



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**  
**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**GANADERÍA**

**CAPACIDAD PRODUCTIVA DE PRADERAS MONO-  
ESPECÍFICA, ASOCIADA Y SILVOPASTORIL EN UN AMBIENTE  
TROPICAL SECO**

**RÉGULO JIMÉNEZ GUILLÉN**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2012**

La presente tesis titulada: **Capacidad productiva de praderas mono-específica, asociada y silvopastoril, en un ambiente tropical seco**, realizada por el alumno **Régulo Jiménez Guillén**, bajo la dirección del Consejo Particular abajo indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado:

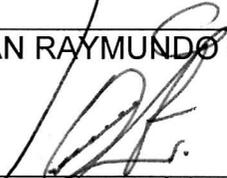
DOCTOR EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ADRIAN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

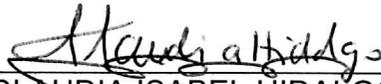
ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JORGE LEONARDO TOVAR SALINAS

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DRA. CLAUDIA ÍSABEL HIDALGO MORENO

Montecillo, Texcoco, México. Enero del 2012.

## DEDICATORIAS

A DIOS:

Por darme la oportunidad de vivir y seguir disfrutando a mi familia.

A MI QUERIDA ESPOSA DIO:

Por ser mi compañera y mantenerse a mi lado en todo momento.

A MIS HIJOS FERNANDO, NAYIB Y JAFET:

Por ser el motivo de mi superación, el estímulo que he tenido para levantarme y superar momentos difíciles.

A MI MADRE FAUSTINA GUILLEN GÓMEZ:

Quien me ha dado ejemplos de fortaleza y perseverancia.

A MI PADRE FRANCISCO JIMÉNEZ RAMOS:

Por orientarme a llevar una vida austera y disciplinada.

A MI TIA MINERVA GUILLÉN GÓMEZ:

Por su cariño y apoyo incondicional.

A MIS HERMANOS ANDRÉS, LUZ MARIA, MARIA DEL ROSARIO Y ELIZABETH:

Por mantenernos unidos como familia, a pesar de las adversidades.

AL DR. JORGE PÉREZ PÉREZ (†):

Quien fuera mi amigo, guía y maestro.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme el apoyo económico para realizar mis estudios de Doctorado.

Al Colegio de Postgraduados, por darme la oportunidad de formarme como Doctor en Ciencias.

Al Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo, por su orientación en mi formación, por su apoyo invaluable y por ser un gran amigo.

A mis asesores Dr. Pedro Arturo Martínez, Dr. Alfonso Hernández Garay, Dr. Jorge Leonardo Tovar Salinas y Dra. Claudia Isabel Hidalgo Moreno, por su colaboración desinteresada en la planeación, ejecución, revisión y publicación de esta tesis y por la amistad que me han brindado.

Al Dr. Ricardo Basurto Gutiérrez, por su amistad y apoyo en los análisis bromatológicos del forraje.

Al Dr. Paulino Rodríguez Rodríguez por apoyarme en los análisis estadísticos requeridos en esta investigación.

Al Dr. Francisco Enrique Cab Jiménez por su apoyo desinteresado en la toma de datos, en la parte crítica de la investigación.

Al personal del Campo Experimental Iguala por su amistad y el apoyo que me brindaron en el trabajo de Campo.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
RESUMEN GENERAL .....	iv
GENERAL ABSTRACT .....	vi
<b>CAPÍTULO 1.</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Hipótesis .....	4
<b>CAPÍTULO 2.</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. RECURSOS NATURALES .....	6
2.1.1. El Suelo .....	6
2.1.2. Humedad en el Suelo .....	6
2.1.3. Captura de Carbono .....	7
2.2. UTILIZACIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS .....	8
2.2.1. Praderas Tropicales .....	8
2.2.2. Uso de Leguminosas y Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico .....	9
2.2.3. Asociaciones de Gramíneas con Leguminosas .....	9
2.2.4. Uso de las Arbustivas Forrajeras .....	11
2.2.5. Crecimiento del Forraje .....	12
2.2.6. Especies Forrajeras a Evaluar .....	14
2.2.6.1. Llanero ( <i>Andropogon gayanus</i> Kunth) .....	14
2.2.6.2. Clitoria ( <i>Clitoria ternatea</i> Linn.) .....	16
2.2.6.3. Morera ( <i>Morus alba</i> Linn.) .....	17
2.3. CONCLUSIONES .....	18
2.4. LITERATURA CITADA .....	19
<b>CAPÍTULO 3.</b>	
<b>CAMBIOS ESTACIONALES EN LA BIOMASA EN PRADERAS     PURAS Y ASOCIADAS EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO</b> .	31
RESUMEN .....	32
ABSTRACT .....	34
3.1. INTRODUCCIÓN .....	35
3.1.1. Objetivo .....	36
3.1.2. Hipótesis .....	36

3.2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
3.2.1.	Localización del Área Experimental .....	37
3.2.2.	Características Edafoclimáticas de la Región .....	37
3.2.3.	Área Experimental y Tratamientos .....	38
3.2.4.	Establecimiento de las Praderas Experimentales .....	39
3.2.5.	Duración del Experimento .....	39
3.2.6.	Variables Medidas y Calculadas .....	41
3.2.6.1.	Variables medidas en el forraje ofrecido .....	41
3.2.6.1.1.	altura de las especies cultivadas .	41
3.2.6.1.2.	forraje presente por componente botánico y total .....	41
3.2.6.1.3.	composición morfológica de las especies cultivadas .....	42
3.2.6.1.4.	calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas .....	42
3.2.6.1.4.1.	contenido de materia seca, cenizas y proteína cruda .....	43
3.2.6.1.4.2.	contenido de fibra detergente neutro y ácido .....	43
3.2.6.2.	Variables medidas en el forraje residual .....	43
3.2.6.2.1.	altura de las especies cultivadas .	43
3.2.6.2.2.	forraje presente por componente botánico y total y composición morfológica de las especies cultivadas .....	44
3.2.6.3.	Variables calculadas .....	44
3.2.6.3.1.	forraje total desaparecido, por componente botánico y morfológico .....	44
3.2.6.3.2.	material vivo .....	44
3.2.6.3.3.	razón hoja:tallo .....	44
3.2.6.3.4.	razón hoja:no hoja .....	44
3.2.7.	Variables Climáticas .....	45
3.2.8.	Análisis Estadísticos .....	45
3.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
3.3.1.	Características del Forraje Presente en la época de Lluvia .....	46
3.3.1.1.	Alturas de especies cultivadas .....	46
3.3.1.2.	Cambios en el forraje total presente .....	47
3.3.1.3.	Características de pasto Llanero .....	53
3.3.1.4.	Otras especies no cultivadas en el forraje presente .....	55
3.3.1.5.	Calidad nutritiva de la hoja de las especies cultivadas .....	56

3.3.2.	Características del forraje presente en la época seca ....	58
3.3.2.1.	Alturas de las especies cultivadas .....	58
3.3.2.2.	Cambios en el forraje total presente .....	59
3.3.2.3.	Características de pasto Llanero .....	62
3.3.2.4.	Otras especies no cultivadas en el forraje presente .....	65
3.3.2.5.	Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas .....	66
3.4.	CONCLUSIONES .....	68
3.5.	LITERATURA CITADA .....	69

#### **CAPITULO 4.**

	<b>ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO ESTACIONAL DE PRADERAS PURA Y ASOCIADAS, EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO .....</b>	<b>76</b>
	RESUMEN .....	77
	ABSTRACT .....	79
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	80
4.1.1.	Objetivo .....	80
4.1.2.	Hipótesis .....	80
4.2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	81
4.2.1.	Variables Medidas en Época de Lluvia .....	81
4.2.1.1.	Forraje presente total y por componente botánico .....	81
4.2.1.2.	Componentes morfológicos .....	82
4.2.2.	Variables Medidas en la Época Seca .....	82
4.2.2.1.	Forraje presente total y por componente botánico y morfológico .....	82
4.2.3.	Análisis Estadísticos .....	82
4.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	83
4.3.1.	Crecimiento del Forraje en la Época de Lluvia .....	83
4.3.1.1.	Dinámica del forraje total presente .....	83
4.3.1.2.	Acumulación de componentes botánicos del forraje total en la época de lluvia .....	85
4.3.1.3.	Componentes morfológicos del forraje total presente .....	87
4.3.1.3.1.	hojas y tallos en el forraje total a diferentes días de crecimiento ....	87
4.3.1.3.2.	material vivo y muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento .....	89
4.3.1.3.3.	acumulación de los componentes morfológicos del forraje total .....	91
4.3.2.	Crecimiento del Forraje en la Época Seca .....	93

4.3.2.1.	Dinámica del forraje total presente .....	93
4.3.2.2.	Acumulación de los componentes botánicos del forraje total en época seca .....	95
4.3.2.3.	Componentes morfológicos del forraje total presente .....	97
4.3.2.3.1.	hojas y tallos en el forraje total a diferentes días de crecimiento ....	97
4.3.2.3.2.	material vivo y muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento .....	99
4.3.2.4.	Acumulación de los componentes morfológicos del forraje total .....	100
4.4.	CONCLUSIONES .....	103
4.5.	LITERATURA CITADA .....	104

## **CAPITULO 5.**

### **CAMBIOS ESTACIONALES EN EL PESO VIVO DE BOVINOS PASTOREANDO PRADERAS PURA, ASOCIADA Y SILVOPASTORIL, EN EL TRÓPICO .....**

106

	RESUMEN .....	107
	ABSTRACT .....	109
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	110
5.1.1.	Objetivo .....	111
5.1.2.	Hipótesis .....	111
5.2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	111
5.2.1.	Animales Experimentales .....	111
5.2.2.	Variable Medida .....	112
5.2.3.	Variables Calculadas .....	112
5.2.4.	Análisis Estadísticos .....	112
5.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	113
5.3.1.	Cambios de Peso Vivo en la Época de Lluvia .....	113
5.3.2.	Cambios de Peso Vivo en la Época Seca .....	114
5.4.	CONCLUSIONES .....	116
5.5.	LITERATURA CITADA .....	117

## **CAPITULO 6.**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PRADERAS MONO-ESPECÍFICA Y ASOCIADAS PASTOREADAS CON BOVINOS .....**

120

	RESUMEN .....	121
	ABSTRACT .....	123
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	124

6.1.1.	Objetivo .....	125
6.1.2.	Hipótesis .....	125
6.2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	125
6.2.1.	Variables a Medir .....	126
6.2.1.1.	Características físicas .....	126
6.2.1.1.1.	textura .....	126
6.2.1.1.2.	capacidad de campo .....	127
6.2.1.1.3.	punto de marchitez permanente ..	127
6.2.1.1.4.	humedad aprovechable .....	127
6.2.1.1.5.	velocidad de infiltración .....	127
6.2.1.2.	Características químicas .....	129
6.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	129
6.3.1.	Características Físicas del Suelo .....	129
6.3.1.1.	Textura de los suelos .....	130
6.3.1.2.	Capacidad de campo .....	131
6.3.1.3.	Punto de marchitez permanente .....	133
6.3.1.4.	Humedad aprovechable .....	135
6.3.1.5.	Infiltración del agua en el suelo .....	136
6.3.2.	Características Químicas del Suelo .....	139
6.3.2.1.	Nitrógeno .....	139
6.3.2.2.	Fósforo .....	141
6.3.2.3.	Potasio .....	142
6.3.2.4.	Carbono .....	143
6.3.2.5.	Nitrógeno en forma de amonio y nitrato .....	144
6.4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	146
6.5.	LITERATURA CITADA .....	147
<b>CAPÍTULO 7.</b>		
	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>151</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
3.1. Material vivo del forraje presente en praderas de Llanero sólo y asociado con Clitoria y Morera, en época de lluvia ...	50
3.2. Participación de pasto Llanero en forraje presente en praderas pura y asociadas con Clitoria y Morera, en época de lluvia .....	52
3.3. Material vivo de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, en época de lluvia .....	54
3.4. Razón hoja:tallo y hoja:no hoja en pasto Llanero, en praderas puras y asociadas en época de lluvia .....	54
3.5. Componentes de "Otras Especies" en praderas de Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera, en época de lluvia ....	56
3.6. Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas antes del pastoreo, en praderas pura y asociadas, en la época de lluvia .....	57
3.7. Cambios en material vivo del forraje presente en praderas pura y asociadas, en época seca .....	60
3.8. Participación de pasto Llanero en forraje presente en praderas puras y asociadas, en época seca .....	61
3.9. Material vivo de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, en época seca .....	63
3.10. Razón hoja:tallo y hoja:no hoja para Llanero, en praderas pura y asociadas en época seca .....	64
3.11. Composición de "Otras Especies" en praderas con Llanero sólo y asociado con Clitoria y Morera, en época seca .....	65
3.12. Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas en praderas pura y asociadas, en época seca .....	66
5.1. Ganancia de peso en bovinos que pastorearon praderas mono-específica y asociadas, en época de lluvia .....	114
5.2. Ganancia de peso en bovinos que pastorearon praderas mono-específica y asociadas, en época seca .....	115
6.1. Textura en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	130
6.2. Capacidad de Campo en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	132
6.3. Punto de Marchitez Permanente en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos ....	134
6.4. Humedad Aprovechable en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	135
6.5. Porcentaje de Nitrógeno en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	140
6.6. Contenido de Fósforo en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	141

