *et al.* (2006), Palma (2006) y Torres *et al.*, 2008. En CL, la cantidad de PC fue similar a lo mencionado por Villanueva *et al.* (2004), hay que considerar que esta especie llega rápidamente a su madurez fisiológica e inicia la fructificación, motivo por el cual en el follaje disminuye la proporción de PC; ya que empieza la acumulación en el fruto, de acuerdo con la literatura la producción de PC puede llegar a modificarse, por el intervalo de corte que se le da al forraje, y/o por el uso de fertilizantes en el manejo al cultivo.

Bobadilla y Ramírez, (2006) y Bobadilla *et al.* (2006), al trabajar con LL, reportaron valores de FDN 38.2% y FDA 12.7%; menores a los obtenidos en este estudio; lo mismo ocurrió con Lg, al compararla con el trabajo de Pinto *et al.* (2003). Quienes además relacionan las cifras de PC en *Leucaena* podría estar influida por el contenido alto de taninos que presenta esta especie.

En general las especies forrajeras son pobres en grasa, por lo que la cantidad de EE encontrada en este estudio, es característica; sin embargo, sobre saie LL con 6.7%, esto es importante, porque además de los hidratos de carbono, esta fracción de la planta, proporciona energía a los animales.

Las fracciones de fibra como son FND y FAD, indican en gran medida además de la cantidad de PC la calidad de un forraje y que tan disponible es la energía para los animales rumiantes. Uno de los principales compuestos con esta disponibilidad para las bacterias ruminales es la hemicelulosa.

La mayor cantidad de paredes celulares (FND), estuvo presente en Bb, seguido de Ci y Lg, como se mencionó estos compuestos están altamente correlacionados con la madurez de la planta; por lo que es importante controlar el crecimiento de Bb mediante manejo (cortes), para que los animales tengan alimento disponible de alta calidad, lo cual en un sistema silvopastoral, se deben ajustar las prácticas y tiempos de siembra y corte.

**Cuadro 11.** Composición química en base seca de los componentes vegetales del sistema silvopastoril (100g).

Determinación	U	Lg	CL	Bb	ee
MS	32.5 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>	26.0 <sup>d</sup>	32.7 <sup>a</sup>	0.7
CEN	10.7 <sup>b</sup>	6.3 <sup>c</sup>	6.6 <sup>c</sup>	14.9 <sup>b</sup>	0.7
PC	21.7 <sup>a</sup>	19.6 <sup>b</sup>	19.6 <sup>b</sup>	8.5 <sup>c</sup>	0.9
EE	6.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>bc</sup>	4.0 <sup>bc</sup>	3.0 <sup>d</sup>	0.4
FDN	45.1 <sup>c</sup>	46.6 <sup>bc</sup>	50.7 <sup>b</sup>	57.2 <sup>a</sup>	0.9
FDA	16.9 <sup>b</sup>	19.6 <sup>b</sup>	27.2 <sup>a</sup>	25.6 <sup>a</sup>	0.9
HEM	26.1 <sup>bc</sup>	26.7 <sup>bc</sup>	23.4 <sup>c</sup>	31.4 <sup>a</sup>	0.7
MO	89.2 <sup>a</sup>	93.6 <sup>a</sup>	93.3 <sup>a</sup>	85.0 <sup>c</sup>	0.7

MS, Materia seca CEN, Ceniza, PC, Proteína cruda, FND, Fibra neutro detergente, FAD, Fibra ácido detergente, EE, extracto etéreo, HEM, Hemicelulosa, MO, Materia orgánica. U, *L. leucocephala*, Lg, *L. glauca*, CL, *C. ternatea*, Bb, *B. brizantha*. <sup>a,b,c</sup> Superíndices distintos indican diferencia estadística entre especies vegetales (P<0.05). ee, Error estándar.

La composición química estimada de los diferentes tratamientos del sistema silvopastoril se presentan en la Cuadro 12, para calcularla se consideró la relación *Leucaena*: *B. Brizantha*: *C. ternatea* que fue establecida inicialmente para cada uno de los tratamientos (LLB y LGB 70:30:0; LLCB y LGCB, 28:52:20; y BB 0:100:0). En los compuestos: ceniza, fibra ácido detergente y hemicelulosa no se encontraron diferencias estadísticas (P>0.05). Si se consideran las variables PB, FND y MO, los mejores resultados se observaron en los tratamientos 3 y 4, es decir, en aquellos en que se consideró la triple asociación, resultando BB el menos favorecido, lo cual confirma la hipótesis de que la triple asociación de especies, mejora la calidad nutricional del forraje ofrecido a los animales en pastoreo (Lascano, 1981), y estos tratamientos pueden satisfacer los requerimientos nutricionales de los ovinos.

El aporte de PC requerida por ovinas gestantes llega a ser del 17% durante las 3 últimas semanas de la gestación y las 3 primeras de la lactancia (Figueredo e Iser, 2005), valores que pueden ser cubiertos con suplementación mínima y una dieta a base de pastos asociados a leguminosas de diferentes hábitos de crecimiento, como los utilizados en este experimento. Los cuales aportan entre un 14 y 15% de proteína.

**Cuadro 12.** Caracterización químico proximal de cada tratamiento de acuerdo a la relación leguminosa: gramínea (100g).

Tratamientos	CEN	PC	FND	FAD	EE	HEM	MO
LLB	13.0 <sup>a</sup>	11.9 <sup>d</sup>	54.9 <sup>d</sup>	23.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	31.2 <sup>z</sup>	86.4 <sup>bc</sup>
LGB	11.3 <sup>a</sup>	11.5 <sup>d</sup>	43.1 <sup>c</sup>	24.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	30.6 <sup>y</sup>	88.6 <sup>bc</sup>
LLCB	12.5 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	52.9 <sup>d</sup>	23.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	29.2 <sup>x</sup>	87.7 <sup>bc</sup>
LGCB	11.1 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	53.2 <sup>d</sup>	23.7 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	29.5 <sup>x</sup>	89.6 <sup>b</sup>
BB	14.6 <sup>a</sup>	8.1 <sup>c</sup>	59.0 <sup>a</sup>	26.9 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	32.1 <sup>x</sup>	85.0 <sup>c</sup>
±	4.2	4.2	6.2	4.9	2.2	4.7	4.2

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*, LLCB, *L. leucocephala* + *Clitoria ternatea* + *B. brizantha*, LGCB, *L. glauca* + *C. ternatea* + *B. brizantha*, BB, *B. brizantha*. MS, Materia seca, CEN, Ceniza, PC, Proteína cruda, FND, Fibra neutro detergente, FAD, Fibra ácido detergente, EE, Extracto etéreo, HEM, Hemicelulosa, MO, Materia orgánica. <sup>a,b,c</sup> Superíndices distintos indican diferencia estadística significativa entre tratamientos  $P < 0.05$ . ± Desviación estándar.

La producción de cenizas, proteína bruta, fibra ácido y neutro detergente, extracto etéreo hemicelulosa y materia orgánica (ton/ha) se muestran en el Cuadro 13. LLCB y LGCB, presentaron los valores más elevados en cada una de las variables y entre épocas, como se previó la triple asociación elevó la cantidad y calidad de la biomasa, con un contenido de proteína bruta de 0.24 ton/ha durante el primer pastoreo en estos tratamientos y de 0.33 y 0.76 ton/ha para los tratamientos LBC y LGC respectivamente.

La tercera evaluación a los 18 meses de instaurado el sistema silvopastoril en la producción de ton/ha de cenizas, proteína y fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, entre otros, en el sistemas silvopastoril evidencia un incremento en la producción de todos los contenidos, como resultado de una mejor consolidación del sistema, se incrementa la producción de MS y se alcanzan valores superiores de 0.26 y 0.27 ton/ha de proteína bruta en LLB y LGB, respectivamente.

Los resultados de la producción de materia seca (MS) se aprecian en el Cuadro 13. En BB; fue el que produjo la menor cantidad a 6 meses de establecido el sistema, seguido de los tratamientos sin *C. ternatea* (LLB, LGB) y de aquellos en donde estuvieron las 3 especies (LLCB, LGCB) a los 9 meses, estos últimos junto con el pasto tuvieron un incremento alrededor de 200%. Finalmente en la tercera evaluación se igual tendencia, un incremento en los tratamientos (LLB y BB pero el

resto de tratamientos se extinguieron a consecuencia de las precipitaciones y encharcamientos prolongados ocurridos.

Por otra parte la producción de *B. brizantha*, fue similar a la lograda por Sanabria et al. (2006) y Olivera (2004), donde se reportan producciones de 2 a 4 t/ha, en monocultivo. El aumento en la producción de MS entre un primer pastoreo (6 meses) y el segundo (9 meses) se pudo deber a la consolidación del establecimiento y capacidad de rebrote propia de cada especie. Estos resultados son comparables a los presentados por Francisco et al. (1998) y Villanueva et al. (2004), en evaluaciones de producción de materia seca en *Leucaena* y *C. tematea*, respectivamente.

La desaparición de las especies leguminosas arbóreas y herbáceas en los tratamientos LGB, LLCB y LGCB, influyó en la producción de MS en la tercera evaluación, los tratamientos sobrevivientes presentaron nuevamente un incremento en la producción respecto a la primera y segunda evaluación. Sin embargo los resultados son confortadores por el incremento de MS, contrario a lo expuesto por Sánchez (2002), quien observó una disminución de las especies leguminosas, debido al pisoteo y la selección de los animales.

**Cuadro 13.** Producción de materia seca, cenizas, proteína, fibra, extracto etéreo, Hemicelulosa y materia orgánica (en ton/ha), de acuerdo con la relación gramínea: leguminosa en tres periodos.

Meses	Tratamientos	MS	CEN	PC	FND	FAD	EE	HEM	MO
6	LLB	0.91 <sup>ab</sup>	0.12 <sup>d</sup>	0.10 <sup>bc</sup>	0.50 <sup>c</sup>	0.21 <sup>d</sup>	0.03 <sup>bc</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.78 <sup>bc</sup>
	LGB	1.30 <sup>ab</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.56 <sup>bc</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>abc</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	1.16 <sup>ab</sup>
	LLCB	1.64 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	1.44 <sup>a</sup>
	LGC	1.69 <sup>a</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.49 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>
	BB	0.78 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.25 <sup>c</sup>	0.66 <sup>c</sup>
9	LLB	1.90 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>c</sup>	0.22 <sup>b</sup>	1.04 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.59 <sup>b</sup>	1.64 <sup>b</sup>
	LGB	2.90 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>bc</sup>	0.33 <sup>b</sup>	1.23 <sup>b</sup>	0.70 <sup>b</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	2.54 <sup>b</sup>
	LLCB	5.00 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	2.66 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	1.46 <sup>a</sup>	4.41 <sup>a</sup>
	LGC	4.70 <sup>ab</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	0.69 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	1.42 <sup>ab</sup>	4.26 <sup>a</sup>
18	BB	2.40 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>bc</sup>	0.19 <sup>b</sup>	1.43 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.77 <sup>bc</sup>	2.05 <sup>b</sup>
	LLB	2.44 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>	1.33 <sup>b</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.74 <sup>b</sup>	2.09 <sup>b</sup>
	BB	3.17 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>	1.81 <sup>b</sup>	0.81 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.99 <sup>b</sup>	2.69 <sup>b</sup>
	ee	0.33	0.02	0.03	0.12	0.05	0.01	0.07	0.21

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, LGB, *L. glauca* + *B. brizantha*, LLCB, *L. leucocephala* + *Citioria tematea* + *B. brizantha*, LGCB, *L. glauca* + *C. tematea* + *B. brizantha*, BB, *B. brizantha*, MS, Materia seca, CEN, Ceniza, PC, Proteína cruda, FND, Fibra neutro detergente.

FAD, Fibra ácido detergente, EE, extracto etéreo, HEM, Hemicelulosa, MO, Materia orgánica. <sup>a,b,c</sup> Superíndices distintos indican diferencia estadística entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). ee Error estándar.

### 4.3. Resultados de la evaluación del comportamiento productivo del ganado ovino en el sistema implementado.

La especie *Leucaena* a sido ampliamente evaluada, en diferentes sistemas de alimentación, López (2004b); León *et al.* (2003), quienes utilizaron *L. leucocephala*, asociada y en suplementación respectivamente, donde encontraron una respuesta positiva en los indicadores de crecimiento y producción.

Al evaluar el sistema de silvopastoreo (LLB) y ser comparado con el monocultivo (BB), se apreció que la ganancia media diaria de peso prácticamente se duplicó al emplear *L. leucocephala* (Cuadro 14), influido por la mayor cantidad de proteína disponible en LI, los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Arece *et al.* (2006), en ovinos machos y hembras pastoreando en asociaciones con leguminosas, con ganancias diarias de 108 y 94 g/día, respectivamente.

Los resultados obtenidos difieren de lo reportado por Palma y Huerta (1999), quienes suplementaron ovinos, con niveles de *Leucaena* al 0, 10 y 20% del consumo diario, sin evidencia del efecto de la arbórea en el comportamiento animal. Aunque sea reiterado que las leguminosas tienen un valor nutritivo superior que las gramíneas en la alimentación de rumiantes, una mayor fermentación ruminal, menor tiempo de retención y por consiguiente mayor consumo (Ramírez y Barry, 2005).

El pastoreo de ovinos en praderas de monocultivo es el sistema más utilizado en Nayarit y en el país, donde se han obtenido ganancias de peso bajas. Por consiguiente una opción podría ser la inclusión de especies arbóreas para el ramoneo directo de los árboles y arbustos, conjuntamente con el pastoreo del componente herbáceo sean pastos, leguminosas rastreras u otras plantas nativas, lo cual ha sido comprobado por Hernández *et al.* (1989). Mejoran significativamente los índices productivos.

**Cuadro 14.** Comportamiento productivo de ovinos bajo diferente sistema de pastoreo.

Indicador	Tratamientos	
	LLB	BB
Peso inicial, kg	18.3 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>
	± 6.00	5.68
Peso final, kg	19.5 <sup>a</sup>	19.7 <sup>a</sup>
	± 5.78	5.68
Consumo, kg MS/día	3.76 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>
	± 2.57	2.55
Consumo de <i>B. brizantha</i> kg/ha	531 <sup>a</sup>	769 <sup>a</sup>
	± 0.18	0.04
Consumo de <i>L. leucocephala</i> kg/ha	334	0.00
	± 0.28	0.00
Ganancia media diaria, kg/animal/día	0.10 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>
	± 0.05	0.02

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, BB, *B. brizantha*. <sup>xxx</sup> Superíndices distintos indican diferencia entre tratamientos (P<0.05), ± Desviación estándar.

Uno de los desafíos que tienen en la actualidad los sistemas de producción animal, son integrar el uso y la conservación de los recursos naturales, con la necesidad de producción de alimentos de la población; lo que puede lograrse con el rescate del conocimiento de los productores e investigadores sobre el uso y manejo de recursos naturales (Jiménez *et al.*, 2002), por lo que se hace necesaria la diversificación de la cobertura vegetal en las praderas y la conservación de zonas de bosques (Senra, 2008), siendo una opción para lograr este fin, la utilización de los sistemas silvopastoriles, como una alternativa económicamente atractiva y rentable para el productor (Febles *et al.*, 2006). Al realizar la composición botánica vigente al momento de las evaluaciones etológicas se aprecian porcentajes similares de *Brachiaria brizantha* y una presencia mayor de pastos nativos en el tratamiento de monocultivo (cuadro 15).

**Cuadro 15.** Proporción de la composición botánica de los sistemas.

Especies	Composición botánica %	
	LLB	BB
<i>Brachiaria brizantha</i>	63 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>
	± 1.0	1.0
Pastos naturales	20 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>
	± 1.0	1.0
Arvenses (malezas)	5.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>
	± 1.0	1.7
<i>Leucaena leucocephala</i>	12	0.0
	± 2.9	0.0

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, BB, *Brachiaria brizantha* <sup>xxx</sup> Superíndices distintos indican diferencia estadística entre tratamientos (P<0.05). ± Desviación estándar.

Dada la conformación de las praderas, es conveniente observar cual es el comportamiento etológico de los animales (cuadro 16), con el objeto de encontrar respuestas de manejo animal adecuado para optimizar la productividad.

En este sentido, se vio que el tiempo dedicado a pastar fue estadísticamente igual para los dos tratamientos, en el caso de LLB, prácticamente no se consumieron arvenses, así mismo, el tiempo dedicado al consumo de BB y grama fue menor que en el tratamiento testigo, ya que la presencia de *L. Leucocephala*, influyó directamente en este comportamiento. Los animales en general, cambian su consumo, favoreciendo la especie ó parte de la planta que sea más nutritiva en un momento dado (Armendáriz y Ribera, 2006), esto se pudo observar en el tratamiento testigo, en donde el consumo de la grama (*Cynodon dactylon*), fue igual al de BB, con un porcentaje de 31 y 37% respectivamente (Cuadro 16), además en este tratamiento se vio un 4% del tiempo dedicado al consumo de arvenses, mientras que en las otras parcelas experimentales, no llegó ni al 1%, esto debido a la mayor palatabilidad y cobertura de la *L. Leucocephala*, que favorece la digestibilidad y un mayor consumo de MS (Adejumo y Ademosun, 1991, Morales *et al.*, 2002). Resultados similares presentaron Hernández *et al.* (1969) al estudiar la conducta alimentaria en ovinos bajo pastoreo.

Se apreció un mayor consumo de MS en LLB (Cuadro 14), acorde al lo reportado por Adejumo y Ademosun (1991), quiénes evaluaron el comportamiento de ovinos y caprinos, alimentados con diferentes niveles de *Leucaena*. Este tratamiento en comparación con BB, aportó a los animales mayor cantidad de proteína cruda, menor proporción de fibra, y por ende, mayor digestibilidad del alimento, lo que se vio reflejado tanto en el comportamiento etológico de los animales, como en el productivo, lo que confirma que la inclusión de algún suplemento proteico (en este caso *L. leucocephala*) en pastos de baja calidad repercute en incrementos del consumo de materia seca y la ganancia de peso.

Caso similar ocurre en los periodos de fructificación de las arbóreas, cuando los ovinos prefieren el fruto de la vaina, dedicando menos tiempo al consumo de pasto. Esta diferenciación vista en la disponibilidad, calidad y consumo del forraje marca la pauta para establecer un manejo adecuado del sistema (Mahecha *et al.*, 1998).

El ramoneo, es una actividad realizada por el ganado ovino, y constituye uno de sus hábitos de alimentación al igual en el ganado caprino. *L. leucocephala* al ser una arbórea, presenta un tallo principal, y ramas secundarias de las cuales se desprenden los peciolo y hojas, a diferencia de los pastos, en donde estos poseen un tallo y hojas, por lo que no se observa esta capacidad de ramoneo de los animales. En esta investigación se estimó que el tiempo dedicado a esta actividad fue del 34% en LLB (Figura 5) con un acceso constante a la especie arbustiva, lo que indujo una alta ingestión de biomasa arbórea (330 kg/ha), confirmando que en las especies en el sistema silvopastoril empleado se tiene una alta gustocidad del alimento y no se apreció efecto negativo por los factores antinutricionales, elementos que no influyeron negativamente en el consumo voluntario, como lo confirmado por Torres *et al.* (2008). Es importante dar el manejo adecuado al sistema, ya que la preferencia por la *Leucaena*, de ser constante la conducta de consumo presentada por un mayor tiempo, podría provocar la extinción de la especie y la pérdida del sistema, en este sentido, siempre se debe de considerar la disponibilidad de biomasa.

Herrera *et al.*, (2007), comentaron que de generarse el sobre ramoneo de la arbustiva, se provocan daños en los meristemos apicales, debido a la pérdida del área foliar, lo que induce a una menor velocidad de recuperación, agotando las reservas de la planta y finalmente favoreciendo su extinción. Por lo tanto, es importante considerar el tiempo de reposo, factor que influye directamente en la recuperación de la planta.

**Cuadro 16.** Tiempo total dedicado a cada actividad en pastoreo

Actividades	LLB			BB		
	Tiempo absoluto, h	±	Tiempo relativo %	Tiempo absoluto, h	±	Tiempo relativo %
1	1.713 <sup>ab</sup>	0.245	34.26	0.000 <sup>cd</sup>	0.000	0.000
2	1.347 <sup>abc</sup>	0.227	27.22	1.865 <sup>ab</sup>	0.112	37.31
3	1.018 <sup>acd</sup>	0.173	20.56	1.564 <sup>ba</sup>	0.285	31.30
4	0.004 <sup>cd</sup>	0.008	0.090	0.208 <sup>bca</sup>	0.069	4.170
5	0.050 <sup>cd</sup>	0.048	0.830	0.166 <sup>cca</sup>	0.021	3.330
6	0.865 <sup>ad</sup>	0.381	17.04	1.185 <sup>aba</sup>	0.398	23.70
TTC	4.083 <sup>a</sup>	0.391	81.60	3.638 <sup>a</sup>	0.710	72.77

LLB, *Leucaena leucocephala* + *Brachiaria brizantha*, BB, *B. brizantha*. 1, consumo de arbórea, 2, consumo de *Brachiaria brizantha*, 3, consumo de grama, 4, consumo de maleza, 5, tomando agua, 6, sombra. TTC, tiempo total dedicado al consumo, h, horas, <sup>a,b,c</sup> Superíndices distintos indican diferencia significativa entre variables y <sup>A,B,C</sup> mayúsculas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). ± Desviación estándar.

La figura 5 muestra la conducta de los animales en pastoreo, como porcentaje del tiempo utilizado para cada una de las actividades registradas, dependiendo de la hora del día (mañana o tarde), los animales tuvieron conductas diferentes. Durante las primeras horas de la mañana en el tratamiento *L. leucocephala* + *B. brizantha* (LLB), los animales ocuparon mayor tiempo al consumo de la arbórea y menor el dedicado a consumir *B. brizantha*, a diferencia de las horas de la tarde, en donde la preferencia por la gramínea fue mayor. El horario de consumo de *L. Leucocephala* puede estar relacionado con el contenido de taninos en las hojas de los árboles, el cual es mayor por la tarde, debido probablemente su concentración por la disminución en la humedad de las hojas, lo que hace que sean menos palatables, lo que esta documentado por García *et al.*, (2008b), quienes mencionaron que las plantas desarrollan un mecanismo de defensa contra la incidencia de los rayos solares y la acción mecánica de los animales.

De igual forma el consumo de grama fue muy diverso durante el día, hasta alcanzar los valores más altos por la tarde; se apreció que los ovinos buscaron el refugio de la sombra durante las horas más calurosas (10 am a 3 pm), y después de saciar la apetencia, el consumo de malezas se realizó principalmente por la tarde y en poco tiempo; mientras que el consumo de agua, se realizó principalmente a medio día en las horas más acaloradas (12 a 3 pm).

De acuerdo con lo reportado por Rutter (2006) al estudiar la preferencia de gramíneas y leguminosas por los rumiantes, los bovinos y ovinos prefirieron en mayor grado las leguminosas, siendo mayor en la mañana aumentando el consumo de gramíneas por la tarde, lo cual coincide con los resultados aquí observados.

Respecto al tratamiento testigo, que consistió en monocultivo de *B. brizantha* (BB) se aprecia en la Figura 5 que el consumo del pasto, fue alto por la mañana, menor en las horas más cálidas, y aumentando nuevamente por las tardes. El consumo de la grama se mantuvo en valores intermedios durante las primeras horas del día, y aumentó pasado el medio día; mientras que el de las arvenses se mantuvo pobre durante las primeras horas, para incrementarse en la tarde.

El consumo de agua empezó a las 10 de la mañana, siendo mayor en el último periodo del día. Los animales buscaron el refugio de la sombra en todo el tiempo que se observaron, aumentando este comportamiento en las horas más calurosas, disminuyendo por las tardes.