6.7.	Contenido de Potasio en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	142
6.8.	Contenido de Carbono en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos .....	143
6.9.	Nitrógeno total, N-NH <sub>4</sub> y N-NO <sub>3</sub> en el suelo de praderas tropicales pastoreadas con bovinos, a profundidad de 0 a 30 cm .....	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
3.1.	Precipitación pluvial y temperatura media mensual en el sitio y periodo experimental .....	37
3.2.	Diseño del área experimental y distribución de tratamientos .....	38
3.3.	Diseño del área experimental y el manejo del pastoreo ...	40
3.4.	Cambios en altura de componentes botánicos en praderas de Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera en época de lluvia .....	46
3.5.	Componentes morfológicos del forraje total presente, en praderas pura y asociadas en época de lluvia .....	48
3.6.	Componentes morfológicos de pasto Llanero, en praderas pura y asociadas, durante la época de lluvia .....	53
3.7.	Cambios en altura de las especies cultivadas en praderas pura y asociadas, en época seca .....	59
3.8.	Componentes morfológicos del forraje total presente en praderas puras y asociadas, durante la época seca .....	60
3.9.	Componentes morfológicos de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, durante la época seca .....	63
4.1.	Forraje total presente a diferentes intervalos en un periodo de crecimiento, en época de lluvia .....	84
4.2.	Acumulación de componentes botánicos a diferentes días en un periodo de crecimiento, en época de lluvia .....	86
4.3.	Hoja y tallo del forraje total presente a diferentes días de un periodo de crecimiento, en época de lluvia .....	88
4.4.	Material vivo y material muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento, en época de lluvia .....	90
4.5.	Acumulación de los componentes morfológicos a diferentes días de crecimiento, en época de lluvia .....	92
4.6.	Forraje total presente a diferentes intervalos en un periodo de crecimiento, en época seca .....	94
4.7.	Acumulación de componentes botánicos a diferentes días en un periodo de crecimiento, en época seca .....	96
4.8.	Hoja y tallo del forraje total presente a diferentes días de un periodo de crecimiento, en época seca .....	98
4.9.	Material vivo y material muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento, en época seca .....	100
4.10.	Acumulación de componentes morfológicos a diferentes días de crecimiento, en época seca .....	101
6.1.	Tasas de infiltración de agua en el suelo, en los espacios entre diferentes plantas forrajeras tropicales .....	138

## RESUMEN GENERAL

### CAPACIDAD PRODUCTIVA DE PRADERAS MONO-ESPECÍFICA, ASOCIADA Y SILVOPASTORIL EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO

Régulo Jiménez Guillén Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

Esta investigación tuvo como objetivo describir las características edáficas, del forraje y la respuesta productiva de bovinos, en tres tipos de pradera para un ambiente tropical seco. Los tratamientos fueron praderas con: A) *Andropogon gayanus*; A+C) *A. gayanus* y *Clitoria ternatea* y A+C+M) *A. gayanus*, *C. ternatea* y *Morus alba*. En la época de lluvias el forraje ofrecido, residual y desaparecido, fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. El forraje total ofrecido fue de 2,007 **b**, 4,089 **a** y 4,192 **a** kg de materia seca (MS)  $\text{ha}^{-1}$  para praderas con A, A+C y A+C+M, respectivamente y, en la época seca, la cantidad de forraje ofrecida fue de 1,435 **b**, 3,471 **a** y 2,547 **ab** kg de MS  $\text{ha}^{-1}$ , para las mismas praderas. Durante la época de lluvia los cambios en forraje ofrecido y residual, son explicados por la cantidad de tallo y material vivo y, en época seca, los cambios en el forraje están relacionados con la cantidad de tallos, material vivo y material muerto. La calidad nutritiva de la leguminosa y la arbustiva fue mayor en comparación al de la gramínea y se conservó en ambas épocas. Para analizar el crecimiento estacional se realizaron muestreos a 0, 8, 16, 24 y 32 días y a 0, 14, 28, 42 y 56 días, para las épocas de lluvia y sequía, respectivamente. En la época de lluvia las praderas tuvieron diferente curva de crecimiento del forraje y solo la pradera de Llanero estabilizó la cantidad de forraje en un periodo de 32 días; mientras que las asociaciones aún continúan acumulando forraje. En la época seca las praderas presentaron diferente patrón de crecimiento y no hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los tres tratamientos. Con relación a la respuesta animal en la época de lluvia, los bovinos que pastorearon praderas asociadas A+C y A+C+M, mostraron mayores ganancias de peso por animal y por superficie que la pradera de Llanero solo ( $P < 0.05$ ). La ganancia de peso por animal por día fue de 0.138 **b**, 0.504 **a** y 0.501 **a**, kg y la ganancia por hectárea por día de 0.826 **b**, 3.028 **a** y 3.007 **a** kg, para las praderas con A, A+C y A+C+M, respectivamente. En la época seca la ganancia de peso por animal por día fue de 0.305 **b**, 0.663 **a** y 0.611 **a** kg y la ganancia por hectárea por día de 0.917 **b**, 1.998 **a** y 1.833 **a** kg, para las mismas praderas. En general los suelos fueron de las clases texturales arcilla y migajón-arcilloso; los sitios con gramíneas presentaron mayor infiltración que los sitios con leguminosa y arbustiva. Respecto a la fertilidad del suelo, los elementos esenciales nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se encontraron en bajas proporciones, en promedio fueron de 0.02 a 1.12%, de 4 a 9 partes por millón y de 0.1 a 1.0  $\text{cmoles}^+ \text{kg}^{-1}$ , respectivamente; bajos en los tres

tipos de pradera y no hay diferencia entre ellas. El contenido de carbono también fue bajo; además, a menor profundidad mayor proporción de este elemento, probablemente por mayor contenido de materia orgánica en el estrato superior, en promedio fue de 0.58, 0.31 y 0.11% para profundidades de 0 a 30, de 31 a 45 y de 46 a 60 cm, respectivamente. Debido a que las praderas asociadas produjeron el doble de forraje que la pradera pura, es probable que muchos de estos elementos fueran extraídos en mayor cantidad y por ese motivo no expresen diferencias al final del estudio. La inclusión de *Clitoria ternatea* y *Morus alba* en praderas de *Andropogon gayanus*, incrementó la cantidad de forraje total presente y la calidad nutritiva del mismo, tanto en época de lluvias como seca. La dinámica de crecimiento del forraje total fue diferente en las tres praderas, por cambios en los componentes botánicos y morfológicos. Más cantidad de forraje y mayor calidad nutritiva en las praderas asociadas, promovieron mayor ganancia de peso vivo en bovinos. Las diferentes especies cultivadas mostraron cambios en características del suelo como: infiltración del agua y capacidad de mantener la humedad aprovechable. La inclusión de Clitoria y Morera en praderas de Llanero, es una opción para mejorar la alimentación del ganado bovino en el trópico y mantener la capacidad productiva del suelo por mayores periodos.

**Palabras clave:** praderas asociadas, características del suelo, cambios en el forraje, ganancias de peso vivo.

## GENERAL ABSTRACT

### PRODUCTIVE CAPACITY OF MONO-SPECIFIC, ASSOCIATED AND SILVOPASTORAL PRAIRIES IN DRY TROPIC

Régulo Jiménez Guillén Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

This research aimed to describe soil characteristics, and forage production response of three types of cattle grazing in a dry tropical environment. Treatments included: A) *Andropogon gayanus*, A + C) *A. gayanus* and *Clitoria ternatea* and A + C + M) *A. gayanus*, *C. ternatea* and *Morus alba* pastures. In the rainy season, offered, residual and disappeared forage, was different ( $P < 0.05$ ) among treatments. The forage offered was 2,007 **b**, 4,089 **a** and 4,192 **a** kg dry matter (DM) ha<sup>-1</sup> for the prairies with A, A + C and A + C + M, respectively, and during the dry season the amount of forage offered was 1,435 **b**, 3,471 **a** and 2,547 **ab** kg DM ha<sup>-1</sup> for the same pastures. During the rainy season changes in offer and residual forage were explained by the amount of living material and stem and and for the dry season, forage changes were related to the amounts of stem, living and dead material. The nutritional quality of legume and shrub was greater than that of the grass and kept in both seasons. To analyze the seasonal growth prairies were sampled at 0, 8, 16, 24 and 32 days and at 0, 14, 28, 42 and 56 days for the humid and dry seasons, respectively. During the rainy season a different forage growth curve was observed and only Llanero prairie stabilized the amount of forage within a 32 days period, while associations remained accumulating forage. For the dry season pastures showed different patterns of growth and no difference ( $P > 0.05$ ) was observed among treatments. With regard to animal response in the rainy season, cattle grazing on A + C and A + C + M, showed higher weight gains per animal and per area than those from Llanero prairie ( $P < 0.05$ ). The weight gain per animal per day was 0.138 **b**, 0.504 **a** and 0.501 **a** kg and the increases per hectare per day were 0.826 **b**, 3.028 **a** and 3.007 **a** kg, for with A, A + C and A + C + M, respectively. In the dry season weight gain per animal per day was 0.305 **b**, 0.663 **a** and 0.611 **a** kg and those per hectare per day 0.917 **b**, 1.998 **a** and 1.833 **a** kg for the same pastures. In general soil textural class was clay and loam-clay, sites between grasses had higher infiltration capacity in comparison to legumes and legumes-shrubs. Regarding soil fertility, essential elements nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) were found in low proportions, on average: 0.02 to 1.12%, 4 to 9 parts per million and 0.1 to 1.0 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, respectively, lower in the three types of prairie and no difference between them. Was observed the carbon content was also low; in addition, at shallower depths greater proportion of this element was observed, probably because of higher content of organic matter in the top, on average was 0.58, 0.31 and 0.11% for depths from 0 to 30, from 31 to

45, and from 46 to 60 cm, respectively. Because the associated grasslands had twice as pure forage, it is likely that many of these elements were extracted in greater quantity and for that reason not differences were expressed at the end of the study. The inclusion of *Clitoria ternatea* and *Morus alba* in *Andropogon gayanus* prairies, the total amount of forage as well as its the nutritional quality, both increased during rainy and dry seasons. The forage growth dynamics was different in the three prairies, by changes in botanical and morphological components. More forage and more nutritional quality in associated prairies, promoted higher live weight gain in cattle. The different cultivated species led to changes in some properties of soil such as water infiltration and availability. The inclusion of Clitoria and Morera in Llanero prairies is an option to improve the condition of cattle in the tropics.

**Key words:** associated prairies, soil properties, forage changes, live weight gains.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El deterioro del ambiente es atribuible al uso irracional de combustibles fósiles; pero también al uso inadecuado de los recursos naturales y, entre estos, al cambio de uso del suelo. Uno de los temas de interés mundial en conservación de los recursos naturales, es el relacionado con la degradación de agostaderos y praderas, debido a que involucra la reducción del potencial de renovación de los recursos por la acción de uno o la combinación de varios factores que actúan sobre la biósfera. La degradación de los suelos es evidente en zonas áridas, éstas representan una superficie considerable: 6,100 millones de hectáreas, aproximadamente 47.2% del área continental del planeta (Lal, 2003). Además, tanto la degradación del suelo como la desertificación son problemas severos en estos ecosistemas (Dregne, 2002).

El agua líquida y gaseosa del suelo forma parte del ciclo hidrológico, el cual se puede considerar integrado por un conjunto de compartimentos. El suelo constituye uno de ellos y es la principal fuente de suministro de agua para las plantas, por su capacidad para almacenarla y cederla a medida que se requiere (Porta *et al.*, 2003). Por otra parte, los vegetales capturan carbono y lo liberan por los procesos de respiración, declinación y muerte (Figueroa *et al.*, 2005). Según Sedjo (1990), cuando la tasa de captura por las plantas es mayor que la liberación, este elemento se acumula. Si esa acumulación ocurre por periodos prolongados, el proceso se denomina secuestro de carbono. Los factores antropológicos más importantes que causan el deterioro de ecosistemas y pérdida de biodiversidad incluyen: sobrepastoreo, sobreexplotación de los árboles y arbustos, carreteras, cría de ganado y agricultura (Dugarjav y Tsetseg, 2003). Algunos manejos de hábitats tales como los sistemas agroforestales y el pastoreo racional, pueden estar enriqueciendo la agro-diversidad (Dakoh, 2003). México, como otros muchos países cuenta con una Comisión Intersecretarial del Cambio Climático; dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, uno de los rubros de investigación que

requieren un trato especial, es la “Evaluación de posibilidades de reconversión de sistemas ganaderos en silvopastoriles y agropastoriles” (SEMARNAT, 2007).

En los últimos años ha aumentado el interés en sistemas que tengan como objetivo mejorar y diversificar la productividad de ranchos ganaderos, asegurar su sostenibilidad y brindar servicios ecológicos como la conservación de fuentes de agua, conservación de la biodiversidad y secuestro de carbono entre otros (Ibrahim *et al.*, 2006). Una opción es la utilización de sistemas silvopastoriles, los cuales involucran plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), leguminosas y gramíneas forrajeras, éstas últimas son el componente tradicional en los sistemas de producción. La importancia de incluir arbustos y leguminosas que ofrezcan follaje de mayor valor nutritivo, incluye ventajas, desde el punto de vista nutricional, debido a la oportunidad de consumir proteínas y energía, de esta manera los rumiantes tienen la capacidad de seleccionar y balancear su dieta e incrementar su eficiencia nutricional (Ibrahim *et al.*, 2006).

México está constituido por cinco grandes regiones ecológicas: árida, semiárida, templada, trópico seco y trópico húmedo, con características diferentes en clima, suelo, vegetación dominante y fauna silvestre. Atributos tiene influencia marcada en el manejo y aprovechamiento de los recursos disponibles, definiendo en gran medida los sistemas de producción existentes. Las regiones consideradas son: árida, semiárida, templada, trópico seco y trópico húmedo (Améndola *et al.*, 2005).

La región de trópico seco ocupa casi 32 millones de hectáreas que corresponden al 16% del territorio nacional y 57% de las zonas tropicales (INEGI, 2008). Uno de los problemas críticos para esta región es el periodo seco que varía entre los siete y ocho meses al año. La producción de recursos naturales y en especial de biomasa forrajera se concentra en un periodo de humedad corto. Sin embargo, el manejo que se le dé a las áreas de agostadero, tanto en el periodo de lluvias como en la época seca influyen en la conservación de los recursos agua y suelo, y por lo tanto

en la producción de recursos naturales y en la sostenibilidad del sistema (Enríquez *et al.*, 1999).

En el trópico seco la especie *Andropogon gayanus* (pasto Llanero), es una alternativa forrajera por su adaptación a altas temperaturas, a suelos de baja fertilidad, por su tolerancia a la sequía y por sus altos rendimientos de biomasa (Peralta *et al.*, 1987). Sin embargo, el forraje de esta especie es de baja calidad y sus nutrimentos son insuficientes para cubrir los requerimientos del ganado que la consume (Phengvichith y Ledin, 2007). *Clitoria ternatea* (Clitoria) es una leguminosa forrajera multipropósito, que se adapta a un amplio rango de temperatura, precipitación pluvial y altitud, proporciona forraje de alto valor nutritivo para los rumiantes (Gomez y Kalamani, 2003). Se asocia bien con gramíneas como *Cenchrus ciliaris*, *Digitaria decumbens*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon plectostachyus*, *B. brizantha* y *A. gayanus* (Gomez y Kalamani, 2003; Jiménez *et al.*, 2005a y Enríquez, 1992). Por otra parte *Morus alba* (Morera) es una arbustiva forrajera que oferta follaje de alta calidad (Kabi y Bareeba, 2007). Karatassiou *et al.* (2008) sostienen que la habilidad de *M. alba* de mantener la producción de forraje en la época seca podría ser resultado de adaptación específica y mecanismos de crecimiento bajo condiciones de déficit de agua. Con el propósito de mejorar la calidad del forraje de praderas con *A. gayanus* y reducir el balance negativo de la oferta de forraje de baja calidad en la época seca, una opción sería asociar esta especie con *C. ternatea* y *M. alba*.

### **1.1. Objetivos**

Determinar las características del forraje y la respuesta productiva de bovinos, en praderas con pasto Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera en dos épocas del año, en condiciones de trópico seco.

Determinar las características edáficas en praderas con pasto Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera para un ambiente tropical seco y evaluar cambios en las características físicas.

## **1.2. Hipótesis**

Al incluir Clitoria y Morera en una pradera pura de pasto Llanero, se mejoran las características edáficas y la productividad de la pradera.

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA**

## **2.1. RECURSOS NATURALES**

### **2.1.1. El Suelo**

El suelo se define como el material mineral no consolidado en la superficie inmediata de la tierra, que sirve como medio natural para el crecimiento de plantas terrestres. Este material es afectado por el clima, macro y microorganismos y la topografía. El suelo sustenta plantas, suministrándoles la mayor parte de elementos necesarios para su nutrición y, al mismo tiempo, les sirve de anclaje (Porta *et al.*, 2003).

Investigaciones demostraron que es posible por medio de prácticas correctas de manejo y en determinados tipos de suelo, implantar proyectos ganaderos que contribúan en forma real, a mejorar las características originales del suelo desde el punto de vista agronómico y que ofrecían protección razonable contra pérdidas causadas por lixiviación o erosión (Alvim, 1978).

### **2.1.2. Humedad en el Suelo**

A pesar de la temperatura adecuada de crecimiento, la mayoría de los pastos están sometidos a estrés hídrico por escasez de agua en alguna época del año, fenómeno que afecta su potencial de producción. Cuando las plantas no están sometidas a éste estrés, la pérdida de agua por evaporación está controlada por factores climáticos; a medida que el suelo pierde humedad, la evapotranspiración de la planta disminuye, efecto asociado con una reducción de la producción de materia seca (Jones, 1982). El grado de estrés por falta de agua no depende solamente de la precipitación pluvial total, sino de la distribución a través del año y de su relación con la demanda de evaporación, las características del suelo y el patrón de enraizamiento de cada especie (Jones, 1982).

La eficiencia de utilización del agua (EUA), es decir, la materia seca (MS) producida por unidad de agua utilizada en la evapotranspiración, ha demostrado ser consistentemente más alta en gramíneas tropicales C<sub>4</sub>, en comparación con las gramíneas C<sub>3</sub> ó, con leguminosas tropicales C<sub>3</sub> (Turner y Begg, 1978). En estos experimentos, las gramíneas recibieron adecuadamente nitrógeno; sin embargo, cuando no lo recibieron, las gramíneas C<sub>4</sub> presentaron una EUA más baja que las leguminosas arbóreas.

Estudios sobre retención de agua en el suelo son necesarios para valorar la disponibilidad de agua para las plantas. El estiércol del ganado es una fuente de nutrientes para la planta, pero también contribuye a mejorar las propiedades físicas de los suelos. Al respecto Nyamangara *et al.* (2001) encontraron que el estiércol del ganado mejoró significativamente la retención de agua de un suelo arenoso, pero solamente cuando hubo baja succión.

### **2.1.3. Captura de Carbono**

Las plantas toman CO<sub>2</sub> de la atmósfera, liberan oxígeno y el carbono que capturan por éstas pasa a formar parte del carbono orgánico (CO) del suelo a través del material que desprenden. El material vegetal también es consumido por animales para incorporar el carbono al suelo a través del excremento. La biomasa radical y los microorganismos del suelo son los encargados de capturar este carbono orgánico (Schlesinger, 2000).

El carbono del suelo está constituido por CO y carbono inorgánico (CI), que juntos constituyen el carbono total de suelo (CT). El CO proviene de residuos de vegetales, animales y de toda la actividad biológica, mientras que el CI proviene de reacciones químicas espontáneas en la naturaleza y según las condiciones medioambientales puede favorecer la acumulación de carbonatos y bicarbonatos (Porta *et al.*, 2003).

Los agostaderos tienen una participación importante a nivel mundial en el proceso conocido como captura de carbono. Según Follet *et al.* (2005), en estos ecosistemas áridos se tiene una capacidad de captura de 50 a 500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Al respecto, Ibrahim *et al.* (2006), mencionan un rango para los sistemas silvopastoriles del trópico húmedo de 180 a 200 t de carbono ha<sup>-1</sup>. Existen 3,200 millones de hectáreas de pastizales en el mundo, las cuales podrían ayudar a la retención de carbono en el suelo en la misma proporción que ayudan los bosques (FAO, 2010). Sin embargo, debido al manejo inadecuado, estas áreas presentan algún grado de deterioro, lo que reduce su eficiencia en este proceso. Una de las prácticas en el manejo de praderas que incrementan las reservas de carbono, es la siembra de especies mejoradas que pueden incrementar la producción con especies resistentes al pastoreo, tolerantes a sequía y con capacidad de mejorar la fertilidad del suelo (FAO, 2010). Nyamangara *et al.* (2001) mencionan que al agregar estiércol de ganado a un suelo arenoso el carbono orgánico a una profundidad de 0 a 10 cm, se incrementó de 10 a 38%, pero únicamente en el primer año de aplicación.

## **2.2. UTILIZACIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS**

### **2.2.1. Praderas Tropicales**

En la región tropical es común la utilización de praderas de temporal a base de gramíneas introducidas, destacando *Cynodon*, *Panicum*, *Andropogon* y *Brachiaria*; sin embargo, a pesar de la importancia de estas especies los niveles de productividad animal son bajos y se atribuyen a una pérdida de la calidad del forraje, principalmente por la disminución del contenido de proteína y digestibilidad de la MS. (Enríquez *et al.*, 1999).

### **2.2.2. Uso de Leguminosas y Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico**

En general, las leguminosas frecuentemente tienen sistemas radicales más profundos que los pastos, aunque las leguminosas también muestran menor eficiencia en uso del agua (Rao, *et al.*, 1995). Las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico al suelo en un rango de 50 a 560 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, pero es más común que el rango sea entre 50 y 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Nutman, 1976; López y Sistachs, 1986). Reynolds (1982), en asociaciones gramínea-leguminosa en Oceanía, reportó fijación de nitrógeno para *P. maximun* con leguminosas, en rango de 31 a 136 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en *Brachiaria meliiformis* con las leguminosas *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* y las leguminosas nativas *Desmodium heterophyllum*, *Mimosa pudica*, *Vigna luteola*, de 83 a 182 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Asimismo, señala que la fijación aparente de nitrógeno estuvo relacionada linealmente con el rendimiento de MS de las leguminosas. También menciona que hubo poca evidencia que sugiriera que el rendimiento de los pastos se mejoró por la asociación con leguminosas. Finalmente, comenta que la cantidad de la MS, proteína cruda y nitrógeno fijado fue más alto en leguminosas introducidas que en las nativas.

### **2.2.3. Asociaciones de Gramíneas con Leguminosas**

La inclusión de leguminosas en sistemas de producción animal en los trópicos se inició cuando los investigadores se dieron cuenta que los pastos tropicales tenían menor calidad en comparación con los de clima templado; que los suelos tropicales se caracterizaban por bajo contenido de nitrógeno y además, por el bajo consumo de proteína en la dieta de rumiantes (Shelton *et al.*, 2005). La búsqueda de leguminosas tropicales adaptadas comenzó alrededor de 1950 y para 1990, se contaba con más de 17,000 accesiones de más de 20 géneros, que se habían introducido a Australia provenientes de Centro y Sudamérica (Shelton *et al.*, 2005). Otra razón para incluir leguminosas en praderas para rumiantes, es que su contenido de fibra y proteína no cambian bruscamente durante el año; por lo que la

digestibilidad del forraje en las asociaciones puede conservarse alto en comparación con praderas sólo de gramíneas (Monzote *et al.*, 1982).

El éxito de la adopción de leguminosas ocurrió cuando especies selectas atendían una necesidad de los productores. Para la ganadería del norte de Australia la inclusión de *L. leucocephala* y *C. ternatea* fue una alternativa para suelos secos y de lluvias inciertas (Conway, 2005). Otras experiencias exitosas han sido el uso de *Stylosanthes capitata*, *S. macrocephala*, *P. phaseoloides* y *A. pintoii* en praderas para pastoreo en Brasil (Fernandes, *et al.*, 2005; Valentin y Andrade, 2005a; Valentin y Andrade, 2005b). Otros casos exitosos han sido el de *A. pintoii* en praderas de *Brachiaria* en Colombia (Lascano *et al.*, 2005) y en Florida, con *A. glabrata* para heno y pastoreo (Williams *et al.*, 2005). Algunas como *C. ternatea*, se caracterizan por ser apetecible y con buen valor nutritivo. Con el propósito de mejorar la calidad del forraje, *B. decumbens*, se asoció con *C. ternatea*, la leguminosa tuvo rendimientos de hoja en base seca de 295 a 455 kg ha<sup>-1</sup>, en forraje ofrecido y 43 a 144 kg ha<sup>-1</sup> en forraje residual, lo que representa consumos del 85 y 68% respectivamente (Jiménez *et al.*, 2005b). Respecto a la calidad de la biomasa total de esta asociación, cosechada entre los meses de marzo y agosto, se reporta un contenido de proteína cruda de 6.5% y una digestibilidad de la MS de 43% (Jiménez *et al.*, 2005a).

Otro aspecto a considerar en las asociaciones, es la producción de MS. Reportes indican que se pueden obtener mayores rendimientos de MS en comparación con siembras de monocultivos no fertilizadas (Haynes, 1980). Algunos beneficios notables de la combinación de pastos-leguminosas es su potencial para proporcionar rendimientos de forraje de manera consistente, en un amplio rango de ambientes, comparado con los pastos solos (Haynes, 1980) y la fijación de nitrógeno por leguminosas asociadas (Giller y Cadish, 1995). Otras ventajas incluyen el control de la erosión, menor invasión de maleza y el daño por insectos (Sheaffer *et al.*, 1990; Roda *et al.*, 1995).

Con relación a la persistencia de la leguminosa De Santana *et al.* (1993), evaluaron la producción de MS y persistencia de una pradera asociada de *B. humidicola* con *D. ovalifolium*, en tres métodos de pastoreo: continuo; rotacional, con ocupación fija de siete días y descansos de 28 y 56 días y tres cargas animal (2, 3 y 4 novillos por ha). El porcentaje medio de leguminosa aumentó durante el periodo experimental y fue de 42% en pastoreo continuo y de 35 y 29% en los sistemas con descansos de 28 y 56 días, respectivamente.

Siles *et al.* (1995), compararon la incorporación de leguminosas a gramíneas nativas e introducidas y encontraron que al incorporar una leguminosa en praderas nativas de *Axonopus scoparius*, la producción de carne por unidad de superficie (135.5 kg de peso vivo ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) fue similar a la obtenida en una pradera de gramínea introducida; pero, la combinación de gramínea introducida con leguminosa, incrementó significativamente la productividad animal en comparación con praderas puras de gramíneas introducidas.

#### **2.2.4. Uso de las Arbustivas Forrajeras**

Los árboles y arbustos en los sistemas de producción tienen múltiples propósitos: se pueden usar como cerco vivo, para proporcionar sombra a los animales; como proveedores de postes, leña y en algunos casos, como fuente de forraje, de especial importancia en la época de sequía cuando las gramíneas están en latencia o bajan su producción. Zaragoza y Castrellón (1999), señalan una serie de árboles y arbustos que ofrecen componentes como hojas, filodios o vástagos para el consumo de rumiantes; para la región tropical destacan los géneros *Calliandra*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Quercus* y *Sesbania*.

Las partes ramoneables (hojas y yemas) de árboles y arbustos forrajeros perennifolios y deciduos tienen alto contenido de proteína cruda, carotenos, fósforo y digestibilidad de la MS y un nivel de fibra más bajo que las gramíneas; pero el

material ramoneable leñoso de arbustos es altamente lignificado y de muy bajo valor nutritivo (Holecheck, 1984).

El uso de árboles y arbustos forrajeros para la alimentación de rumiantes debe ser moderado, ya que algunos de ellos tienen altos niveles de fenólicos solubles y taninos condensados, por lo que se sugiere emplear como máximo el 30% de la dieta (Ibrahim *et al.*, 2006). Los taninos condensados, básicamente forman complejos de proteína resistentes a la degradación ruminal y reducen la eficiencia de uso de la proteína en rumen y la disponibilidad de la proteína para microorganismos celulolíticos; mientras que, los compuestos fenólicos solubles inhiben el crecimiento y actividad de las bacterias celulolíticas (Zaragoza y Castrellón, 1999).