En general se observó, que después de las dos primeras horas de pastoreo en ambos tratamientos, disminuyó el porcentaje de animales en las actividades propias del consumo; de este modo, aumentaron los porcentajes en las demás actividades.

Es importante mencionar que las actividades se cuantificaron de manera intercalada cada hora, como se aprecia en la Figura 5; no por eso, dejando de observar a los animales durante las 10 horas continuas. Es así que se pudo ver que los animales empezaron el proceso de rumia después de 3 horas de pastoreo, coincidiendo, lo cual coincidió con la menor cantidad de animales que se encontraban consumiendo alimento, ya que estas actividades son antagónicas. Así mismo, los animales buscaron la sombra fundamentalmente dos horas posteriores al inicio del pastoreo, con un mayor porcentaje entre las horas 11 y 12 del día en cada tratamiento.

De acuerdo con García *et al.* (2008b), quiénes infirieron que las diferencias encontradas en el consumo pudieran estar asociadas a la calidad nutritiva y a la presencia de compuestos secundarios en las plantas; por otra parte, la asociación de especies en un sistema silvopastoril (SSP), modifican los contenidos de proteína, fibra y energía, entre otros, lo cual se conoce como efecto asociativo (Rosales, 1998), mismo que se pudo observar en este trabajo.

Morales *et al.* (2002), revelaron que la diversidad de especies presentes en un SSP permite al ganado modificar su conducta de pastoreo, disminuyendo el tiempo empleado en esa actividad y alcanzar los mismos consumos en comparación al monocultivo; pero con forrajes de mejor calidad, sin afectar la producción. En este estudio lo que se observó es que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de tiempo de consumo, aunque en el SSP, ocuparon media hora menos y con mucho mejor calidad, lo cual se reflejó en la ganancia diaria de peso como se puede observar en el Cuadro 14; lo cual coincide con Armendáriz y Ribera, (2006), quiénes mencionaron que los animales cambian su consumo, favoreciendo aquella especie ó parte de esta que sea de mejor calidad, dándose incrementos del ramoneo en las especies arbóreas. Otro caso ocurre en los períodos de madurez de las arbóreas, que los animales prefieren las vainas dedicando menor tiempo a pastorear y consumir el zacate (Mahecha *et al.*, 1998).

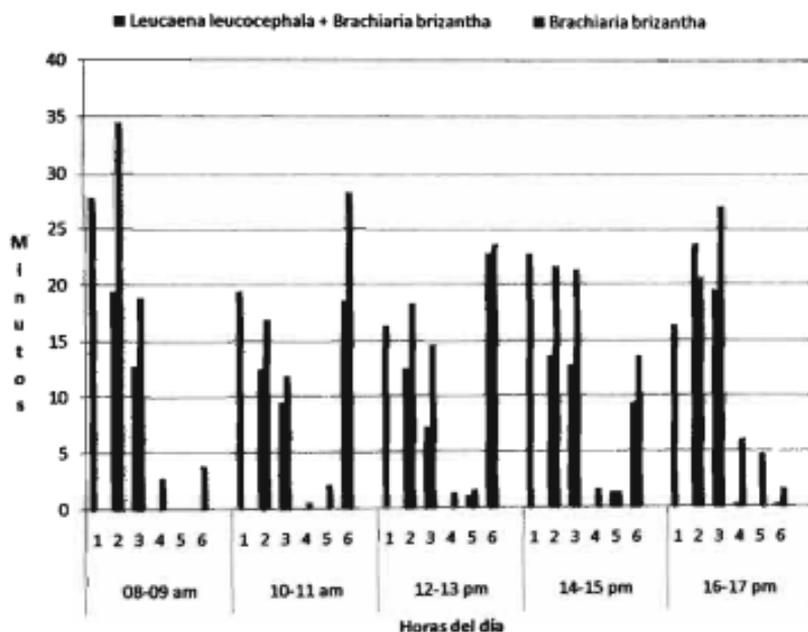


Figura 5. Porcentaje del tiempo dedicado a cada actividad durante el pastoreo. 1, consumo arbóreo. 2, consumo de *B. brizantha*. 3, consumo de grama. 4, consumo de maleza. 5, tomando agua. 6, sombra.

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, confirman que la triple asociación de leguminosas forrajeras arbóreas, herbáceas y gramíneas, son una opción para la implementación de sistemas de alimentación para ovinos, por su alta producción de biomasa.

La permanencia de las especies en el sistema implementado se vio afectada por las inundaciones, causadas por las precipitaciones pluviales, *Bracharia brizantha* logro la mayor supervivencia, seguida por *L. leucocephala* cuando se asoció con *B. brizantha*; *L. glauca* y *C. ternatea* no toleraron la sobresaturación del suelo.

Las especies forrajeras modifican rápidamente la densidad aparente, pH y a mediano plazo la cantidad de materia orgánica del suelo, la variación en la magnitud de esos cambios esta influido por la edad del sistema, especies utilizadas y el manejo del mismo.

Se apreció una alta preferencia por *L. leucocephala*, asociada al pasto *B. brizantha*, así como una mayor ganancia diaria de peso cuando se utilizó la leguminosa, comparada con el monocultivo de *B. brizantha*.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abundis, M. F. 2000. Valoración nutritiva del fruto de Guasima (*Guázuma ulmifolia*) producido en dos ambientes de Nayarit. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nayarit. Compostela. Nayarit. México.
- Adejumo, J. O. y Ademosun, A. A. 1991. Utilization of *Leucaena* as suplement for growing dwarf sheep and goats in the humid zone of West african. *Small-rumiant-Research*. 5 (2): 75.
- Aguirre, O. J. 2001. Consumo voluntario y valor nutricional de *Cynodon plectostachyus* fertilizado o abonado, con suplementación proteica a corderos Pelibuey. Tesis Doctoral en Ciencias Pecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Facultad de Agricultura. Xalisco. Nayarit, México.
- Amézquita, E. y Pinzón, A. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el pie de monte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*. 13 (2): 21-26.
- Angulo, A.; Montilla, Y.; Rivas, M.; Clavero, T.; Razz, R. y Castro, C. 1997. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas.  
[http://www.cipav.org.co/rectag/or/memorias99/P\\_DPogo.htm](http://www.cipav.org.co/rectag/or/memorias99/P_DPogo.htm)
- Anon. 1980. Muestreo de pastos. Taller IV Seminario Científico y Técnico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 35 p.
- Anon. 1989. Instructivo técnico para la siembra, manejo y producción animal de *Bracharia*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 15 p.

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. 1230 p.
  
- Arece, J. 2007. La epizootiología como herramienta para el control parasitario en ovinos. Pastos y forrajes. 30 (numero especial): 35-43.
  
- Arece, J.; Mazorra, C.; Borroto, A.; León, E.; Fonseca, N. y López, Y. 2006. Sistemas de alimentación para pequeños rumiantes. Recursos forrajeros. Herbáceos y arbóreos. (Ed) Universitaria. Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala. 406-432 p.
  
- Armendáriz, Y. I. R. y Rivera, L. J. A. 2006. Content of secondary metabolites of some indigenous browse legumes from Yucatan Peninsula, with particular reference to phenolic compounds. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. En: Sandoval, C. C. A.; Hovell, F. D.; Torres, A. J. F. y Ayala, B. A. (Edited) Nottingham University Press. 279-289. P.
  
- AstroMia. 2005. Astronomía Educativa. Tierra, Sistema Solar y Universo. <http://www.astromia.com/fotosolar/index.htm>
  
- Baños, R.; Echeverría, J.; Arzola, J.; Ramírez, J. y Vieito, E. 2008. Comportamiento de la fertilidad del suelo en tres ecosistemas ganaderos. En Mem: II Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de pastos y forrajes. Instituto de ciencia animal. Habana, Cuba.
  
- Begon, M. 1999. Ecología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. p. 1019-1021.
  
- Benavides, J. E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen I. CATIE, Costa Rica. 721 p.

- Bobadilla, H. A. R. y Ramirez, A. L. 2006. Contenidos nutrimentales de ocho arbóreas forrajeras nativas de la República Mexicana. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 118-121.
- Bobadilla, H. A. R; Sandoval, C. C. y Ramirez, A. L. 2006. Rendimiento de leche de vacas en pastoreo complementadas con follaje de arbóreas del trópico subhúmedo. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 170-173.
- Bojórquez, J. y Hernández, A. 2004. Informe de reclasificación de suelos de Nayarit por el World Reference Base (WRB). Archivos CEMIC, Universidad Autónoma de Nayarit.
- Bojórquez, I.; Hernández, A.; García, D.; Nájera, O.; Flores, F.; Madueño, A. y Bugarín, R. 2008. Características de los suelos de las barras paralelas, playas y dunas de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México. Cultivos Tropicales, INCA, La Habana. 29 (1): 37-42.
- Bolívar, D. M. 1998. Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Bracharia humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis de Maestría en Ciencias. CATIE, Turrialba, C.R.
- Borges, C. 1990. Colección de germoplasma de especies de *Bracharia* CIAT. Estudios básicos aprobando el mejoramiento genético. Campo Grande, EMBRAPA-CNPQC. 33 p.
- Botero, B. J. A. 2000. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina II Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000-Marzo de 2001). FAO organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.  
[www.fao.org](http://www.fao.org)

- Botero, R. 1992. Estrategias para la alimentación de rumiantes con forrajes tropicales en sistemas de producción sostenible. En: Mem. Foro sobre Estrategias para la Producción Animal en el Proceso de Integración Colombo-Venezolana. Asociación Venezolana de Producción Animal (AVPA), Universidad Nacional Experimental del Táchira y Universidad Francisco de Paula Santander. San Cristóbal, Venezuela. [www.avpa.org](http://www.avpa.org)
  
- Botero, R. y Botero, L. M. 1996. Manejo de praderas y cobertura arbórea con ganado doble propósito en la costa Caribe. En: Mem. II Seminario Internacional. Silvopastoreo: Alternativa para una ganadería moderna y competitiva. Valledupar, Neiva y Villavicencio. p. 125-140.
  
- Botero, R. y Russo, R. O. 1998. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. En: Mem. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [www.fao.org](http://www.fao.org)
  
- Bugarín, J. 2005. Ecología y usos de las especies arbóreas utilizadas en la alimentación del ganado en los municipios de Santiago Ixcuintla y San Blas, Nayarit. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. Xalisco, Nayarit. México. p. 78-101
  
- Bugarín, J. y Ferguson, B. 2004. Dispersión secundaria de semillas por escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) desde estiércol vacuno y su contribución a la regeneración forestal. En: Mem. VIII Verano de la Investigación Científica del Pacífico. Universidad Autónoma de Nayarit. México. p. 65.
  
- Bravo, C. J. R. 2005. Adaptación de leguminosas forrajeras de bajo porte en el valle de Metatipac. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. p. 12- 25.

- Cabrera, G. y Crespo, G. 2001. El papel de la fauna edáfica en el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas de pastizales. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 35: 1-8.
- Cáceres, O.; Ojeda, F., González, E.; Arece, J.; Simón, L.; Lamela, L.; Milera, M.; Iglesias, J.; Esperance, M.; Montejó, I. y Soca, M. 2006. Valor nutritivo de los principales recursos forrajeros en el trópico. En: Milera, R. M. (Ed). Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 231-265.
- Cairo, p.; Vargas, S.; Díaz, B.; Nodal, E.; Torres, P.; Jiménez, R.; Dávila, A.; Rodríguez, O. y Rodríguez, A. 2008. Influencia del manejo de los suelos pardos sialíticos sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas bajo condiciones de producción Ganadera y Agrícola. En Mem: II Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de pastos y forrajes. Instituto de ciencia animal. Habana, Cuba.
- Camacho, M. P. 1981. Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. Publicación del Instituto Tecnológico de Costa Rica y Ministerio de Agricultura y Ganadería. Cartago, Costa Rica. 287 p.
- Cast. 2002. Environmental impacts of livestock on U.S. grazing lands. 22: 1-16
- Catasús, L. 1997. Manual de Agrostología. Editorial Academia. 98 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT). 1986. Calidad y productividad de pasturas. Informe anual. Pastos tropicales. Documento de trabajo No. 24. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 252
- Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. (CIPAV). 1999. Agroforestería para la producción animal sostenible. Memorias del I Congreso Latinoamericano sobre agroforestería para la producción agrícola

sostenible y VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Cali, Colombia.