Morera se caracteriza por el alto contenido de proteína de sus hojas y se le ha comparado con la harina de Soya, por lo que se plantea usarla como fuente de alimento para rumiantes (Vu *et al.*, 2011). Los mismos autores reportan que el contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de las hojas de esta arbustiva fue de: 22.3, 31.1 y 18.3 %, respectivamente. García *et al.* (2005) destacan que esta especie presenta una rápida recuperación después del corte, brotes abundantes y rápido desarrollo. Ésto lo atribuyen al contenido de esteroidales reguladores del crecimiento, estos compuestos saponínicos pueden constituir factores antinutricionales en rumiantes; sin embargo, la cantidad que encontraron fue inferior al nivel que puede causar toxicidad, además, las saponinas presentes en la fracción comestible de la Morera son de tipo esterooidal y no triterpénicas; estas últimas se caracterizan por tener mayores índices de toxicidad en la alimentación animal.

#### **2.2.5. Crecimiento del Forraje**

El crecimiento es definido como aumento de tamaño; a medida que crecen los organismos multicelulares a partir del cigoto, no solo aumentan en volumen, sino

también en peso, número de células, cantidad de protoplasma y complejidad (Salisbury y Ross, 1996). Para Allen *et al.* (2011), el crecimiento de las plantas es definido como la producción de tejido nuevo en plantas forrajeras. Por otra parte Da Silva y Hernández (2010), definen el crecimiento como la conversión de la energía luminosa proveniente del sol, en tejido vegetal, o sea, producción de biomasa. El principal proceso fisiológico asociado a esta etapa de producción es la fotosíntesis, que depende principalmente de la disponibilidad de luz, temperatura, agua o nutrimentos. Estructuradamente, el crecimiento está en función de la presencia de meristemas, eliminación o no del meristemo apical, reserva de carbohidratos solubles, cantidad y capacidad fotosintética del área foliar remanente, cantidad y actividad de la masa radical, condiciones de suelo y clima y del manejo de la pradera (Hodgson, 1981). El crecimiento es un fenómeno cuantitativo y por lo tanto, puede medirse y expresarse como aumento de la longitud, del diámetro del cuerpo vegetal o del peso (Rojas, 1993). Se puede evaluar mediante Tasa de Crecimiento, Tasa Relativa de Crecimiento, Índice de Área Foliar y Tasa de Asimilación Neta. La Tasa de Crecimiento se considera como el mejor estimador de la eficiencia en la producción de forraje y se refiere a la cantidad de MS producida, por unidad de área y tiempo (Pattison *et al.*, 1998).

Para evaluar el comportamiento de una pradera, se deben tomar en cuenta factores que afectan el crecimiento y acumulación de MS. Al respecto, ciertos componentes del rendimiento son influenciados por el genotipo y el ambiente. Los procesos fisiológicos que ocurren en la planta son importantes, al influir en los componentes morfológicos, de tal manera que la productividad de una pradera está directamente relacionada con la capacidad de la especie forrajera, para convertir la energía en alimento para el ganado. Por tanto, la productividad está limitada por factores que afectan los procesos de crecimiento y desarrollo que en la mayoría de los casos, no son considerados en los estudios de evaluación de especies y variedades de gramíneas y leguminosas forrajeras (Da Silva y Hernández, 2010).

Al incremento, en términos de MS producida, por unidad de área y por unidad de tiempo, se le conoce como tasa de crecimiento del forraje; es considerada el mejor estimador de la eficiencia en la producción forrajera, la cual depende de la fotosíntesis, respiración y redistribución de la ganancia de peso (Myers, 1989). La evaluación del crecimiento se ha utilizado para estimar cómo reaccionan las plantas a diferentes tratamientos o prácticas de manejo, tales como densidad de plantas, dosis de fertilización, intensidad y frecuencia de corte (Hernández, 1990) y en diferentes condiciones de crecimiento, así como para comparar el rendimiento de cultivos y especies en condiciones similares. El análisis del crecimiento permite establecer con precisión la presión del pastoreo para un manejo sostenido del recurso vegetal, una vez conocidas las tasas de crecimiento y demanda animal (Burboa, 1989).

## **2.2.6. Especies Forrajeras a Evaluar**

Debido a su adaptación al trópico, a la importancia que tienen y podrían tener en los sistemas de producción con el uso de especies forrajeras que podrían convivir en una misma comunidad, se seleccionaron para este estudio las siguientes especies.

### **2.2.6.1. Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth)**

Actualmente existen cuatro variedades reconocidas de *A. gayanus*, cuyas características distintivas se basan en la pilosidad de espiguillas: *gayanus* (*genuinos* Hack.), *tridentatus* (Hack.), *poli cladus* (Hack.) y *bisquamulatus* (Hochst.) Hack. (Keller-Grein y Schultze-Kraft, 1989). Peralta *et al.* (1987), señalan que esta especie fue introducida a Colombia en 1973 a través del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) proveniente de la Estación Experimental de Shika, Nigeria, donde es considerada una de las mejores alternativas para la producción de carne en pastoreo. Posteriormente, fue liberada como CIAT 621 en América tropical, siendo en 1987, introducida a México por el antiguo Instituto Nacional de

Investigaciones Agrícolas (INIA), proveniente del CIAT en Cali, Colombia (CIAT, 1989).

Gramínea de porte alto, amacollada de consistencia gruesa, erecta y perenne. Tallos erectos y delgados de 1 a 4 m de altura, con coronas hasta de un metro de diámetro. Hojas glabras o pubescentes, de 40 a 60 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho. La inflorescencia es panícula con espiguillas sésiles y pediceladas en racimos digitados (Keller-Grein y Schultze-Kraft, 1989; Peralta *et al.* 1987). Prospera bien desde 0 a 1,500 msnm, con precipitación entre 750 a 2,300 mm de precipitación pluvial al año y regiones con periodos de sequía de 2 a 9 meses. Crece bien en suelos secos y delgados, aunque su desarrollo óptimo lo alcanza en suelos ligeros de mediana a alta fertilidad; también, se establece bien en suelos marginales con bajo contenido de materia orgánica, desde neutros hasta los extremadamente ácidos, con pH de 4.3 y 83% de saturación de aluminio, considerados marginales para la agricultura; no resiste excesos de humedad por periodos prolongados (Peralta *et al.*, 1987; Keller-Grein y Schultze-Kraft, 1989; Sánchez *et al.*, 1992; Terrazas, 1993; Herrera y Villanueva, 1996).

Llanero presenta un sistema radical vigoroso que le permite mantener follaje verde durante la sequía. Por su vigor, agresividad y producción de semilla fértil, rápidamente coloniza áreas cercanas; es resistente a quema y se adapta bien al manejo adecuado del pastoreo. Aunque es una gramínea de baja calidad tiene altos rendimientos de forraje seco, por lo que se considera alternativa para incrementar la capacidad de carga de las praderas, aunque la respuesta de los animales no sea igual (Miles y Grof, 1989). En ecosistemas de sabana y bosque tropical, se reportan rendimientos en pasto Llanero de 6.8 a 11.4 toneladas de MS por hectárea, respectivamente (Peralta *et al.*, 1987). Adjolohoun *et al.* (2008), reportan 6.4 toneladas de MS ha<sup>-1</sup> en la región de Sudán.

Los rangos de proteína cruda (PC) fluctúan de 5.5 a 9.3 % y la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) fue de 40% en la planta entera, a 24 semanas de rebrote;

mientras que en hojas, de 3 a 15 semanas de rebrote la PC fue de 11.9% con DIVMS de 50% (Lascano y Thomas, 1989). Los resultados obtenidos muestran que existe un contenido de fibra detergente neutro (FDN) de 76.6 y 78.6%, de fibra detergente ácido (FDA) de 44.4 y 47.7% y de lignina de 9.5 y 7.0% en hojas y tallos, respectivamente (Lascano y Thomas, 1989).

#### **2.2.6.2. Clitoria (*Clitoria ternatea* Linn.)**

Leguminosa ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales (Bravo, 1971), bianual o perenne, semiarbusciva y trepadora, alcanza alturas de 60 a 70 cm (Garza *et al.*, 1978). Prospera bien desde el nivel del mar hasta 1,600 m de altitud, con mejor crecimiento en áreas con precipitaciones de 1,500 mm anuales (Skerman, 1977); se adapta a diferentes condiciones de suelo, desde arenosos hasta aluviales, limosos profundos y arcillosos y presenta un crecimiento poco vigoroso y de poca persistencia en suelos infértiles, por lo que se desarrolla exitosamente en suelos arcillosos y fértiles (Hall, 1985).

A México se introdujo proveniente de Australia en 1968, al C. E. Istmo de Tehuantepec, identificándose como IPINIA 1984, cultivar "Tehuana". La importancia de su valor radica, aparte de su buena producción de forraje y persistencia, en su alto valor nutritivo (Córdoba y Ramírez, 1993). En Australia, en la evaluación de las leguminosas más promisorias, las especies *Desmanthus* y *Clitoria* fueron las más productivas y persistentes en un periodo de 15 años (Hall y Walker, 2005). En Indonesia, en un periodo de 200 días *Clitoria* produjo de 2.3 a 3.8 toneladas de MS (Dalgliesh *et al.*, 2008). Cosechada a 42 días, se reportan contenidos de 23% de proteína total, 8.9% de cenizas y 89% de MS. Esta especie presenta un alto porcentaje de digestibilidad de la MS (74.2%), de la proteína total (85.2%), de la fibra total (61.6%) y del extracto libre de nitrógeno (72.8%; Córdoba y Ramírez, 1993).

En una evaluación en producción de leche con vacas Jersey, alimentadas con forraje de *Pennisetum purpureum* y suplementadas con forraje de *C. ternatea*, *G. sepium* y *Mucuna pruriens*, se determinó que la alimentación con Clitoria y Mucuna dieron lactancias similares, con producciones de leche diarias de 5.1 y 5.3 kg, mejores que cuando suplementaron con Gliricidia con 4.8 kg día<sup>-1</sup> (Juma *et al.*, 2006). En Australia se compararon praderas con una mezcla de las gramíneas *Bothriochloa insculpta*, *Dichantium sericeum* y *P. máximum* solas y asociadas con Clitoria durante dos años, las ganancias de peso se evaluaron en primavera, verano y otoño con variaciones muy altas que fueron de -33 en la primavera del segundo año a 114 en el verano del primer año, para las gramíneas solas y, de -12 a 156 kg en las gramíneas asociadas con Clitoria (Hill *et al.*, 2009).

### **2.2.6.3. Morera (*Morus alba* Linn.)**

Árbol o arbusto tradicionalmente utilizado para la alimentación del gusano de seda. Pertenece al orden de las *Urticales*, familia *Moraceae* y género *Morus*. Se conocen más de 30 especies y 300 variedades, aunque otros reportes indican más de 900; las más conocidas son *M. alba* y *M. nigra*, parecen tener su origen al pie del Himalaya, a pesar de su origen templado, tiene capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes (Benavides, 1995).

En la actualidad, se puede localizar en gran variedad de ambientes, creciendo bien desde el nivel del mar hasta los 4,000 metros de altitud, en regiones secas y húmedas. Tiene altos requerimientos nutricionales, por lo que requiere fertilización frecuente (García *et al.*, 2005). Los requerimientos ambientales específicos incluyen: temperatura de 18 a 38 °C, precipitación pluvial de 600 a 2,500 mm, fotoperiodo de 9 a 13 h d<sup>-1</sup> y humedad relativa de 65 a 80% (Ting-Zing *et al.*, 1988).

El follaje de la Morera tiene excelente valor nutricional debido a sus altos niveles de proteína (de 20 a 24%) y digestibilidad (de 75 a 85%). La producción de forraje está relacionada con la densidad de plantas y con la altura de corte; en Cuba, se

reportan rendimientos de 11 a 16 t de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para 45 y 90 días de rebrote (Martín *et al.*, 2000); en México Meléndez y Cordero (2001), mencionan que obtuvieron 10.7 y 17.9 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 60 y 90 días de rebrote, en la época de lluvia, respectivamente.

Cuando se utilizan arbóreas forrajeras en la alimentación de rumiantes que tradicionalmente se basa en gramíneas se mejoran las ganancias de peso del ganado. Shelton y Dalzell (2007) reportan ganancias de peso en bovinos de 0.83, 1.26 y 1.41 kg por animal por día<sup>-1</sup>, cuando se alimentaron con *Cenchrus ciliaris*, Buffel y Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Buffel mas suplemento con granos, respectivamente.

### **2.3. CONCLUSIONES**

El suelo proporciona condiciones para el anclaje y suministro de nutrimentos a las plantas, por lo que su conservación y mejora es importante. Los suelos de praderas varían en características de acuerdo a las especies vegetales y animales utilizadas.

Uno de los procesos que, en la actualidad, ha cobrado importancia por su relación con el calentamiento global, es la captura de carbono. Al respecto, las praderas pueden contribuir a mejorar el ambiente por servicios ambientales como son captura de CO<sub>2</sub> y la fijación de nitrógeno atmosférico.

Las leguminosas y arbustivas forrajeras, además de su capacidad para ofertar forraje de mayor calidad, en comparación con gramíneas, pueden integrarse en sistemas de producción y contribuir a mejorar las propiedades físicas del suelo, la fertilidad del suelo y la captación de agua y fertilidad del suelo.

El crecimiento vegetal es un proceso relacionado con la fotosíntesis y afecta la producción y calidad de forraje de una pradera. Este proceso esta relacionada con

la capacidad de las especies forrajeras que integran la pradera y con el manejo que se le da a la misma.