- Comisión Nacional Forestal. (CONAFOR). 2004. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. México. DF. 210 p.
- Crespo, G. 2002. Avances en el conocimiento del reciclaje de nutrientes en los sistemas silvopastoriles. Conferencia Curso Internacional Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba.
- Crespo, G.; Castillo, E. y Rodríguez, I. 1998. Memorias III Taller internacional silvopastoril "los árboles y arbustos en la ganadería". Matanzas. Cuba. p. 234
- Crespo, G.; Rodríguez, I.; Ortiz, J.; Torres, V. y Cabrera, G. 2005a. Contribución al conocimiento del reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-pasto-animal en Cuba. p 9-13. In: Crespo, L. G. y Rodríguez, I. (editores). El reciclado de los nutrientes en el sistema suelo-planta-animal. Una contribución al conocimiento científico en Cuba. Instituto de ciencia Animal. San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
- Crespo, G.; Rodríguez, I.; Ortiz, V. y Cabrera, G. 2005b. El reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-planta-animal, una contribución al conocimiento científico en Cuba. Editorial. EDICA. Instituto de ciencia animal. Cuba. 86 pp.
- Cuevas, B. J. E. 2002. Cambios físicos y mecánicos en tres suelos bajo tránsito con distintas humedades. R.C. Suelo Nutr. Veg. 2 (2): 25-36.
- Dávila, S. P; Sanginés, G. L; Acevedo, J. A. y Pérez-Gil, R. F. 2003. Comportamiento productivo y etológico de ovinos en pastoreo de arvenses de cafetal, comparado con gramíneas con y sin suplementación y su efecto en la cinética ruminal. En: Memorias del XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición. P. 207.

- Dec, D; Dómer, J; Becker, F. O. y Horn, R. 2008. Efecto de la densidad aparente sobre las propiedades hidráulicas de los suelos homogenizados y estructurados. R. C. Suelo Nutr. Veg. 8 (1): 1-13.
- Devendra, C. e Ibrahim, M. 2004. Sistemas agrosilvopastoriles como una estrategia de diversificación y productividad de ganado en los trópicos. Segundo simposio internacional en sistemas silvopastoriles. Mérida, México.
- Di, H.; Cameron, K.; Milne, J.; Drewry, J.; Smith, N.; Hendry, T.; Moore, S. y Reijnen, B. 2001. A mechanical hoof for simulating animal treading under controlled conditions. En: New Zealand Journal of Agricultural Research 44 (1): 111-116. <http://www.rsnz.org/publish/nzjar/2001/10.pdf>
- Durantes, M. C. A.; Torres, R. J. A.; Martínez, H. P. A.; Castro, F. R. y Cruz, C. J. G. 2006. Empleo de cloruro de litio y jarabe de ipecacuana para inducir aversión en ovinos al consumo de plantas de café. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. 10 al 12 de Julio de 2006. México, D.F. p 284-287.
- Drewry, J. y Paton, R. 2000. Effects of cattle treading and natural amelioration on soil physical properties and pasture under dairy farming in Southland, New Zealand. En: New Zealand Journal of Agricultural Research 43 (3): 377-386. <http://www.rsnz.org/publish/nzjar/2000/37.pdf>
- Espinoza, F.; Tejos, R.; Chacón, E.; Arriegas, L. y Argenti, P. 1999. Producción, valor nutritivo y consumo por ovinos de *Leucaena leucocephala*. III. Utilización y consumo. Zootecnia Trop, 17 (2): 213-227.
- Etienne, M. 1996. Western European Silvopastoral Systems. INRA, Paris. 276 p. [www.silvopastoralsystems](http://www.silvopastoralsystems)

- Fassbender, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2da edición. CAITE. Turrialba. Costa Rica. 490 p.

- Febles, G.; Ruiz, T. E.; Alonso, J. y Chongo, B. 2000. Metodología de evaluación de germoplasma autóctono y foráneo para su empleo en sistemas silvopastoriles en Cuba. Simposio Internacional sobre sistemas agroforestales pecuarios en América del Sur. EMBRAPA-FAO. Juiz de Fora, MG, Brasil. p. 43.

Febles, G. y Ruiz, T. E. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. Avances en investigación agropecuaria. 12 (1): 5-27

- Febles, G.; Ruiz, T. E., Calzadilla, E.; Clavel, N.; Alonso, L.; Díaz, J. y Toral, O. 2006. Evaluación de especies arbóreas. IV congreso latinoamericano para la producción pecuaria sostenible. Indio Hatuey, Cuba. p 6.

- Ferrufino, A. y Vallejos, A. 1986. Evaluación de ecotipos de *Brachiaria* en el Chapare, Bolivia. Pasturas Tropicales. 8 (3): 23-25.

- Figueredo, B. L. e Iser, T. M. 2005. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. Revista Electrónica de Veterinaria. 6 (9): 1-19.

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090905.html>

- Flores, F. I.; Vázquez, R.; Aguirre, V. y Orihuela, A. 2005. El comportamiento animal como escudo para evitar la enfermedad y remedio hacia la salud (algunas bases fisiológicas). Avances en investigación agropecuaria, 9 (3): 3-9.

- Francisco, G.; Simón, L. y Soca, M. 1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* Cv. CNIA-250. Pastos y Forrajes. 21 (4): 337-344.

- Food and Agriculture Organization. (FAO). 2006. Evaluación del almacenamiento de carbono en el suelo y los principales cambios. [www.fao.org/docrep/005/Y779s06.htm](http://www.fao.org/docrep/005/Y779s06.htm).

- García, D. E.; Medina, M. G.; Cova, L. J.; Soca, M.; Pizzani, P.; Baldizán, A. y Domínguez, C. E. 2008a. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado de Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26 (3): 191-196.
- García, D. E.; Wencomo, H.; González, M.; Medina, M.; Cova, L. y Spengler, I. 2008b. Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje. *Zootecnia. Trop.*, 26 (1): 9-18.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset, Laros, S.A. Cuarta edición, México, D. F. 217 p
- Gavilanes, C. E. 1992. Métodos de siembra de especies forrajeras. Pastos y forrajes para Colombia. Suplemento ganadero. 3ª Ed. Bogotá, Colombia. p. 13
- Gómez, M. E; Rodríguez, L; Murgueitio, E; Ríos, C. I; Molina C. H; Molina, C. H; Molina, E. Y Molina, J. P. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Cali, Colombia. 129 p.
- González, P. J.; Ramírez, J.; Vieito, L. E. y Clavel, N. 2001. Manejo integrado de la fertilidad del suelo en agroecosistemas ganaderos de la provincia de Villa Clara. Resultados preliminares. I Foro Latinoamericano de pastos y forrajes. Instituto de ciencia animal. En Mem: (CD-ROM). La Habana, Cuba.
- Guiot, J. D. 2001. Manual de actualización técnica. En Mem: (CD-ROM). Semillas Papalotla, México. 64 p.
- Hernández, A.; Ascanio, M. y Castillo, H. 2004. Preparación de un sector de referencia para el manejo pecuario en la Posta Zootécnica (Torreón del Molino) de la

Facultad de Veterinaria. Veracruz, Veracruz. En: Documentos del Centro Virtual de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Veracruzana.

- Hernández, A.; López, D. y Morell, F. 2005. Preparación de un sector de referencia para el manejo agropecuario en Cambisoles y Vertisoles de la región de Campo Florido, La Habana. Cuba. Cultivos Tropicales. 26 (1): 23-33.

- Hernández, C. A.; Alfonso, A. y Duquesne, P. 1989. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. Pastos y Forrajes. 10 (3): 246-255.

- Hernández, C. M.; Sánchez, C. S. y Simón, G. L. 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. Zootecnia Trop., 26 (3): 319-321.

- Hernández, I.; Milera, L. M.; Simón, D.; Hernández, J.; Iglesias, L.; Lamela, O. T.; Matías, C. y Geraldine, F. 1998. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. p. 26-38.

[www.fao.org/ag/Aqa/agap/FRG/AGROFOR1/Agrofor1.htm](http://www.fao.org/ag/Aqa/agap/FRG/AGROFOR1/Agrofor1.htm)

- Herrera, J; Hernández, A. y Noda, A. C. 2007. Estudio de la conducta alimentaria de cabras lecheras en un sistema silvopastoril. Producción de Rumiantes.124: 1-5.

- Hoste, H.; Jackson, F.; Athanasiadou, S.; Thamsborg, S. M. y Hoskin, S. O. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. Trends Parasitol. 22: 253-261.

- Huitrón, M. G. 1984. Alimentación de cabritos. En memoria. II Curso Nacional de Actualización en Nutrición de rumiantes. Asoc. Pres. Acad. INIP. p. 100-110

- Ibarra, F. F. A. y Martín, R. M. H. 1987. El agostadero. Rev. RANCHO No. 32  
<http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/ranchos/RA0032.html>

- Ibrahim, M. y Schlonvoigt, A. 1999. Silvopastoral systems for degraded lands in the humid tropics. Environmental friendly optimizing oil alternatives for optimizing productivity of livestock farms: CATIE's experience. Actas de la IV Semana Científica, CATIE. p. 277-282
- International legume database and information service (ILDIS). 2005. [www.ildis.org/leguminosae](http://www.ildis.org/leguminosae)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. (INEGI). 1998. Recursos agrícolas trópico y subtropical mexicano. 174 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. (INEGI). 2000. Cuaderno estadístico Municipal. Rosamorada, Nayarit. México.
- Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de los suelos. 1ª Ed. Edit. Omega. Barcelona. España. p. 71-282.
- Jiménez, F. G.; Kú Vera, J. C. y Ramírez, A. L. 2002. Árboles y arbustos forrajeros de la región Maya-Tzotzil del norte de Chiapas, México. Tropical & Subtropical Agroecosystems. 1: 41-46.
- Jiménez, F. G.; López, C. M.; Nahed, T. J.; Ochoa, G. S. y Jong, B. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. Vet. Mex., 39 (2): 199-213.
- Jones, C.; McConnel, C. K.; Coleman, P. C. y Powlson, D. 2005. Global Change Biology. Global and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of organic carbon in soil. Department of Meteorology. UK. 11 (1): 154-166.

- Keeney, D. 1985. Mineralization of nitrogen from legume residues. En R. T. Barnes, P. R. Ball; R. W. Brougham, G. C. Marten y D. J. Minson (eds.). Forage legumes for energy efficient animal production. Springfield, U.S.A. USDA/ARS. p. 177-182.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. Agroforestería básica. Serie textos básicos para la formación ambiental. No. 3. 1ª. Ed. Edit. PNUMA. México. D.F. 337 p.
- Lal, R. 1996. Deforestation and land - use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological Properties. Land Degradation & Development. 7: 19-45.
- Lal, R. 2004. Terrestrial Carbon Sequestration in Tropical Forest Ecosystems. In: Mem 1st World Congress of Agroforestry. Orlando, Florida, USA: 13 p.
- Lamela, L. 1998. Técnicas de muestreo. Conferencia del curso del posgrado manejo de los pastos y forrajes para la producción animal. Maestría en pastos y forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba: 12 p.
- Lara, P.; Mena, A.; Sanginés, J. y Quintal, F. 2008. Inicio de la actividad ovárica y ganancia de peso en ovejas suplementadas con morera (*Morus alba*) o tulipán (*Hibiscus rosa - sinensis*). En: Espinoza, F.; Argenti, P.; Obispo, N. y Gil, J. (Eds). Memorias V congreso latinoamericano de agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Maracay. Aragua, Venezuela, p. 93
- Lascano, C. 1981. Managing the grazing resource for animal production in savannas of Tropical América. Tropical Grasslands. 25: 66 - 72.
- Leyva, C. S.; Ortiz, A. y Valdiviá, M. 2007. Producción sostenible de carne de ovinos a partir de la harina del fruto y la hoja del árbol del pan (*Artocarpus altalis*). Pastos y forrajes, 30(3): 373-380.

- Libreros, H. I.; Benavides, J. L.; Kass, D. y Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigiana*) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides*). Movilización de minerales. En: Edit. Benavides J. L. Árboles y arbustos, forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. 236 (2): 475-494.
- León, A. E.; Olmos, M. C.; Rodríguez, A.; Fonseca, J. Y. y Labrada, A. 2003. Variación del crecimiento e indicadores hematoquímicos en reproductoras pelibuey cubanas suplementadas con *Leucaena* durante la campaña de cubriciones. Pastos y forrajes. 26: 61
- López, F. L. F. 2004a. "Evaluación De Especies Arbóreas Asociadas Para Silvopastoreo Con Pasto Insurgente (*Brachiaria Brizantha*) En el valle de Matatipac, Nayarit". Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Facultad de Agricultura. Xalisco, Nayarit. México.
- López, Y. 2004b. Suplementación con *Leucaena leucocephala* más miel-urea al 2% sobre la producción lechera de la oveja pelibey Cubana. Tesis de Maestría en Ciencias. Pastos y forrajes. Indio hatuey. Matanzas Cuba. 67 p.
- Machado, R. y Núñez, C. A. 1994. Caracterización de variedades de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje. 1. Establecimiento. Pastos y Forrajes. 17 (1): 13-19.
- Machado, R.; Seguí, E.; Olivera, Y.; Toral, O. y Wencomo, H. 2006. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción. En Milera, R. M. (Ed). Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. p. 9-35
- Mahecha, L.; Rosales, M.; Molina, C. H. y Molina, E. J. 1998. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis*

*jufliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. CIPAV. En: Mem. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Cali, Colombia. [www.cipav.org](http://www.cipav.org)

- Martel, Y. y Mackenzie, A. 1980. Long term effects of cultivation and land use on soil quality in Quebec. *Can. J. Soil Sci.* 60: 411-420.

- Martínez, J.; Milera, Milagros.; Remy, V.; Yepes, I. y Hernández, J. 1990. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes.* 13 (1): 101-110.

- Medina, M. G.; García, D. E.; Clavero, T. y Iglesias, J. M. 2007. Estudio comparativo de *moringa olerifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zoot. Trop.*, 25 (2): 83-93.

- Medina, M. J; Volke, H. V. H; González, R. J; Galvis, S. A; Santiago, C. M. J. y I Cortés, F. J. 2006. Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche. *Universidad y Ciencia.* 22 (2):175-189.

- Miliani, T.; Espinoza, F.; Gil, J. L.; Baldizan, A. y Díaz, Y. 2008. Composición botánica de un bosque seco tropical al noreste del estado Guárico, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26 (3): 211-214.

- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H.; Brunet, J. y Duquesne P. 2008. Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. *Zootecnia Trop.*, 26 (3). 187-189.

- Monforte, B. G. E.; Sandoval, C. C. A.; Ramírez, A. L. y Capetillo, L. C. M. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to in vitro gas production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 124: 313-327.

- Montagnini, F. y Nair, P. K. R. 2004. Carbon Sequestration: An Underexploited Environmental Benefit of Agroforestry Systems. En: 1st World Congress of Agroforestry. Orlando, Florida, USA. 14 p.
- Montagnini, F.; Pevetti, L.; Thrupp, L. A.; Beer, J.; Borel, R.; Budowski, G.; Espinoza, L.; Heuvelink, J.; Reiche, C.; Russo, R.; Salazar, R.; Alfaro, M.; Rojas, I.; Berstch, F.; Fernandes, E.; Gonzalez, M.; Alvim, R.; Shaheduzzaman, M. D. y Nichols, D. 1992. Sistema Agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. 2ª ed. OET. San José, Costa Rica. 662 p.
- Morales, T. A.; Ramírez, A. L. y Kú Vera, J. 2002. Animal performance, ingestive behavior and diet quality in a milk production silvopastoral system based on natural succession vegetation. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1: 37
- Morell, P. F. y Hernández, J. A. 2006. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. En: Mem. XV congreso científico del instituto de ciencia agrícola. La Habana. Cuba.
- Mosquera, R. M., Riguero, A.; Rois, M.; Schuck, A. y Van Brusselen, J. 2006. Assessing biodiversity on silvopastoral systems across Europe. *Grasslands Science in Europe*. 10: 44
- Muñoz, E. y Compte, X. 2008. Apuntes para el balance sistémico en la recuperación de la habilidad productiva de la tierra en agroecosistemas ganaderos. En: Mem. II Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de pastos y forrajes. Instituto de ciencia animal. Habana, Cuba.
- Murgueitio, E. R.; Rosales, M. M. y Gómez, M. E. 1999. Agroforestería para la producción animal sostenible. 1ª. Ed. Edit. CIPAV. Cali. Colombia.

Murty, D.; Kirschbaum, M. U. F.; Mcmurtrie, R. E. y McGillvray, H. 2002. ¿Conversión de bosque a tierra agrícola cambio del suelo carbono y nitrógeno? Una revisión de la literatura. *Global Change Biology*. 8 (2): 105-123.

<http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1046/j.1354-1013.2001.00459.x/full/>

- Nair, P. K. R. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic.

- Neeti, N.; Jain, C. C.; Ohal, S. K.; Shroff, R. H.; Bhutada, R. S.; Somani, V. S. and Kasture, S. B. 2003. *Clitoria ternatea* and the CNS. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 75 (39): 529-536.

- Nolazco, G. E. y Sanchez, V. 1991. Sistemas silvopastoriles en América Latina.

<http://www.cipav.org.co/redogrofor/memorias99/cajas2.htm>

- Norma Oficial Mexicana. (NOM-021-RECNAT). 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. En: Diario Oficial de la Federación el 23 de abril del 2003. Segunda sección. 85 p.

- Obrador, O. P. V. 2006. Crecimiento de corderos en pastoreo suplementados con forraje de morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*) de diferente edad de rebrote. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. 10 al 12 de Julio de 2006. México, D.F. p, 174.

- Ocampo, A. y Lean, J. 1999. Palm oil: an efficient and sustainable energy source in pig production: A Review. *Pig news and information*. 20: 88-95.

- Oldeman, I. R.; Van Egelen, V. W. and Pulle, J.R. 2000. The extent of human induced soil degradation. ISRIC, Wageningen. The Netherlands.

- Olivera, C. Y. 2004. Evaluación y selección inicial de accesiones de *Brachiaria spp* para suelos ácidos. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Matanzas, Cuba. 63 p.
- Olivera, Y. y Machado, R. 2004. Selección de accesiones de *Brachiaria spp* en suelos de mal drenaje y mediana fertilidad. *Pastos y Forrajes*. 27 (1): 13-20.
- Oquendo, G. 2001: Fomento y explotación de pastos y forrajes. Sociedad cubana de pastos SOCUP, ACPA Holguín. 118 p.
- Ortiz, F. J; Rivera, L. J. A; Lara, L. P. y Escobedo, J. G. 2006. *Leucaena leucocephala* como cultivo en callejones en la zona centro-norte de Yucatán. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 229-232.
- Ospina, A. A. 2008. Aproximación a la definición del concepto de agroforestería y al concepto de agroforestería ecológica. Cali. Colombia.  
[WWW.agroforesteriaecologica.com](http://WWW.agroforesteriaecologica.com)
- Palma, J. M. 2005. Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en investigación agropecuaria*. 9 (1): 3-16.
- Palma, J. M. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3): 95-104.
- Palma, J. M. y Flores, R. 1997. Aproximación al estudio de la vegetación arbórea del estado de Colima, México. *X Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria Trópico '97*. Barra de Navidad, Jalisco, México. p. 88-90
- Palma, J. M. y Huerta, A. 1999. Engorda de ovinos en confinamiento con diferentes niveles de inclusión de heno de *Leucaena leucocephala*. *VI Seminario Internacional*

sobre sistemas agropecuarios sostenibles. 28 al 30 de octubre de 1999. Cali, Colombia. [www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/P-Palma.htm](http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/P-Palma.htm)

- Pardini, A. 2005. Gestione dei pascoli e dei territorio pascolivi. Aracne (edit). Roma, 216 p.
- Paretas, J. y López, M. 2006. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. En Milera, R. M. (Ed). Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala p. 37-62
- Peralta, A. M. 1990. Pasto insurgente *Bracharia brizantha* (Hochst. Ex. A. Rich) Staff. Para incrementar la producción de carne y leche en el trópico de México. INIFAP – OAX. Folleto Técnico. 1: 23.
- Pedraza, R. M.; La O, J.; Estévez, G. y Martínez. S. 2003. Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. Pastos y Forrajes. 26 (3): 237-241.
- Pérez, G.; Nuño, C. y Padilla, A. 1980. Marco de referencia regional. Publicación Especial No. 1. Campo experimental Santiago Ixcuintla -CIAPAN-Inst. Nac. de Invest. Forest. Agric. y Pec. (INIFAP). p. 15-16
- Peti, M. 1972. Emploi du temps des troupeaux de vaches mères et de leurs veaux sur les pasturages d'altitude de L'aubrac. Ann Zootec. 21: 5.
- Pinto, R.; Gómez, H.; Hernández, A.; Medina, F.; Martínez, B.; Aguilar, V.H.; Villalobos, I.; Nahed, J. y Carmona, J. 2003. Preferencia ovina de árboles forrajeros del Centro de Chiapas, México. Pastos y Forrajes. 26 (4): 329-334.
- Pinto, R. R.; Gómez, H.; Hernández, A.; Medina, F.; Martínez, B.; López, Y.; Aguilar, R.; Pezo, D.; Hernández, D.; Nahed, J.; Carmona, J.; Pérez, G. y Carmona, I. 2006. Usos y

características nutricionales de árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 122-128.

- Preston, T. R. y Murgueitio, E. 1992. Strategy for sustainable livestock production in the tropics. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia. 89 p.

- Provenza, F. D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. J. Anim. Sci. 74: 2010-2020.

- Ramírez, R. C. A. y Barry, T. N. 2005. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. Animal Feed Science and Technology. 120:179.

- Rao, I. M.; Ayarza, M. A.; Thomas, R. J.; Fisher, M. J.; Sanz, J. L.; Spain, J. M. y Lascano, C. E. 1992. Soil-plant factors and processes affecting productivity in ley farming. En Pastures for the tropical lowlands: CIATs contribution. Cali, Colombia. CIAT. p. 145-176

- Razz, R. y Clavero. T. 2006. Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. Rev. Fac. Agron. Luz. 23: 326-331.

- Rengifo, Z.; Espinoza, F.; Romero, E. y Díaz. Y. 2008. Comparación botánica de dos bosques deciduos en el municipio San José de Guaribe, estado de Guárico, Venezuela. Zootecnia Trop., 26 (3): 207-210

- Reyes, M. F. 2006. Producción de biomasa y valoración nutritiva del follaje de arbóreas en la región de la Sierra, Tabasco. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 129-132

- Ríos, N.; Andrade, H. e Ibrahim, M. 2008. Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. *Zootecnia Trop.*, 26 (3): 183-186.
- Roche, R.; Menéndez, J. y Hernández, J. E. 1990. Características morfológicas indispensables para la clasificación de especies del género *Bracharia*. *Pastos y Forrajes*. 13 (3): 205-222.
- Román, L. y Palma, J. M. 2007. Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 11 (3): 3-24.
- Ruiz, R. J. M. 2006. Algunas plantas y aspectos generales de sistemas silvopastoriles en Tabasco y su impacto en la sustentabilidad. In: III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 75-81
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 1999. Sistemas silvopastoriles, conceptos y tecnologías desarrolladas en el instituto de ciencia animal de Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 1-5
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2003a. Establecimiento de especies de árboles y arbustos tropicales. Siembra, manejo y puesta en explotación. Curso financiado por el FIRA en Tantakin, Yucatán, México. 36 p.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2003b. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. (CD-Rom).
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12 (1): 5-27.