*Andropogon gayanus*, *Clitoria ternatea* y *Morus alba*, son especies forrajeras que están adaptadas al trópico, la gramínea se caracteriza por su tolerancia a sequía y adaptación a suelos de baja fertilidad; la leguminosa y la arbustiva, por producir follaje con alto contenido de proteína, baja cantidad de fibra y acceso a humedad en estratos más bajos del suelo.

#### 2.4. LITERATURA CITADA

Adjolohoun S., A. Buldgen, C. Adandedjan, P. Dardenne and V. Decruyenaere. 2008. Production and nutritive value of three grass species cultivated for ley pasture in the Borgou region of Benin. *Tropical Grasslands* 42: 237–244.

Allen V.G., C. Batello, E.J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. Mclvor, J. Milne, C. Morris, A. Peters and M. Sanderson. 2011. An international terminology for grazing lands and animal grazing. *Grass and Forage Science*. 66:2-28.

Améndola M.R.D., E. Castillo G. y P.A. Martínez H. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros en México. Perfiles por país del Recurso Pastura/Forraje. Eds. Suttie J.M. y Reynolds S.G. [http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doccountprof/spanishtrad/mexico\\_sp/mexico\\_sp.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doccountprof/spanishtrad/mexico_sp/mexico_sp.htm) 52 p. Pagina consultada el 22 de septiembre del 2007.

Alvim P. 1978. Potencial de la producción agrícola en la región amazónica. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Ed. Tergas L.E. y Sánchez P.A. CIAT. Cali, Colombia. pp. 17-28.

- Benavides J. 1995. Manejo y utilización de la morera como forraje. *Agroforestería de las Américas*. 2 (7):27-30.
- Bravo F.O, 1971. Efecto de la suplementación de dietas a base de semillas de *Clitoria ternatea* L. cruda o cocida con metionina y fenilalanina para la rata en crecimiento. *Técnica Pecuaria en México*. 17:7-12.
- Burboa C.F.R. 1989. Crecimiento y producción de una pradera de *Lolium perenne* L. bajo tres intensidades de pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 92 pp.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1989 (CIAT). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. CIAT. Cali, Colombia. 410 pp.
- Conway M.J. 2005. Butterfly pea in Queensland: a tropical forage legume success story. *In*: F.P. O'mara, R.J. Wilkings, L. 't Mannetje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). *Proceedings of the XX International Grassland Congress*. Ireland and United Kingdom. p. 331.
- Córdoba B.A. y Z.R. Ramírez. 1993. Conchita azul (*Clitoria ternatea*) Tehuana, leguminosa forrajera para el Istmo de Tehuantepec. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Oaxaca, México. Folleto Técnico No.2. 20 p.
- Dakoh M.B.K. 2003. Agriculture and biodiversity conservation in Africa through indigenous knowledge. *Conserving biodiversity in the arid regions*. Ed. Lemons J. Reginald V. and Schaffer D. Kluwer Academic Publisher. Massachusetts, USA. pp. 73-86.

- Dalgliesh N., E. Budisantoso, T. Darbas, Y. Ngongo and J. Whish. 2008. Developing a strategy for improved crop and animal production in the semi-arid tropics of Wets Timor. Ed. M. Unkovich. Proceedings of 14<sup>th</sup> Agronomy Conference. Adelaide, South Australia. pp 129-131.
- Da Silva S.C. y G.A. Hernández. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. Los forrajes y su impacto en el trópico. Ed. Velazco Z.M.E., Hernández G.A., Perezgrovas G.R. y Sánchez M.B. Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México. pp. 63-95.
- De Santana R.J., M.J. Pereira, A.M. Moreno e M.J. Spain. 1993. Persistencia e qualidade proteica da consorciacao *Brachiaria humidicola-Desmodium ovalifolium* cv. Isabela sob diferentes sistemas e intensidades de pastejo. *In: Pasturas Tropicales*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Vol. 15(2):2-8.
- Dregne H.E. 2002. Land degradation in the drylands. *Arid Land Res. and Manage.* 16:99-132.
- Dugarjav Ch. and B. Tsetseg. 2003. Conservation and sustainable use of biodiversity in the Trans-Altai Gobi desert of Mongolia. *Conserving biodiversity in the arid regions*. Ed. Lemons J., Reginald V. and Schaffer D. Kluwer Academic Publisher. Massachusetts, USA. pp. 135-156.
- Enríquez Q.J.F. 1992. Establecimiento e índice de compatibilidad relativa de *Clitoria ternatea* L. con tres gramíneas de crecimiento contrastante. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. 103 pp.
- Enríquez Q.J.F., F. Meléndez N. y E.D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP-CIRGOC.

- Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México. 262 pp.
- Fernandes C.D., B. Grof, S. Chakraborty, and J.R. Verzignassi. 2005. Estilosantes Campo Grande in Brazil: a tropical forage legume success story. *In*: F.P. O'mara, R.J. Wilkings, L. 't Mannelje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grasslands Congress. Dublin, Ireland. p. 330.
- Figuroa N.C., J.D. Etchevers B., A. Velásquez M. y M. Acosta M. 2005. Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación en la sierra norte de Oaxaca. *Terra Latinoamericana*. 23 (1): 57-64.
- Follet R.F., J.G. Castellanos y E.D. Buenger. 2005. Carbon dynamics and sequestration in an irrigated Vertisol in Central Mexico. *Soil and Tillage Res.* pp. 148-158.
- Food and Agriculture Organisation-UN. (FAO). 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Compiled by T. Conant R. Plant Production and Protection Division. 67 p.
- García D.E., M.G. Medina y F. Ojeda. 2005. Efectos de los niveles de fertilización, La variedad y la época en los contenidos de saponinas esteroidales en Morera (*Morus alba* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*. 9(2):87-96.
- Garza T.R., G.A. Portugal y A.S. Aluja. 1978. Producción de carne con pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) solo o asociado con leguminosas tropicales. *Técnica Pecuaria en México*. 37:17-28.

- Giller K.E. and G. Cadish. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. *Plant soil* 174:225-227.
- Gomez S.N. y A. Kalamani. 2003. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics – An overview. *Pakistan Journal of Nutrition* 2(6):374-379.
- Hall T.J. 1985. Adaptation agronomy of *Clitoria ternatea* L. in Northern Australia. *Tropical Grasslands*. 19 (4): 156-163.
- Hall T.J. and R.W. Walker. 2005. Pasture legume adaptation to six environments of the seasonally dry tropics of north Queensland. *Tropical Grasslands* 39:182-196.
- Haynes R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy Journal*. 33:227-261.
- Hernández G.A. 1990. Crecimiento, fotosíntesis y rendimiento de la alfalfa en respuesta a la defoliación. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 68 pp.
- Herrera C.F. y J.F. Villanueva A. 1996. Introducción y evaluación de germoplasma forrajero para el mejoramiento de la ganadería en la Sierra de Nayarit. Primera Reunión de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Nayarit. Tepic, Nayarit. pp. 165-166.
- Hill J.O., D.B. Coates, A.M Whitbread, R.L. Clem, M.J. Robertson and B.C. Pengelly. 2009. Seasonal changes in pastures quality and diet selection and their relationship with liveweight gain of steers grazing tropical grass. *Animal Production Science* 49: 083-993.

- Hodgson J. 1981. Sward studies: objectives and priorities. *In*: J. Hodgson, R.D. Braker, A. Davies, A.S. Laidlaw and J.D. Leaver (Eds.) Sward measurement handbook. The British Grasslands Society. Berkshire, England. pp. 1-14.
- Holecheck L.J. 1984. Comparative contribution of grasses, forbs and shrubs to the nutrition of range ungulates. *Rangelands*. 6 (6): 261-263.
- Ibrahim M, J. Rojas y C. Villanueva. 2006. Tecnologías forrajeras para la intensificación de la ganadería y la conservación de los recursos naturales en el trópico. *In*: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. Editado por: Universidad Autónoma de Chiapas. pp. 113 – 156.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). <http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>. Página consultada el 13 de febrero del 2008.
- Jiménez G.R., J. Olivares P., S. Rojas H., and A. Martínez H. 2005a. Forage yield and quality of Signal grass-Clitoria mixture grazed at different frequencies. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. *In*: J.J. Murphy (Ed.). Proceedings of a satellite workshop of the XX International Grassland Congress. Cork, Ireland. p. 172.
- Jiménez G.R., S. Rojas H., J. Olivares P., A. Martínez H., and J. Pérez P. 2005b. Yield components in a Signal grass-Clitoria mixture grazed at different herbage allowance. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. *In*: J.J. Murphy (Ed.). Proceedings of a satellite workshop of the XX International Grassland Congress. Cork, Ireland. p. 169.
- Jones R.R. 1982. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodología de evaluación. CIAT (Centro Internacional de Agricultura

- Tropical). *In*: O. Paladines y C. Lascano (eds.) Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Calí, Colombia. 186 pp.
- Juma H.K., S.A. Abdulrazak, R.W. Muinga and M.K. Ambula. 2006. Evaluation of Clitoria, Gliricidia and Mucuna as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows. *Livestock Science* 103:23-29.
- Kabi F. y F,B, Bareeba. 2007. Herbage biomass production and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) and *Calliandra calothyrsus* harvested at different cutting frequencies. *Animal Feed Science and Technology* 140(1-2):178-190.
- Karatassiou M., Z.M. Parissi, E.M. Abraham and A.P. Kyriazopoulos. 2008. Growth of *Morus alba* L. under water deficit conditions. *Options Méditerranéennes serie A* 79:315-318.
- Keller-Grein G. y R. Schultze-Kraft. 1989. Descripción botánica y distribución natural de *Andropogon gayanus*. *In*: J.M. Toledo, R. Vera, C. Lascano y J.M. Lenné (eds.) *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. CIAT. Cali, Colombia. pp. 120-139.
- Lal R. 2003. Cosecha de agua y secuestro de carbono del suelo. Memoria: XI Conferencia Internacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Texcoco, México. pp. 155-170.
- Lascano C.E., M. Peters, and F. Holman. 2005. *Arachis pintoi* in the humid tropics of Colombia: a forage legume success story. *In*: F.P. O'mara, R.J. Wilkings, L. 't Mannetje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grasslands Congress. Dublin, Ireland. p. 327.

- Lascano C. y D. Thomas. 1989. Calidad de *Andropogon gayanus* y productividad animal. In: J.M. Toledo, R. Vera, C. Lascano y J.M. Lenné (eds.) *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para suelos ácidos del trópico. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p 406.
- López M. y E. Sistachs. 1986. Los pastos en Cuba. Capítulo 8. Ed. Edica. La Habana, Cuba. 453 p.
- Martín G., F. García, F. Reyes, I. Hernández, E. González y Milagros Milera,. 2000. Estudios agronómicos realizados en Cuba en *Morus alba*. Pastos y Forrajes. 23:323.
- Meléndez N.F. y A.J.C. Cordero. 2001. Producción de forraje de dos variedades de *Morus* spp a diferentes frecuencias de corte en Tabasco. Memorias. II Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. Villahermosa, Tabasco. Memoria en CD.
- Miles J.W. y B. Grof. 1989. Genética y fitomejoramiento de *Andropogon gayanus*. In: J.M. Toledo, R. Vera, C. Lascano y J.M. Lenné (eds.) *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp 21-37.
- Monzote M., E. Castillo y M. García. 1982. Comparación de sistemas de alimentación basados en gramíneas puras o asociadas con leguminosas para la producción de carne. 1. Comportamiento del pastizal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 20:95-102.
- Myers F.J. 1989. Basic Biology of Plant Growth. In: James F.J.B., A.P. Wright, L.G. McClimont and A. Lazenby. (Eds.) Intensive utilization of pastures. Angus and Robertson LTD. Australia. pp. 19-23.

- Nyamangara J., J Gotosa and S.E Mpfu. 2001. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. *Soil and Tillage Research*. 62(3-4):157-162.
- Nutman P S. 1976. IBP field experiments on nitrogen fixation by nodulated legumes. *In: P.S. Nutman (ed.) Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants*. Cambridge university Press. Cambridge. pp. 211- 237.
- Pattison R.R., G. Goldstein and A. Ares. 1998. Growth, biomass allocation and photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species. *Oecología*. 117 (4):449-459.
- Peralta M. A., S. A. Ramos, J.F. Enríquez Q., J. López J., A. Cigarroa, J. Palomo y B.A. Córdoba. 1987. Pasto Llanero *Andropogon gayanus* Kunth. una alternativa para el trópico de México. Folleto Técnico No.2. INIFAP-SARH. Veracruz, Ver. México. 17 p.
- Phengvichith P. y I. Ledin. 2007. Effects of supplementing Gamba grass (*Andropogon gayanus*) with Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) hay and Cassava root chips on feed intake, digestibility and growth in goats. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20(5): 725 – 732.
- Porta C.J., R.M. López-Acevedo y L.C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3.<sup>a</sup> Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 960 pp.
- Rao I.M., Ayarza M.A. y García R. 1995. Adaptative attributes of tropical forage species to acid soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C<sub>4</sub> grasses and C<sub>3</sub> legumes. *Journal of Plant Nutrition*. 18(10):2135-2155.

- Reynolds S.G. 1982. Contribution to yield, nitrogen fixation and transfer by local and exotic legumes in tropical grass legumes mixtures in western Samoa. *Tropical Grasslands*. 16:76-80.
- Roda A.L., D.L. Landis, M.L. Coggins, E. Spandl and O.B. Hesterman. 1995. Forage grasses decrease alfalfa weevil (*Coleoptera: Curculionidae*) damage and larval numbers in alfalfa-grass intercrops. *J. Econ. Entomol.* 89:743-750.
- Rojas G.M. 1993. *Fisiología Vegetal aplicada*. 4ª Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 pp.
- Salisbury B.F. y C.W. Ross. 1996. *Fisiología vegetal*. 2da. Edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. 759 pp.
- Sánchez R.R., C.F. Carrete, F. Villanueva A., F. Herrera C. y L. Mena H. 1992. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en el norte de Nayarit. *Memorias Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México*. Chihuahua, Chih. p. 43.
- Schlesinger W.H. 2000. *Biogeoquímica: un análisis del cambio global*. Ed. Ariel Barcelona, España. 378 pp.
- Sedjo A.R. 1990. The global carbon cycle. Area forest the missing sink? *J. For.* 88:33-34.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. México. 157 pp.
- Sheafer C.C., D.W. Miller and G.C. Marten. 1990. Grass dominance and mixture yield and quality in perennial grass-alfalfa mixtures. *J. Prod. Agric.* 3:480-485.