- Rutz, T. E.; Febles, G.; Rodríguez, O.; Zarragoitia, L.; Bernal, G. y Díaz, L. E. 1998. Comportamiento de *Leucaena leucocephala* sembrada conjuntamente con diferentes números de surcos de *Cynodon dactylon* var. 68. Rev. Cubana Cienc. Agric. 30: 105-110.
- Rutter, S. M. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: current theory and future application. Appl. Anim. Behav. Sci. 97: 17-35.
- Russo, R. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. Agroforestry Systems. 10: 241-252.
- Sa, M. E.; Costa, D. S. A.; Lemos, M. M. y Ferreira, F. M. P. 2001. Carbono orgánico extraído por soluciones salinas y su relación con otras formas de carbono de suelos tropicales. Agrociencia 35: 397-406.
- Sadeghian, S.; Rivera, J. M. y Gómez, M. E. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. En. Mem. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Salazar, R.; Solhet, C. y Méndez, J. M. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Proyecto de semillas forestales: Danida Forest Seed Centre. Serie técnica. Manual técnico. No. 41/ CATIE; 1ª ed. Edit. Turialba, Costa Rica. 204 p.
- Sanabria, D.; Silva, A. R.; Marcano, M.; Barrios, R.; Rivas, E. y Rodríguez, I. 2006. Evaluación de tres sistemas de labranza en la recuperación de una pastura degradada de *Brachiaria humidicola*. Zootecnia Trop., 24 (4): 417-433.
- Sánchez, C. S.; Crespo, L. G.; Hernández, C. M. y García, O. Y. 2008. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* en un

sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Trop.*, 26 (3): 269-273.

- Sánchez, D. M. 1998. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Mem. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. [www.fao.org](http://www.fao.org)

- Sánchez, F. L. E. y Chacón, L. C. 2000. Control de malezas en café usando ovinos. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 17: 424-433.

- Sánchez, S. O. 1984. La flora del valle de México. 6ª edición. Ed Herrero, S. A. México, D. F. 519 p.

- Sánchez, S.; Hernández, M. y Simón, L. 2003a. Efecto del sistema silvopastoril en la fertilidad edáfica en unidades lecheras de la empresa Nazareno. *Pastos y Forrajes*. 26 (2): 131-138.

- Sánchez, T. 2002. Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras Mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales. Tesis Maestría. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. 93 p.

- Sánchez, T.; Lamela, L. y López, O. 2003b. Efecto de una asociación de *Leucaena* con gramíneas mejoradas en la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 26 (2): 13-24.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2004. Diagnóstico de la ganadería en Nayarit. Subdelegación de Ganadería. Estudio informativo. 35 p.

- Senra, P. A. F. 2008. Impacto del manejo del pastizal en la recuperación de los suelos. En: Mem II Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de pastos y forrajes. Instituto de ciencia animal. Habana, Cuba.
- Simón, L.; Hernández, M.; Reyes, F. y Sánchez, S. 2005. Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes Pastos y Forrajes, 28(1): 1-17.
- Simón, L.; Iglesias, J.; Hernández, C. A.; Hernández, I. y Duquesne, p. 1990. Producción de Carne a base de pastoreo combinado de gramíneas y leguminosas. Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba. No. 13: 179-183.
- Soca, M.; Roque, E. y Soca, M. 2005. Epizootiología de los nematodos de los bovinos jóvenes. Pastos y Forrajes. 28(3): 175-185.
- Soca, M. y Simón, L. 2005. Comportamiento epizootiológico de las nematodosis gastrointestinales de los bovinos jóvenes en condiciones silvopastoriles. El silvopastoreo, un nuevo concepto de pastizal. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Ed. Universitaria. Guatemala. p. 167-191.
- Socarrás, A. A. y Vallin, G. 2006. Utilización de la mesofauna edáfica como indicador biológico del estado del suelo en parcelas de cítricos durante un periodo de reconversión en la provincial la Habana. In: memorias del XV congreso científico del INCA. p 1-5
- Somarraba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry systems definition. Agroforestry systems 19: 233-234.
- Statistical Analysis System. (SAS). 2003. User's Guide. SAS Institute In Company. Cary (North Carolina).

- Szott, L.; Ibrahim, M. y Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Tamayo, C. M. y Orellana, R. 2006. Establecimiento de cinco especies leñosas forrajeras. III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). P 313-316.
- Terrazas, P. J. G. 1990a. Establecimiento y producción de gramíneas forrajeras en un subecosistema de selva mediana subcaducifolia. Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. CIFAP – NAY. Pp 65.
- Toledo, V. L.; Villavicencio, C. O.; Silveira, J.; Rodríguez, E. & Izaguirre, N. J. 2008. Influencia de multiasociación de leguminosas en la fertilidad de suelos ganaderos. II taller nacional sobre fertilidad de los suelos de la ganadería. CD. ROM. 3 p.
- Toral, O. 2005. La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En Simón L. (Ed) el silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizales. Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 34-47
- Torres, A. J. F.; Alonso, D. M. A.; Hervé, H.; Sandoval, C. C. A. y Aguilar, C. A. J. 2008. Positive and negative effects in goat production arising from the intake of tannin rich forage. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9: 83-90.
- Torres, I. 1987. Role of woody perennials in animal agroforestry. En Zulberti, E. (eds.). *Professional education in agroforestry*. Nairobi, Kenya. ICRAF. p. 266-316.
- Torres, J. A. 2001. Memorias del curso bases de la ovinocultura tropical. UACH/BANRURAL. Huatusco, Ver., México. 155 p.

- Torres, J. A. 2002. Diagnóstico de sostenibilidad del agroecosistema café-ovinos respecto a los sistemas cafetaleros convencionales en Veracruz, México. *Revista Cubana de Café y Cacao* 3(1): 14-17.
- Torres, J. A. y De Lucas, J. 2002. Los ovinos de pelo en agroecosistemas cafetaleros. En: Pohlen, J. (ed.), México y la cafeticultura chiapaneca. Reflexiones y alternativas para los caficultores. Shaker Verlag, Aachen, Alemania. p 269-281.
- Torres, R. A.; Chacón, E.; Armas, S. y Espinoza, F. 2005. Efecto de los patrones de siembra sobre la producción de proteína cruda en bancos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Zootecnia Trop.*, 23 (1): 27-38.
- Torres, R. J. A.; Castellanos, R. A. M.; Luna, G. G.; Nava M. L. G.; Quintanilla, M. A. R.; Rosales, L. R.; Torres, V. A. y Vargas, V. J. 2006. Los sistemas agrosilvopastoriles con ovinos en el centro de Veracruz. Experiencia de Docencia e Investigación. En: III reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. (CD-ROM). p 15-22.
- Urquiaga, S; Jantalia, P. C; Luzio, W. L; Alves, B. J. R. y Boddey, R. M. 2005. El horizonte del suelo. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 5 (2):46-60.
- Van Soest, P. J. y Wine, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 50: 50-55.
- Villanueva, A. F. F. 1993. Alternativas para la alimentación de ovinos bajo condiciones de pastoreo en el estado de Nayarit. En: Temas prácticos para la cría de borregos en el trópico. SARH-INIFAP-CE el Verdineño. Sauta, Nayarit. Public. Esp. No. 1: 19-35.

- Villanueva, A. J. F. 2002. Clitoria, leguminosa forrajera de excelencia para el trópico mexicano. División pecuaria. INIFAP, CIRPAC. Campo experimental "EL VERDINEÑO". Folleto técnico núm. 1, Nayarit. México. 52 p.
- Villanueva, A. J.; Bonilla, C. J.; Rubio, C. V. y Bustamante, G. J. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc Pecu Méx.* 42 (1): 79-96.
- Villanueva, A. J. F. y Mena, H. L. 1997. Sistemas de pastoreo, consideraciones y alternativas. Publicación técnica Num 1. INIFAP. CE el Verdineño. Sauta, Nayarit, México. 38 p.
- Waghorn, G. C. y McNabb, W. C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nut. Soc.* 62: 383-392.
- Wencomo, H. 2005. Comportamiento agronómico de una asociación de *Leucaena* con otras especies vegetales. *Pastos y Forrajes.* 28 (3): 221-231.
- Wencomo, H. B.; Hernández, L. y Seguí, E. 2001. Comportamiento de *Leucaena* spp en fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes.* 24 (2):115-121.
- World Reference Base (WRB). 2006. World Reference Base for Soil Resources. World Resources Report No. 103. FAO, Rome. IUSS Working Group.

## ANEXOS

### ANEXO 1.

Las siguientes metodologías descritas son las recomendadas por la NOM-021-RECNAT (2000), la cual establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.

#### 1. TEXTURA.

Para la determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos, la textura del suelo se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo, la determinación es expedita. El método elimina la agregación debida a la materia orgánica y la floculación causada por los cationes de calcio y magnesio. El tiempo de lectura es de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de dos horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena).

#### Reactivos.

1. Agua oxigenada al 30%.
2. Oxalato de sodio saturado. Disolver 30g de oxalato de sodio en 1 litro de agua.
3. Metasilicato de sodio con 36g L<sup>-1</sup> de lectura con el hidrómetro. Disolver 50g de metasilicato de sodio en 1 litro de agua ajustar la solución hasta que se obtenga una lectura de 36 con el hidrómetro.
4. Hexametáfosfato de sodio (calcón). Disolver 50g de (Na<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> en agua destilada y aforar a un litro.

#### Material y equipo.

1. Hidrómetro de Bouyoucos con escala 0-60.
2. Probetas de 1000 cc.

3. Cilindro de Bouyoucos.
4. Agitador con motor para dispersión.
5. Agitador de mano.
6. termómetro de -10 a 110°C.

#### **Procedimiento.**

1. Pesar 60g de suelo de textura fina o 120g de suelo de textura gruesa en un vaso de precipitados de 500 ml agregar 40 ml de agua oxigenada y poner a evaporar hasta sequedad, agregar otros 40 ml y observar la reacción. Evaporar nuevamente a sequedad. Repetir hasta que no haya efervescencia al agua oxigenada.
2. Generalmente dos ataques con agua oxigenada son suficientes para la mayoría de los suelos. Después de eliminar la materia orgánica y llevar a sequedad el suelo, pesar 50g de suelo de textura arcillosa o 100g de suelo de textura arenosa y ponerlos en un vaso de precipitados de 250 ml. Adicionar agua hasta cubrir la superficie con una lámina de 2 cm. Agregar 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de metasilicato de sodio y dejar reposar durante 15 minutos. Si el suelo tiene mucha arcilla puede prolongarse el tiempo hasta media hora.
3. pasar las muestras de los vasos de precipitados a las copas del agitador mecánico, pasando todo el material con la ayuda de una piceta. Activar los agitadores y proceder a dispersar cinco minutos. Al finalizar el tiempo de agitación, bajar la copa del dispersor y pasar el contenido a una probeta de 1000 ml o al cilindro de Bouyoucos enjuagando la copa con la ayuda de una piceta.
4. Agregar agua destilada hasta completar un litro con el hidrómetro dentro de la suspensión en el caso de la probeta y si utiliza el cilindro de Bouyoucos llevar a la marca inferior (1113 ml), con el hidrómetro dentro de la suspensión. Sacar el hidrómetro y suspender el suelo con un agitador de mano operando durante un minuto.

5. Tomar las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de terminada la dispersión con el agitador de mano.
6. Para hacer una lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de hacer la lectura se saca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, agregar unas gotas de alcohol etílico.

### Cálculos.

Corregir las lecturas del hidrómetro agregando 0.36 por cada grado centígrado arriba de 19.5°C restando la misma cantidad por cada grado debajo de dicha temperatura. La lectura a los 40 segundos multiplicada por 2 es igual al porcentaje de arcilla mas limo. Restando de 100 se obtiene el porcentaje de arena. La lectura obtenida a 2 horas multiplicadas por 2 es igual al porcentaje de arcilla. El porcentaje de limo se obtiene por diferencia. Cuando se usan 100g no debe multiplicarse por 2 ya que el hidrómetro esta calibrado en porcentajes considerando 100g de suelo. Con los porcentajes obtenidos de limo, arena y arcilla, se determinó la textura correspondiente al triángulo de texturas.