- Shelton H.M., S. Franzel, and M. Peters. 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. Grassland a Global Resource. Ed. D.A. McGilloy. XX International Grassland Congress. Ireland and United Kingdom. pp. 149-166.
- Shelton M and S. Dalzell. 2007. Production, economic and environmental benefits of *Leucaena* pastures. *Tropical Grasslands* 41: 174–190.
- Siles N., A. Vallejos, A. Ferrufino y J. Espinoza J. 1995. Ganancia de peso de bovinos en pastoreo en el trópico húmedo de Cochabamba, Bolivia. *Pasturas Tropicales*. 17 (3): 27-31.
- Skerman M.L. 1977. Tropical forage legumes. Production and protection series. Edited by FAO. Roma, Italia. 60 p.
- Terrazas P.G. 1993. Guía para el establecimiento del pasto Llanero en Nayarit. Boletín para productores. INIFAP-SARH. 17 p.
- Ting-Zing Z., Yung-Fang T-, Guang-Xian H., Huaiz-Hong F- and Ben M. 1988. FAO. Agricultural Services Bulletin. No. 73/1. Rome, Italy. p. 127.
- Turner N.C. y Begg J.E. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. In: Wilson J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO. Melbourne, Aust. p. 50-66.
- Valentin J.F. and C.M.S. Andrade. 2005a. Tropical Kudzú (*Pueraria phaseoloides*): a success history of its adoption in sustainable cattle production systems in the western Brazilian Amazon. In: F.P. O'mara, R.J. Wilkings, L. 't Mannetje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grassland Congress. Ireland and United Kingdom. p. 328.

- Valentin J.F. and C.M.S. Andrade. 2005b. Forage peanut (*Arachis pinto* cv. Belmonte): a high yielding and high quality tropical legume used in sustainable cattle production systems in the western Brazilian Amazon. *In*: F.P. O´mara, R.J. Wilkings, L. ´t Mannelje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grassland Congress. Ireland and United Kingdom. p. 329.
- Vu C.C., M.W.A. Verstegen, W.H. Hendriks and K.C, Pham. 2011. The nutritive value of Mulberry leaves (*Morus alba*) and partial replacement of cotton seed in rations on the performance of growing vietnamese cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24 (9): 1233 –1242.
- Williams M.J., K.H. Quesenberry, G.N. Prine and C.G. Olsen. 2005. Rhizome peanut – more than a “Lucerne” for the subtropical USA. *In*: F.P. O´mara, R.J. Wilkings, L. ´t Mannelje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M. Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grassland Congress. Ireland and United Kingdom. p. 335.
- Zaragoza R.J. y M.J. Castrellón. 1999. Los arbustos y árboles en la nutrición de rumiantes. Memorias. II Seminario Internacional. Estrategias de suplementación a bovinos en pastoreo. UACH. Chapingo, México. pp. 64-88.

**CAPÍTULO 3. CAMBIOS ESTACIONALES EN LA BIOMASA EN PRADERAS  
PURA Y ASOCIADAS EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO**

# CAMBIOS ESTACIONALES EN LA BIOMASA EN PRADERAS PURA Y ASOCIADAS EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las características del forraje en praderas con *Andropogon gayanus* solo y asociado con *Clitoria ternatea* y con *Morus alba* en dos épocas del año, en la región de trópico seco. En cada época se realizaron dos ciclos de pastoreo rotacional. Los tratamientos fueron praderas con: A) *A. gayanus* (Llanero); A+C) *A. gayanus* y *C. ternatea* (Clitoria) y A+C+M) *A. gayanus*, *C. ternatea* y *M. alba* (Morera). El diseño experimental utilizado fue Bloques al Azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento PROC MIXED del programa SAS y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Las alturas de las especies cultivadas no se modificaron al usarse solas o en asociación. En la época de lluvias, el forraje total presente (FTP) ofrecido, residual y desaparecido, fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. El FTP ofrecido por pastoreo fue de 2,007<sup>b</sup>, 4,089<sup>a</sup> y 4,192<sup>a</sup> kg de materia seca (MS) ha<sup>-1</sup> para las praderas con A, A+C y A+C+M, respectivamente. En el FTP residual, permanece la diferencia entre A y A+C+M; mientras que, la pradera A+C, muestra una cantidad intermedia. El FTP desaparecido mostró ser mayor ( $P < 0.05$ ) en la asociación de A+C, comparado con los otros tratamientos. Los componentes morfológicos que se modificaron entre las praderas fueron tallo (T) y material vivo (MV). En la época seca, la cantidad de FTP ofrecido por pastoreo fue de 1,435<sup>b</sup>, 3,471<sup>a</sup> y 2,547<sup>ab</sup> kg de MS ha<sup>-1</sup>, para A, A+C y A+C+M, respectivamente. La pradera A+C superó en 140% a la pradera A, estas diferencias en el FTP ofrecido ( $P < 0.05$ ), se reflejaron en el FTP residual, con una tendencia ( $P = 0.06$ ) en la cual la pradera A+C tuvo mayor FTP que la pradera pura; mientras que la pradera A+C+M, mostró una cantidad intermedia. Los componentes morfológicos que fueron diferentes entre praderas fueron T, MV y material muerto (MM). El componente "otras especies" (OE) fue mayor en época de lluvias y contribuyó de 8 al 17% en el FTP ofrecido. En la época de lluvias en las hojas de las especies cultivadas, los porcentajes de proteína cruda (PC) fueron de 8.3, 22.9 y 20.5%, para Llanero, Clitoria y Morera, respectivamente; de fibra detergente neutro (FDN) 63.6, 41.3 y 20.2% y de fibra detergente ácido (FDA) 36.9, 31.4 y 20.2%, para las mismas especies. En la época seca los porcentajes fueron de 6.6, 25.3 y 15.3% para PC; 68.4, 34.2 y 17.5% para FDN y 39.2, 24.3 y 14.9% para FDA, para las mismas especies, respectivamente. Durante la época de lluvia las características del forraje total presente ofrecido y residual fueron definidas por la cantidad de tallo y material vivo. En la época seca, estos

cambios en el forraje total presente estuvieron relacionados con la cantidad de tallos, material vivo y material muerto. La calidad nutritiva del follaje de la leguminosa y la arbustiva fue mayor que el de la gramínea y no es afectado por la estacionalidad.

**Palabras clave:** praderas asociadas, estacionalidad productiva, composición del forraje, calidad nutritiva.

# SEASONAL FORAGE BIOMASS CHANGES IN PURE AND ASSOCIATED PRAIRIES WITHIN THE DRY TROPIC

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

## ABSTRACT

The main purpose of this study was to determine forage characteristics for prairies with *Andropogon gayanus* alone and associated with *Clitoria ternatea* and *Morus alba* during two seasons within the dry tropical region. For both evaluated seasons there were two cycles of rotational grazing. Treatments included prairies with: A) *A. gayanus* (Llanero), A + C) *A. gayanus* and *C. ternatea* (Clitoria) and A + C + M) *A. gayanus*, *C. ternatea* and *M. alba* (Morera). The experimental design was a randomized block with three replications. Data was analyzed through SAS's PROC MIXED program and the Tukey test for mean comparisons. Plant heights of cultivated species did not change when alone or associated. During the rainy season, total forage present (TFP) offered, residual and disappeared was different ( $P < 0.05$ ) among treatments. TFP offered was 2,007b, 4,089a and 4,192a kg dry matter (DM) ha<sup>-1</sup> for A, A+C and A+C+M, respectively. Evaluating residual TFP differences did persist between A and A+C+M, while A+C, showed an intermediate value. The TFP disappeared was higher ( $P < 0.05$ ) for A+C, compared with other treatments. Morphological components among prairies included stem (S), and living material (LM). During dry season, the amount of TFP offered in grazing period was 1,435b, 3,471a and 2,547ab kg DM ha<sup>-1</sup> for A, A+C and A+C+M, respectively. Treatment A+C exceeded 140% to treatment A, these differences in the TFP offered ( $P < 0.05$ ), were reflected in the residual TFP, with a trend ( $P = 0.06$ ) A+C treatment had higher TFP in comparison to the pure prairie; on the other hand A+C+M, showed an intermediate value. Morphological components including differences among treatments were S, LM and dead material (DM). The "other species" (OS) was higher during the rainy season and had an 8 to 17% for the TFP offered. For the rainy season in leaves of cultivated species, the percentages of crude protein (CP) were 8.3, 22.9 and 20.5%, for Llanero, Clitoria and Morera, respectively; of neutral detergent fiber (NDF) were 63.6, 41.3 and 20.2% and of acid detergent fiber (FDA) were 36.9, 31.4 and 20.2%, to the same plants. For the dry season the percentages were 6.6, 25.3 and 15.3% for CP; 68.4, 34.2 and 17.5% for NDF, 39.2, 24.3 and 14.9% for FDA, for the same species, respectively. During the rainy season the characteristics of total present forage offered and residual were defined by amounts of stem and living material. For the dry season, these changes in total forage present were related to the amounts of stems, living material and dead material. The nutritional quality of legume foliage and shrubs foliage was greater than the grass and is unaffected by seasonality.

**Key words:** associated prairies, seasonal production, forage composition, nutritional quality.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

En sistemas de explotación en pastoreo de ganado bovino, el restringido periodo de oferta de forraje por la estacionalidad de las lluvias, además de la disminución del contenido de proteína y digestibilidad del mismo, son las principales limitantes para incrementar la producción animal (Enríquez *et al.*, 1999). La inclusión de leguminosas y arbustivas como forraje de mayor calidad en praderas de gramíneas, puede mejorar el valor nutritivo de la MS total, por periodos prolongados del año. En América Central y el Caribe, existen numerosas especies de árboles y arbustos, que poseen gran potencial para producción de forraje (Benavides, 1999). Muchas de éstas poseen valor nutricional superior a los pastos y producen una elevada cantidad de biomasa comestible durante el año. Hernández y Benavides (1997), señalan que la adición de árboles y arbustos en empresas ganaderas, es una alternativa para incrementar el rendimiento de forraje, debido a que permite una producción sostenida, en términos de productividad, al compararlas con las leguminosas herbáceas.

En la época seca, es común la reducción del contenido de proteína y digestibilidad, así como el incremento en proporciones de pared celular de gramíneas, lo que causa disminución del consumo y pérdidas de peso en los animales (Reiter, 2002). Los arbustos de Morera (*Morus spp.*) presentan alta retención de hojas al final del periodo seco (Benavides, 1995). Con relación a la producción de forraje de esta arbustiva Hernández *et al.* (2005), reportan 11 toneladas ha<sup>-1</sup> de MS de hoja al año. La Morera tiene alto valor nutritivo como forraje; entre cuatro y seis semanas de crecimiento, las hojas tienen 71% de digestibilidad *in vitro* de la MS, 22% de proteína bruta y los tallos consumibles 42% y 9%, respectivamente (Pizarro *et al.*, 1997). Con relación a la adaptación de esta arbustiva al trópico seco Benavides *et al.* (1995), afirman que es tolerante a periodos secos, aunque no especifica la magnitud. Sin embargo, su recuperación a las primeras lluvias es excelente (Pizarro *et al.*, 1997).

El establecimiento de leguminosas rastreras es difícil en el trópico cuando las praderas de gramíneas son dominantes; sin embargo, una vez que el nitrógeno se vuelve limitante en la misma, pueden volverse dominantes dado que consiguen cerca del 80% de sus requisitos mediante fijación biológica y aportan a la asociación mediante la mortandad de raíces (Trannin *et al.*, 2000). El género *Clitoria* comprende sesenta especies distribuidas principalmente en el trópico y *C. ternatea* es la de mayor importancia económica en el género (Fantz, 1990). *Clitoria ternatea* ha sido reconocida como una especie valiosa para la fijación de nitrógeno; sin embargo, su potencial no ha sido explotado ampliamente en este aspecto (Villanueva *et al.*, 2004; Alderete-Chávez *et al.*, 2011). Ramírez *et al.* (2003), concluyeron que con diferentes asignaciones de forraje, la oferta de hoja se modifica en praderas asociadas Estrella-Clitoria y la leguminosa se ve afectada por efecto del pastoreo, recomendando pastoreos controlados para incrementar su participación en el rendimiento de forraje y en su persistencia. En vacas Suizo Pardo en producción, no se afectó el rendimiento de leche y se redujeron los costos de alimentación en 25%, al utilizar heno de *Clitoria* a niveles de hasta 100% (Bustamante *et al.*, 2002).

### **3.1.1. Objetivo**

Determinar las características del forraje en praderas con *Andropogon gayanus* solo y asociado con *Clitoria ternatea* y con *Morus alba* en dos épocas del año, en la región de Trópico Seco.

### **3.1.2. Hipótesis**

Las características del forraje y la composición botánica del forraje van a depender con que especies se asocie *Andropogon gayanus* y de la época del año.

## 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.2.1. Localización del Área Experimental

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Iguala, ubicado en la región norte del Estado de Guerrero. El sitio se ubica a 99° 33' de longitud oeste, 18° 22' de latitud norte y 635 msnm.

### 3.2.2. Características Edafoclimáticas de la Región

El clima de la región se considera como  $Aw_0$ , cálido seco con lluvias en verano. Presenta un periodo corto de lluvias, de junio a octubre, el resto del año lo constituye el periodo seco. La precipitación media anual es de 1045 mm, que ocurre, en 87 días; sin embargo, la evaporación potencial anual es de 2175 mm. Las temperaturas máxima, mínima y media son de 44.5, 18.0 y 33.7 °C. Los suelos son de textura arcillosa, ligeramente compactos, con 1% de materia orgánica y pH de 7.9 a 8.2 (INEGI, 2008). Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el periodo experimental se muestran en la Figura 3.1 (INIFAP, 2011).

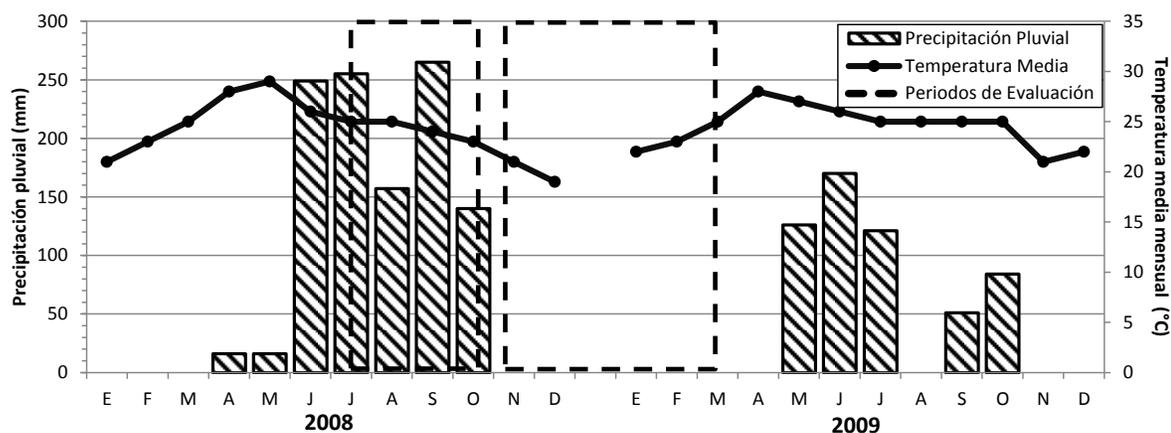


Figura 3.1. Precipitación pluvial y temperatura media mensual en el sitio y periodo experimental

### 3.2.3. Área Experimental y Tratamientos

El área experimental ocupó 3.0 hectáreas, divididas en bloques de 1.0 ha (Fig. 3.2). Cada bloque alojó tres unidades experimentales de igual tamaño, donde se establecieron al azar los tres tipos de pradera que constituyen los tratamientos a comparar:

T1. Pradera pura (PP) únicamente, con pasto Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth).

T2. Pradera asociada (PA) conformada con pasto Llanero asociado con Clitoria (*Clitoria ternatea* Linn.).

T3. Pradera silvopastoril (PSP) conformada con pasto Llanero asociado con Clitoria y con Morera (*Morus alba* Linn.).

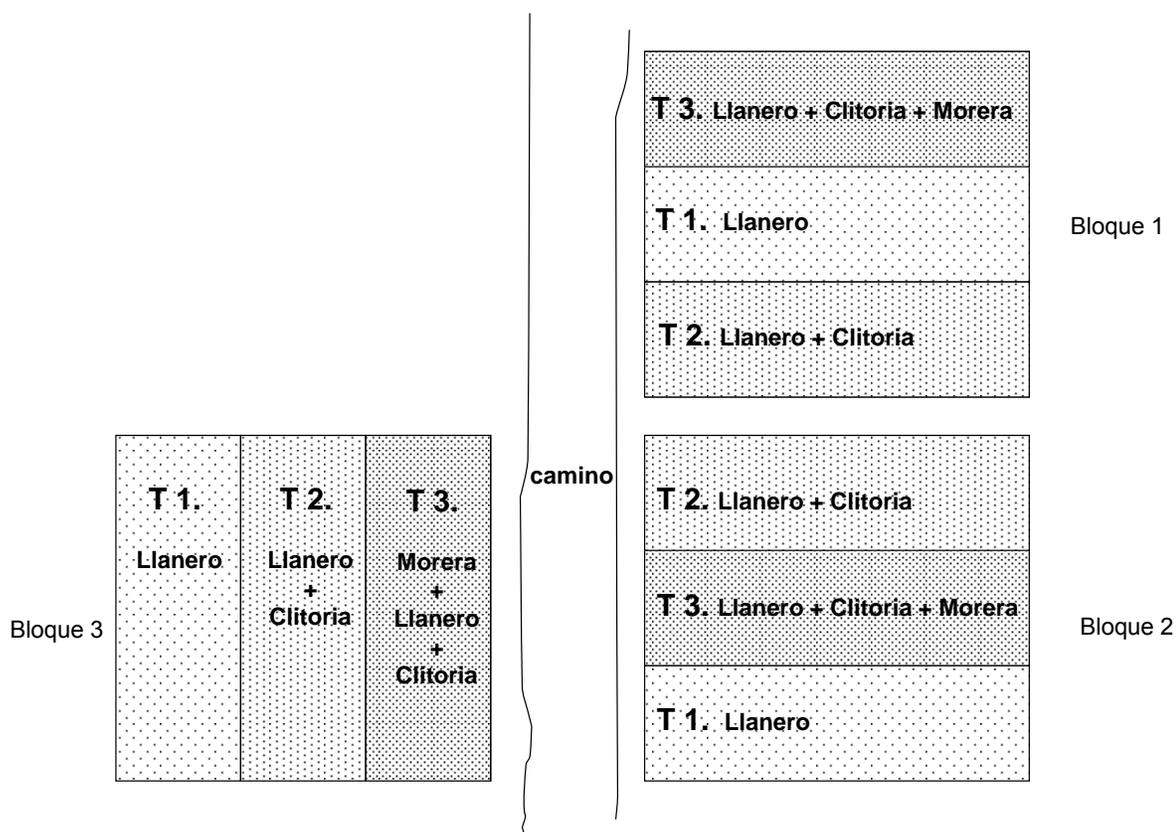


Figura 3.2. Diseño del área experimental y distribución de tratamientos.

### 3.2.4. Establecimiento de las Praderas Experimentales

En el terreno se barbechó y se dieron dos rastreos, surcando se realizó cada 0.8 m. El arreglo fue: T1, surcos consecutivos de pasto Llanero; para T2, dos surcos con Llanero y dos surcos con Clitoria; T3, dos surcos de Llanero, uno de Clitoria, uno de Morera y otro con Clitoria. Para T2 y T3, repitieron consecutivamente los arreglos. En el surco, la siembra se realizó cada 0.65 m (gramínea); a flujo de semilla (leguminosa) y estaca de 0.35 m, cada dos metros. Los tratamientos tuvieron 16 meses al inicio de la fase experimental.

### 3.2.5. Duración del Experimento

Cada unidad experimental estuvo dividida en nueve potreros, en los cuales se usó pastoreo rotacional con cuatro días de ocupación y 32 días de descanso, para el periodo de lluvias; y de una semana de ocupación y ocho semanas sin pastoreo, en la época seca. En el potrero central se realizaron mediciones de variables del suelo y la vegetación (Fig. 3.3).

La evaluación de las praderas se dividió en dos periodos, uno para la época de humedad (de julio a octubre) y otro para época seca (de noviembre a marzo). Ambos estudios se analizaron de forma separada.

Época de lluvias (2008)			
jul	ago	sep	oct
- Dos ciclos de pastoreo - Tiempo total del estudio 72 días - Dos animales por repetición			

Época seca (2008-2009)				
nov	dic	ene	feb	mzo
- Dos ciclos de pastoreo - Tiempo total del estudio 126 días - Un animal por repetición				

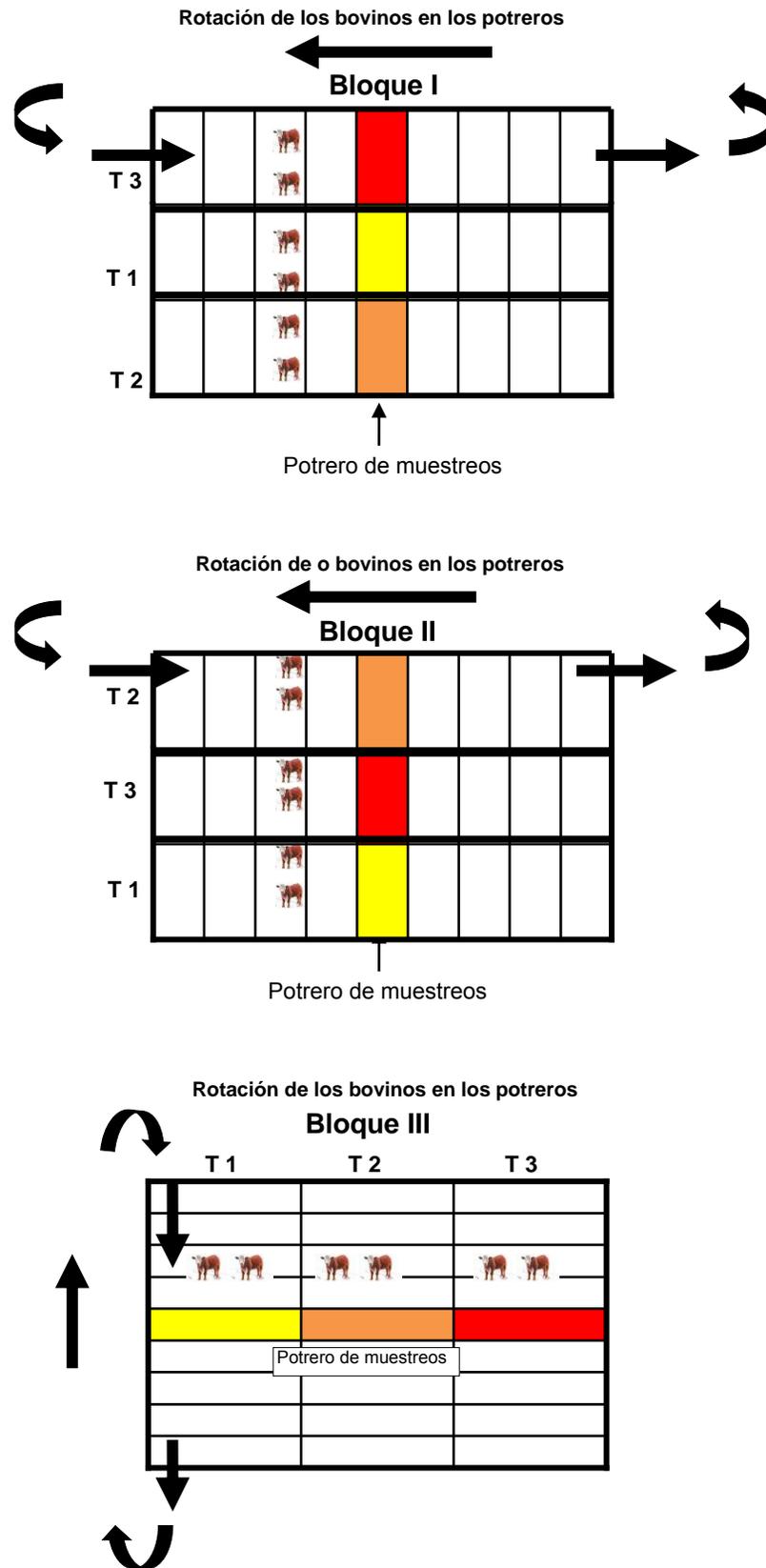


Figura 3.3. Diseño del área experimental y el manejo del pastoreo.

### **3.2.6. Variables Medidas y Calculadas**

Para evitar variaciones al inicio y al final de cada ciclo de pastoreo, la medición de las variables se realizó en el potrero central. Se midieron variables en campo: alturas, forraje presente antes y después de cada pastoreo; otras se calcularon: forraje desaparecido y, después de separar componentes botánicos y morfológicos: Llanero, Clitoria y Morera; hojas, tallos y material muerto; razones hoja.tallo y hoja:no hoja. Finalmente, las variables relacionadas con calidad nutritiva de hoja se determinaron en laboratorio: proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y hemicelulosa.

#### **3.2.6.1. Variables medidas en el forraje ofrecido**

Antes de que los bovinos ingresaran al potrero seleccionado, se realizaron las mediciones de algunas características en las especies forrajeras de interés.

##### **3.2.6.1.1. altura de las especies cultivadas**

La altura de las tres especies cultivadas se midió del nivel del suelo y hasta la hoja más alta sin extenderla utilizando seis plantas de Llanero y Clitoria y, en una de Morera, en cada unidad experimental.

##### **3.2.6.1.2. forraje presente por componente botánico y total**

Para determinar la cantidad de forraje total y sus componentes botánicos se usó el método de muestras pareadas; para lo cual, se trazó un transecto de forma dirigida, a un lado del mismo se midió el forraje ofrecido antes del pastoreo y al lado opuesto, el forraje residual, posterior al pastoreo. Con el propósito de tener un área representativa que incluyera la evaluación de las tres especies sembradas, el área de muestreo fue de ocho metros cuadrados. Las plantas cultivadas no se cortaron a ras de suelo, debido a que este método afecta el rebrote del forraje; por lo que se

afectaría la cantidad de forraje presente en los pastoreos subsecuentes. En pasto Llanero, el corte se realizó a 25 cm del suelo, en la leguminosa a 20 cm y en la arbustiva, el tallo o tallos principales fueron cortados a un metro y en la evaluación se cosechó todo el rebrote que pudiera ser consumido por los animales; de manera manual, se arrancó el forraje simulando el pastoreo. El forraje presente contenido dentro del área se cortó y se pesó de manera independiente para la gramínea, leguminosa, arbustiva y otras especies no cultivadas, para estimar la cantidad por componente. De cada uno de ellos, se tomó una sub-muestra de 0.5 kg, ésta se colocó en bolsas de papel y permaneció en estufa de aire forzado por 72 h a 55 °C, para determinar el porcentaje de materia seca (MS) y posteriormente, se realizaron los cálculos para expresar las cantidades de forraje presente como MS por hectárea. Para calcular la cantidad total del forraje, se sumaron todos los componentes. De los componentes botánicos solo se menciona al pasto Llanero en los resultados, ya que esta especie se tenía en las tres praderas y se pudieron hacer las comparaciones respectivas.