**Cuadro de corrección por temperatura.**

Temp. °C	Corrección	Temp. °C	Corrección
15.0	- 1.62	21.5	+ 0.18
15.5	- 1.44	22.0	+ 0.90
16.0	- 1.26	22.5	+ 1.08
16.5	- 1.08	23.0	+ 1.26
17.0	- 0.90	23.5	+ 1.44
17.5	- 0.72	24.0	+ 1.62
18.0	- 0.54	24.5	+ 1.80
18.5	- 0.36	25.0	+ 1.98
19.0	- 0.18	25.5	+ 2.15
19.5	- 0	26.0	+ 2.34
20.0	+ 0.18	26.5	+ 2.52
20.5	+ 0.36	27.0	+ 2.70
21.0	+ 0.54	27.5	+ 2.85
		28.0	+ 3.06

## Interpretación de resultados.

Clave	Clase de textura
R	Arcillosa
Rl	Arcillosa limosa
Ra	Arcillosa arenosa
Cr	Franco arcillosa
CrL	Franco arcillo limosa
CrA	Franco arcillo arenosa
C	Francosas
Cl	Franco limosa
L	Limosa
Ca	Franco arenosa
Ac	Areno francosa
A	Arenosa

### 2. DENSIDAD APARENTE.

Se determinó por el método de cilindros en campo, el cual se calculó a partir del conocimiento de dos parámetros: la masa del suelo y el volumen total del cilindro, en el caso de la masa (suelo), ésta se conoce pesando la muestra y en el caso del cilindro, se valora por las dimensiones del mismo. Los cálculos para determinar la densidad aparente se reportan en base seca, motivo por el cual es necesario conocer el porcentaje de humedad contenido en el suelo.

Se consideraron dos profundidades: 02 a 07 y 10 a 20 cm, zona donde se presenta la mayor cantidad de raíces, los muestreos se realizaron en dos sitios diferentes, bajo cobertura (entre la línea de plántulas), y sin cobertura vegetal (surco desnudo).

La formula para calcular la densidad aparente es la siguiente:

$$Da = \frac{Pm}{Vcc}$$

$$Da - \%W = Da$$

Da	Densidad aparente
PM	Peso del suelo
Vcc	Volumen cúbico del cilindro
%W	Porcentaje de humedad

### **3. HUMEDAD DEL SUELO.**

El método gravimétrico, es utilizado para la determinación del contenido de humedad de los suelos, sean estos orgánicos o minerales. Este método se basa en la determinación de la cantidad de agua expresada en gramos, que contiene una muestra de suelo. Esta masa de agua se referencia de la masa del suelo seco de la muestra. La determinación de la masa del agua se hace por diferencia en peso, entre la masa del suelo húmedo y la masa del suelo seco. Se considera suelo seco, aquel secado a la estufa a 105°C hasta obtener un peso constante.

#### **Material y equipo.**

Botes de aluminio para humedad

Estufa con circulación forzada de aire y temperatura controlada.

Balanza con aproximación de 0.01g.

Pinzas.

Desecador.

#### **Procedimiento.**

1. Lavar, limpiar e identificar los botes de aluminio a utilizar.
2. Los botes con todo y tapa se introducen a la estufa durante 8 horas como mínimo a una temperatura de 105°C posteriormente se registra el peso y se vuelven a introducir los botes a la estufa hasta que se logre un peso constante de ellos, todo este procedimiento previo al enfriamiento de los botes que se colocaran en un desecador.
3. Utilizando las pinzas, se sacan los botes del desecador de vacío hasta que se enfríen y se pesan con todo y tapa, este es el peso del bote (PB).
4. Se recomienda que el peso de la muestra sea de 30 a 50g aproximadamente, y se coloca en el bote de aluminio, en caso de que la muestra vaya ser transportada es necesario tapar y sellar herméticamente el bote con parafilm.
5. Pesar el bote con el suelo húmedo, este peso deberá ser el peso del bote más el suelo húmedo (PB + Psh).

6. **Destapar** el bote con el suelo húmedo, colocar la tapa en la parte inferior e introducir a la estufa a una temperatura de 105°C.
7. Después de 24 horas sacar el bote de la estufa tapado y se coloca en el desecador de vacío hasta que se enfríe, posteriormente se pesa el bote con la muestra seca, este será el peso del bote más el peso del suelo seco (PB + Pss).
8. Se vuelve a introducir el bote a la estufa y una hora después se pesa nuevamente, este procedimiento se repite hasta obtener el peso constante.

Con los datos obtenidos durante el proceso se emplea la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(PB + Psh) - (PB + Pss)}{(PB + Pss) - PB} \times 100$$

<b>PB</b>	Peso del bote o tara (g)
<b>Psh</b>	Peso del suelo húmedo (g)
<b>PB + Psh</b>	Peso de tara y suelo húmedo (g)
<b>Pss</b>	Peso del suelo seco (g)
<b>PB + Pss</b>	Peso de tara y suelo seco (g)

En muestras de suelos orgánicos el secado a 100.5°C puede producir pérdida de masa por oxidación y volatilización de componentes orgánicos. Sin embargo bajo este método esto es inevitable.

#### 4. DETERMINACIÓN DE pH.

Método electromagnético para la determinación del pH en muestras de suelo en una solución de agua pura. La evaluación electromecánica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion H mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H. en el caso de los suelos el pH se mide mediante el uso de potenciómetro en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2.5.

Los reactivos utilizados en esta determinación deben de ser de grado analítico y el agua utilizada en la preparación de las soluciones debe ser destilada o desionizada.

#### **Material y equipo.**

1. Potenciómetro o medidor de pH equipado con electrodo de vidrio en combinación con electrodo de referencia.
2. Balanza con 0.1g de sensibilidad
3. Frascos de vidrio o plástico transparente de boca ancha con capacidad de 50 a 100 ml.
4. Pipeta volumétrica de 20 ml.
5. Varilla de vidrio que sirva como agitador manual.
6. Piceta.
7. Cinta métrica.

#### **Procedimiento.**

1. Pesar 10g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
2. Adicionar 20 ml, de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
3. Con una varilla de vidrio, agitar manualmente la mezcla de suelo: agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
4. Dejar reposar durante 15 minutos.
5. Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladoras pH 4.00 y 7.00, o 10.00 según el suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.
6. Agite nuevamente la suspensión e introduzca el electrodo en la suspensión.
7. Registrar el pH al momento en que la lectura se estabilice.

#### **Informe de la prueba.**

1. Registrar los datos completos de identificación de la muestra.
2. Reportar el valor con número entero y una cifra decimal.
3. Fecha de realización de la prueba.

Algunas muestras de suelo contienen una alta concentración de materia orgánica la cual tiende a formar gruesos grumos cuando la relación suelo: solución es similar a la de un suelo mineral, en este caso se deberán utilizar relaciones más amplias.

### Interpretación de resultados.

Para la clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH se presentan a continuación.

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

## 5. MATERIA ORGÁNICA.

La determinación de materia orgánica del suelo, se evalúa a través del contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo, por medio de una disolución de dicromato de potasio, y el calor de reacción que se genera al mezclarse con ácido sulfúrico concentrado. Después de un tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de  $Fe^{3+}$  y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre el 70 y 84% del carbono orgánico total, por lo cual es necesario introducir un factor de corrección, el cual puede variar de un suelo a otro.

### Reactivos.

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser de grado analítico.

1. Dicromato de potasio 0.166 M o 1N. Disolver 48.82g de  $K_2Cr_2O_7$  en agua destilada aforar a 1000 ml en un matraz volumétrico.
2. Ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ).
3. Ácido fosfórico concentrado ( $H_3PO_4$ ).

- Indicador de fenilamina. Disolver 0.5g de difenilamina en 20ml de agua y añadir 100ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Sulfato ferroso 1.0 M. disolver 278g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua a la que previamente se le añadieron 80 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe ser valorada con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1N antes de realizar la determinación.

### Material.

Matraces erlenmeyer de 500 ml.

Buseta para  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (50 ml).

Buseta para  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (50 ml).

Pipeta volumétrica (10 ml).

Probeta de vidrio (25 ml).

### Procedimiento.

- pesar 0.5g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm y colocarlo en un matraz erlenmeyer de 500 ml. Procesar un blanco con reactivos por triplicado.
- Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio 1N girando el matraz cuidadosamente para que este entre en contacto con todo el suelo.
- Agregar cuidadosamente con una bureta 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
- Dejar reposar durante 30 minutos sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
- Añadir 200 ml de agua destilada.
- Añadir 5 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrado.
- Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina.
- Titular con la disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final verde claro.

Después de realizado el proceso se deben realizar los siguientes cálculos:

$$\% \text{ C orgánico} = \frac{[B - T] (N) (0.39) (\text{cmf})}{g}$$

**B** Volumen de sulfato ferroso utilizado para valorar el blanco de reactivos (ml)

**T** Volumen de sulfato ferroso utilizado para valorar la muestra (ml)

**G** Peso de la muestra empleada

**N** Normalidad del sulfato ferroso

**0.39** Factor de corrección debido a que el método solamente oxida el 77% del carbono

**cmf** Factor de corrección por humedad

$$\% \text{ Materia Orgánica} = \% \text{ C Orgánico} \times 1.724$$

#### Observaciones.

Si al añadir el dicromato de potasio al suelo la solución se torna verdosa o si se gastan menos de dos ml de sulfato ferroso al titular la muestra, se debe reducir el peso de la muestra a la mitad.

Alternativamente puede emplearse una solución de sulfato ferroso amónico 0.5N.

Pesar 196.1g de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)2.6\text{H}_2\text{O}$ , disolverlos en 800 ml de agua destilada con 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y diluir a un litro.

#### Interpretación de resultados de Materia orgánica.

Valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos.

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 – 6.0	0.6 – 1.5
Medio	6.1 – 10.9	1.6 -3.5
Alto	11.0 – 16.0	3.6 – 6.0
Muy alto	> 16.1	> 6.0

## **ANEXO 2.**

Las metodologías que a continuación se describen son las recomendadas por la A.O.A.C (1995), para la determinación de análisis químicos proximales, que se realizan en pastos y forrajes.

### **IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

- a) Al momento de tomar la muestra, esta debe ser etiquetada, si es un sólido seco, como semillas o henos, es recomendable que la etiqueta de identificación se coloque adentro de la bolsa o frasco. Si la muestra es húmeda, la etiqueta tendrá que ir por fuera, pero se le colocará una protección para evitar que se borre.
- b) La etiqueta de identificación deberá contener como mínimo los siguientes datos:
  - Tipo de material muestreado.
  - Tipo de conservador empleado.
  - Tonelaje al que representa (indicar si es muestra total o parte de la muestra).
  - Proveedor o lugar de donde se obtuvo la muestra.
  - Fecha y hora de recolección.
  - Nombre de la persona que realizó el muestreo y de la persona a la que pertenece.
  - Codificación de la muestra.
  - Análisis que se determinaran con la muestra.
  - Proyecto al que pertenece.

### **1.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS.**

Se deberá remover hasta donde sea posible el material que se considere extraño, no se puede utilizar agua para lavar las muestras, para no perder compuestos solubles a causa de la lixiviación.

Una vez que el material ya está a peso constante es necesario que sea molido o tamizado según sea el caso, para una mejor conservación y para su posterior análisis, se recomienda utilizar una malla de 1mm en el molino, la muestra podrá ser guardada en frascos de plástico, limpios y etiquetados, llenados al 70% de su capacidad como máximo.

## **2.- ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.**

El análisis químico proximal (A.Q.P) se emplea para determinar la composición aproximada de un alimento, en cuanto al contenido de: Humedad, materia seca, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. La determinación de estas fracciones es frecuentemente el punto inicial para análisis más detallados de nutrientes específicos.

Todas las determinaciones de laboratorio se deben correr por duplicado.

### **2.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA**

Es necesario conocer la cantidad de materia seca contenida en los alimentos, para realizar la conversión de los nutrimentos contenidos en los alimentos a base húmeda o base seca según se requiera.

Una temperatura de 65° C es la recomendada para el secado de muestras de pastos y forrajes, cuando se realizarán análisis posteriores (digestibilidad, proteína, entre otros).

- El material y equipo necesario es el siguiente:
- Charolas de aluminio o cartón resistente.
- Estufa de secado o de aire forzado o de vacío.
- Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- Desecadores y mesa de transporte.

**Procedimiento:**

Se pesan de 2 a 3g (considerando el tamaño de partícula y contenido de humedad), de muestra y depositar en algún material de aluminio o de porcelana, el cual previamente fue identificado y puesto a peso constante, se registrar el peso de la muestra en la libreta.

Secar la muestra de la balanza utilizando el desecador para evitar que las muestras se contaminen, se introducen en la estufa a 65° C, hasta obtener peso constante. 24 horas son suficientes.

La muestra se retira de la estufa y se coloca en un desecador por 15 minutos, transcurrido este tiempo se procede a pesar.

**Cálculos:**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso de la muestra seca} \times 100}{\text{Peso de la muestra inicial, g}}$$

$$\% H = \frac{(A - B) \times 100}{M}$$

$$\% MS = 100 - \% H$$

Donde:

**A** = peso de la charola + muestra húmeda, g

**B** = Peso charola + muestra seca, g

**M** = Peso muestra inicial, g

**MS** = materia seca

**2.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS Y MATERIA ORGÁNICA**

El contenido de cenizas es determinado por combustión, el contenido de cenizas no representa en realidad el material orgánico del alimento, su cuantificación es requerida para conocer el contenido de materia orgánica de los alimentos.

## Método de incineración

La incineración se realiza a 550° C, para eliminar los materiales carbonosos, de esta forma queda el residuo inorgánico o cenizas.

## Material y equipo

- Crisoles de porcelana o vasos de precipitado Pyrex de 50 ml.
- Mufla a 500-550° C.
- Estufa de secado a 100-115° C.
- Desecadores.
- Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- Mechero.
- Triángulo de porcelana.
- Soporte.

## Procedimiento

- a) Se pesan 2-3 g de muestra en un crisol de porcelana o vaso de precipitado previamente puesto a peso constante.
- b) Carbonizar la muestra en una estufa de gas o mechero, calentar hasta eliminar humos blancos.
- c) Calcinar en la mufla a 500-600° C, hasta tener cenizas blancas o grises sin partículas de carbón (pueden agregarse unas gotas de agua destilada y volver a calcinar), apagar la mufla y verificar la disminución de la temperatura, los crisoles son sacados de la mufla y se colocan en una bandeja de cerámica porosa o asbesto (de baja conductividad calórica), o bien se pueden pasar uno por uno a la estufa de secado a 100-115° C para enfriarlos durante 30 minutos (aproximadamente).
- d) Pasar a un desecador y registrar su peso

## Cálculos

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{peso de la muestra calcinada} \cdot g \times 100]}{\text{Peso de la muestra inicial, g}}$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(A - B)}{M} \times 100$$

$$\% \text{ MO} = 100 - \% \text{ cenizas}$$

Donde:

**A** = Peso del crisol + cenizas, g

**B** = Peso del crisol a peso constante, g

**M** = Peso de la muestra inicial, g (w crisol + muestra – del crisol awcte)

Se tiene que convertir el % de cenizas en base a MS.

### 2.3. DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO ETÉREO

Esta fracción contiene no solamente la grasa verdadera, sino que además incluye a las ceras, lípidos complejos como los fosfolípidos, compuestos derivados de los lípidos como los esteroides y varios pigmentos, hormonas y aceites volátiles.

#### Material y equipo

- Vasos para el extractor Goldfish LAB-CONCO o vasos para el extractor BUCHI.
- Cartuchos porosos.
- Soportes (LAB-CONCO).
- Recolectores (LAB-CONCO).
- Desecador.
- Extracto de grasa Goldfish LAB-CONCO o BUCHI.
- Estufa de secado a 100-115° C.
- Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.

#### Reactivos

- Éter etílico anhidro (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O

## Procedimiento

- a) Poner a peso constante los vasos en una estufa de secado.
- b) Pesar de 2.5 a 5.0 g de muestra dentro del cartucho (cerrar el cartucho con un pedazo de algodón), o si previamente se hidrolizo la muestra introducir el papel filtro envolviendo la muestras dentro del cartucho.
- c) Colocar el cartucho en la jarra de extracción.
- d) Poner a calentamiento la parrilla y abrir la llave del agua, la que debe estar fría para condensar el éter.
- e) Poner en los vasos de 60 a 80 ml de éter etílico.
- f) Colocar el vaso en el aparatos y subir las perillas.
- g) Dejar en extracción de 4 a 6 horas (según el tipo de muestras).
- h) Pasado este tiempo, se bajan las perillas, quitar el vaso y tomar con un pedazo de papel filtro una gota del solvente que atraviesa el cartucho, evaporar el éter y ver si quedo una mancha de grasa.
- i) Si no hay huella alguna de grasa, se procede a bajar las parrillas, colocar sobre ellas un protector para evitar que se produzca flama al tener contacto el éter con las parrillas.
- j) Bajar momentáneamente los vasos para quitar el soporte metálico con el cartucho; en su lugar colocar el recolector de éter.
- k) Colocar nuevamente los vasos en el aparato, quitar el protector y subir las parrillas.
- l) Dejar destilar el éter y recolectarlo. Posteriormente apagar las parrillas y quitar los vasos.
- m) Dejar que se evapore la totalidad del éter colocando los vasos dentro de una campana de extracción.
- n) Meterlos a la estufa a 60° C durante 3 horas, enfriar y pesar.

## Cálculos

$$\% EE = \frac{(A - B) \times 100}{M}$$

Donde:

**A** = peso del vaso con residuo lipídico, g

**B** = Peso constante, g

**M** = Peso de la muestra, g

#### **2.4. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL (PROTEÍNA CRUDA)**

Con esta determinación se obtiene el contenido total de nitrógeno, incluyendo nitrógeno proteico (proteínas) y no proteico (aminoácidos libres, nitrógeno inorgánico, ureas, aminas, amidas, ácidos nucleicos, entre otros). Por lo que se sobreestima el valor del contenido, si se toma como proteína verdadera.

Las muestras se secaron a 60° C y se molieron en maya número 20 (1mm), se pusieron a digerir para pasarlas a lectura en el espectrofotómetro de longitud de onda.

##### **Digestión de las muestras.**

Se ajusto el aparato de digestión Digesdahl a 440° C y se dejó un periodo de calentamiento de 20 minutos antes de ser usado.

##### **Procedimiento**

1. Se pesan 0.250 g de muestra preparada la cual se transfiere a un matraz de digestión.
2. Añadir 5.0 ml de ácido sulfúrico concentrado a el matraz de digestión.
3. Colocar la pesa metálica en el matraz.
4. Situar la columna de fraccionamiento con el embudo, en el matraz de digestión y ponerlo en el Digesdahl, encender el sistema de remoción de humos.
5. Calentar el matraz por 4 minutos.
6. Se añaden 10 ml de peróxido de hidrógeno a el embudo capilar, el cual deberá ser vaciado en aproximadamente 3.5 minutos.

7. Calentar el matraz hasta que el flujo del peróxido de hidrógeno haya finalizado (1 minuto).
8. Remover la columna de fraccionamiento del matraz utilizando unos dedos de asbesto.
9. Diluir el contenido del matraz a la marca de 100 ml con agua desionizada, se tapa y se invierte varias veces para mezclar la digestión.

#### **Determinación de nitrógeno.**

El porcentaje de proteína se evaluó mediante la técnica Hach mediante el uso de un espectrofotómetro marca Hach, modelo DR/2010.

1. De la muestra diluida a 100 ml.
2. Se toman 0.4 ml del digerido, utilizando una pipeta Tensette de 0.1-1.0 ml, el cual es depositado en una probeta graduada de 25 ml, la cual se lleva a 23 ml con agua destilada.
3. Llenar una segunda probeta hasta la marca con 25 ml de agua destilada.
4. Añadir tres gotas de reactivo estabilizador mineral a cada probeta. Tape e invierta varias veces hasta mezclar.
5. Añadir 1.0 ml de reactivo Nessler utilizando una pipeta Tensette. Tapar e invertir varias veces para mezclar.  
Nota: un color amarillo se manifestara si hay amonio presente. El blanco desarrollará color amarillo muy débil.
6. Se introduce el numero del programa al Espectrofotómetro 2010 de Hach, presionar 380- ENTER, a continuación la pantalla mostrara DIAL nm to 425.
7. Gire la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre 425 nm, cuando la longitud de onda seleccionada sea la correcta la pantalla mostrara ZERO SAMPLE.
8. Presionar SHIFT TIMER
9. Poner cada solución en cada celda de muestra.
10. Cuando el timer suene mg/l de  $\text{NH}_3\text{-N}$ , poner la celda que contiene el blanco dentro de la porta celdas y cerrar la tapa.

11. Presionar ZERO, y la pantalla mostrara ZEROING, después aparecerá 0.00 mg/l NH<sub>3</sub>-N Nessler.
12. Poner la celda que contiene la muestra dentro del porta celdas y cerrar la tapa.
13. Presionar READ, y la pantalla mostrara que esta leyendo, el valor de la muestra aparecerá en mg/l.
14. Después de obtener este valor se utiliza la siguiente formula:

$$\%N = \frac{\text{lectura observada en mg/l} \times 0.25}{\text{g de muestra digerida} \times \text{ml de digerido}}$$

## 2.5. Determinación de paredes celulares y contenido celular.

La determinación de las paredes celulares se realizó con la metodología de Van Soest y Wine (1967), la cual se describe a continuación:

Se utilizaron tubos Pyrex de 20 cm de largo y 2.5 cm de diámetro y un digestor, se manejo la temperatura hasta llevar las muestras a una ebullición suave.

### Procedimiento:

1. Se pesan 0.5 gramos de muestra molida en tamiz de 1 mm.
2. Agregar 40 ml de solución de F.N.D.
3. Se agregan 2 ml de Decahidro Naftaleno.
4. Se agregan 0.5 gramos de sodio anhidro.
5. Calentar de 5 a 10 minutos para que empiece a hervir, después se deja hervir por una hora.
6. Se filtra y se lava con agua caliente (3 a 4 veces).
7. Después se da otro lavado con acetona (2 veces).
8. Se deja secar en estufa por 24 horas.
9. Las muestras se pasan al desecador y se dejan enfriar por 20 minutos y se pesan después.

**Cálculos:**

$$\frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{paredes celulares}) - (\text{peso del recipiente}) \times 100}{\text{Peso de la muestra en base seca}}$$

**Determinación de fibra por el método ácido detergente (F.A.D).**

1. Pesar 0.5 g de muestra.
2. Agregar 40 ml de solución ácido detergente.
3. Agregar 1 ml de Decahidro Naftalina.
4. Calentar de 5 a 10 minutos hasta que inicie a hervir, y se deja por una hora.
5. Se filtra y se lava con agua caliente (3 o 4 veces).
6. Se lava con acetona (2 veces).
7. Secar en la estufa durante toda la noche.
8. Pasar las muestras al desecador y dejar enfriar por 20 minutos, para su pesaje posterior.

**Cálculos:**

$$\frac{(\text{peso del recipiente} + \text{fibra}) - (\text{peso del recipiente tarado}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

**Ajuste a base seca:**

$$\frac{\% \text{ de fibra ácido detergente en la muestra seca} \times 100}{\% \text{ de materia seca en la muestra}}$$

### **ANEXO 3.**

Las metodología que a continuación se describe es la recomendada por Herrera *et al.* (2007), para contabilizar las horas en estudios de conducta alimentaria en silvopastoreo se utilizó la formula de Petit (1972).

Tiempo dedicada a cada actividad =  $\Sigma(ai \times n)/A$

Donde:

$a_i$  = número de animales que ejercen la actividad.

$n$  = tiempo entre observaciones sucesivas.

$A$  = número total de los animales del rebaño.