Del componente “otras especies” también se tomó una sub-muestra de 0.5 kg, ésta se separó en especies de hoja ancha y hoja angosta. Estos últimos componentes, se sometieron al mismo procedimiento de secado descrito y se expresaron en forraje seco.

#### **3.2.6.1.3. composición morfológica de las especies cultivadas**

De las muestras de Llanero, Clitoria y Morera se tomó una sub-muestra de 1.0 kg, la cual se separó en hojas, tallos y material muerto. A estos componentes morfológicos también se le aplicó el procedimiento de secado, ya mencionado.

#### **3.2.6.1.4. calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas**

El componente morfológico de mayor calidad nutritiva y consumido por rumiantes, es la hoja; por esa razón, el análisis bromatológico se realizó solo para este

componente y se efectuaron determinaciones de materia seca, cenizas, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

#### **3.2.6.1.4.1. contenido de materia seca, cenizas y proteína cruda**

El contenido de materia seca, cenizas y proteína cruda se determinaron por los métodos 967.03, 942.05 y 976.05, respectivamente, identificados en el AOAC (2000).

#### **3.2.6.1.4.2. contenido de fibra detergente neutro y ácido**

Las determinaciones de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA), se realizaron por “Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition” (Van Soest *et al.*, 1991). Se usó un equipo analizador de fibra de Ankom<sup>200</sup> de Ankom Technology Corp.

### **3.2.6.2. Variables medidas en el forraje residual**

Una vez concluido el pastoreo y retirados los bovinos de la pradera, se procedió a realizar las mediciones en forraje residual.

#### **3.2.6.2.1. altura de las especies cultivadas**

Un vez que terminó el pastoreo con bovinos en el potrero central, nuevamente se tomaron las alturas de Llanero, Clitoria y Morera. El procedimiento fue el descrito anteriormente.

### **3.2.6.2.2. forraje presente por componente botánico y total y composición morfológica de las especies cultivadas.**

El forraje total presente post-pastoreo, así como los componentes botánicos y morfológicos, se evaluaron de la misma manera que se realizó en el forraje presente pre-pastoreo.

### **3.2.6.3. Variables calculadas**

Algunas variables se calcularon con información de las variables medidas.

#### **3.2.6.3.1. forraje total desaparecido, por componente botánico y morfológico**

A las cantidades ofrecidas se les restó la residual. De igual manera que en los casos anteriores, las cantidades se expresaron en MS por hectárea.

#### **3.2.6.3.2. material vivo**

Se calculó sumando las cantidades de hoja y tallo, tanto en el forraje total como en el pasto Llanero, en el forraje ofrecido, residual y desaparecido.

#### **3.2.6.3.3. razón hoja:tallo**

Se calculó solamente para el pasto Llanero; para lo cual, la cantidad de hoja se dividió entre la cantidad de tallo.

#### **3.2.6.3.4. razón hoja:no hoja**

Se calculó sólo para la gramínea. En este caso la cantidad de hoja se dividió entre el resultado de la suma de la cantidad de hoja más la cantidad de material muerto.

### 3.2.7. Variables Climáticas

Se obtuvo información de una estación meteorológica automatizada con la cual se determinaron: precipitación pluvial, temperaturas máximas y mínimas.

### 3.2.8. Análisis Estadísticos

Se utilizó un diseño Bloques Completos al Azar con tres repeticiones; además, se agregó el ciclo de pastoreo como repetición en el tiempo. La razón del bloqueo, fue la presencia de gradientes de inundación del terreno. Las variables se analizaron mediante el procedimiento PROC MIXED del programa SAS, para cada una de las variables estudiadas y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey (SAS, 2011).

El modelo general fue: 
$$Y_{ijk} = \mu + \zeta_i + \beta_j + T_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta en tratamiento  $i$ , repetición  $j$  y tiempo  $k$ .

$\mu$  = media general.

$\zeta_i$  = efecto del tratamiento  $i$ .  $i = 1, \dots, 3$  tratamientos.

$\beta_j$  = efecto del bloque  $j$ .  $j = 1, \dots, 3$  bloques.

$T_k$  = efecto del tiempo  $k$ .  $k = 1, 2$  ciclos de pastoreo.

$E_{ijk}$  = error aleatorio.

## 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

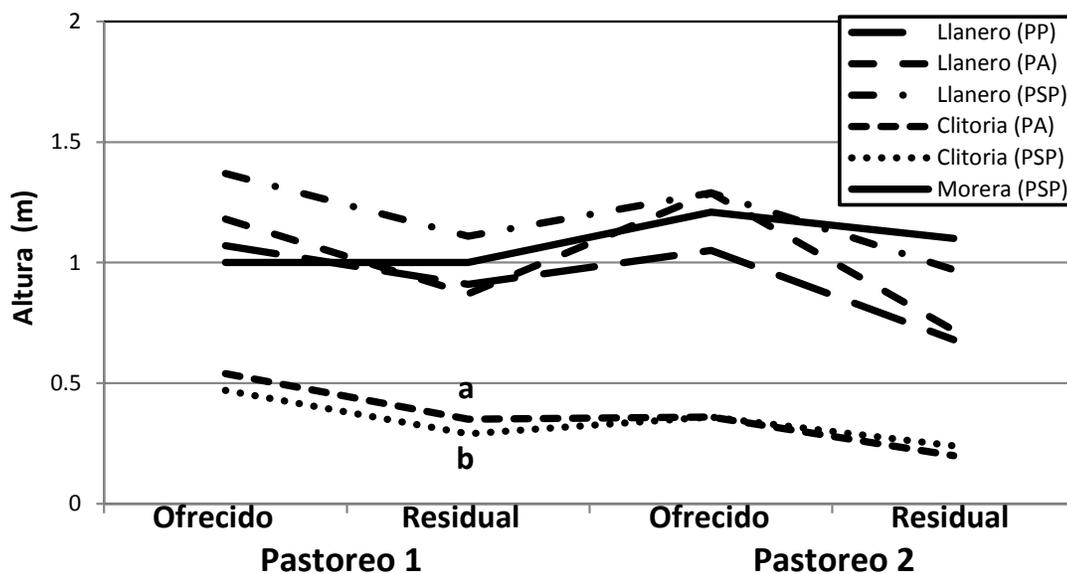
Los resultados de esta investigación se separaron en: a) Cambios en el forraje presente en época de lluvias y b) Cambios en el forraje presente en época seca.

### 3.3.1. Características del Forraje Presente en la Época de Lluvia

En esta época de aproximadamente dos meses y medio de evaluación, se realizaron dos ciclos de pastoreo. A continuación se detallan los resultados encontrados:

#### 3.3.1.1. Alturas de especies cultivadas

La altura del pasto Llanero, Clitoria y Morera no se modificó en el forraje ofrecido para los tres tipos de pradera, en la época de lluvias (Fig. 3.4). En altura del forraje residual, solamente la leguminosa mostró diferencias ( $P < 0.05$ ), la altura fue mayor en Clitoria asociada con Llanero, que en la Clitoria asociada con Llanero y Morera, 35 y 29 cm, respectivamente. En promedio, la altura de Llanero fue de 1.20 y 0.86 m, de Clitoria 0.43 y 0.25 m y de Morera de 1.11 y 1.05 m, antes y después del pastoreo, respectivamente.



<sup>a, b</sup> Medias en un mismo periodo de evaluación con literales iguales no son diferentes ( $P < 0.05$ )

**Figura 3.4. Cambios en altura de componentes botánicos en praderas de Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera en época de lluvia**

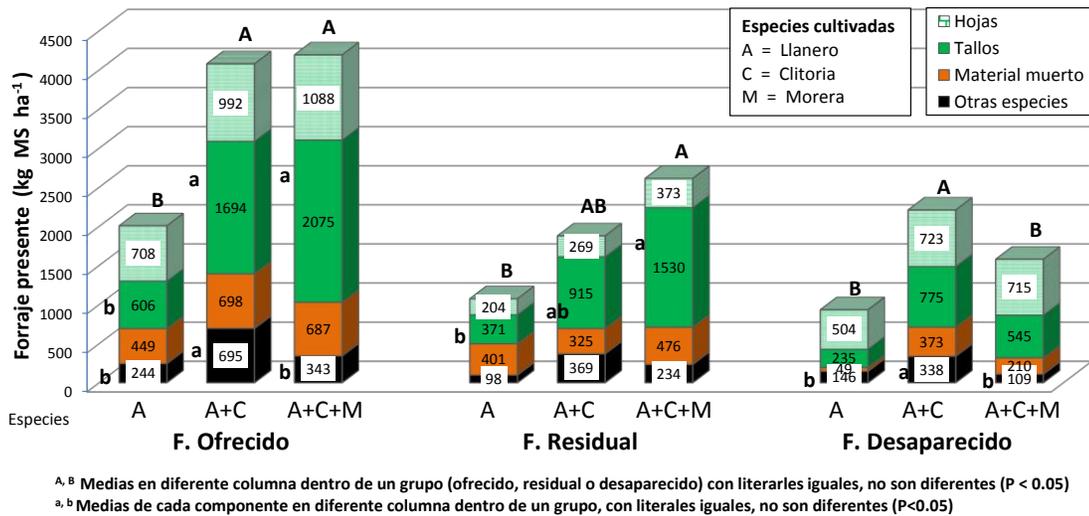
Debido a que Llanero es una especie erecta y amacollada, no es muy sensible a modificar su altura residual después del pastoreo. La cosecha del follaje por los animales se da principalmente a los lados del macollo y muy poco en los tallos centrales, por lo que no se modifica en su altura. La arbustiva, aunque ofrece un follaje de alto valor nutritivo, contiene taninos que limitan su consumo, cuando hay otros forrajes en oferta, esto le permite continuar su crecimiento y no afectar su altura (Kamalak *et al.*, 2004). Clitoria es la especie susceptible a ser modificada en altura por el pastoreo, debido a su apetencia; sin embargo, no siempre mantuvo su crecimiento de manera independiente; en ocasiones, se enredó a otras especies, lo que mejoró su acceso a la luz, para continuar su crecimiento. Estos resultados eran de esperarse dado que *A. gayanus*, a sido reportado como resistente cuando no hay sombra que impida su crecimiento y no se afecta su altura; por el contrario, cuando esta especie ha sido cultivada bajo árboles, la sombra no afectó su producción de MS pero redujo la altura del pasto (Veras *et al.*, 2010).

Las praderas son comunidades que pueden estar compuestas por varias especies vegetales y la diversidad de especies afecta tanto las funciones del ecosistema como la productividad primaria (Fridley, 2001). Algunos investigadores afirman que manejar mezclas de diversas especies forrajeras incrementa la productividad en la pradera (Tilman *et al.*, 1999). La altura de las especies presentes forma parte de la estructura de la pradera y el consumo de forraje por animales en pastoreo, se incrementa asintóticamente con la altura de ésta (Allden y Whittaker, 1970).

### **3.3.1.2. Cambios en el forraje total presente**

El forraje total ofrecido fue mayor en las asociaciones respecto a la pradera pura (Fig. 3.5). En forraje residual, permanece la diferencia entre la pradera sólo con Llanero y la de tres especies; la pradera de Llanero y Clitoria fue intermedia. El forraje desaparecido es mayor en esta misma pradera de gramínea y leguminosa; mientras que, el resto fueron similares entre sí. El forraje ofrecido fue de 2,007, 4,079 y 4,193 kg MS ha<sup>-1</sup> para las praderas con una, dos y tres especies,

respectivamente. La producción de la asociación es menor a la reportada en una asociación de *Digitaria decumbens* y *C. ternatea* (5,500 kg MS ha<sup>-1</sup>:Córdoba *et al.*, 1987); sin embargo, en esta última se aplicó una fertilización con fósforo y potasio, además se aplicaron riegos durante la época seca. El rendimiento anual reportado por Adjolohoun *et al.* (2008) (de 4,685 a 7,086 kg ha<sup>-1</sup>) es coincidente con el de esta investigación; sobre todo, si consideramos que la cantidad aquí reportada es la producción a los 45 días del inicio de la época de lluvias.



**Figura 3.5. Componentes morfológicos del forraje total presente, en praderas pura y asociadas en época de lluvia**

Estos resultados coinciden con los reportados por Picasso y Brummer (2005) quienes mencionan un incremento de 44% en la biomasa cuando se incluyeron leguminosas y pastos para la época fría en praderas asociadas. Estos resultados son explicados como una acción complementaria de diversas especies, cuando se utilizan como mezclas funcionales. Con relación al rendimiento similar de la biomasa entre los tratamientos con dos y tres especies, coinciden con mezclas de clima templado, en el primer año de establecidas se tuvieron rendimientos de 4,800 y 7,400 y en el segundo año de 9,000 y 9,900 kg MS ha<sup>-1</sup> para mezclas de *Dactylis glomerata* L. con *Trifolium repens* L., y *D. glomerata*, *T. repens* y *Ciclorium intybus* L., respectivamente. Los investigadores sostienen que el incremento en la

diversidad de especies podría ser, a corto plazo, una manera de incrementar la productividad del forraje; sin embargo, la estabilidad de las mezclas podría ser un problema a largo plazo (Sanderson *et al.*, 2005). En otro estudio realizado en Etiopia también con especies de clima templado: *Chloris gayana*, *Panicum coloratum*, *Phalaris aquatica*, *Desmodium uncinatum* y *Medicago sativa*, en praderas con una especie y en asociaciones, el rendimiento total en estas últimas fue mayor que en praderas con una sola especie (Tessema y Baars, 2006).

Otros resultados que no coinciden con este estudio son los que reportan reducción en MS total y calidad del forraje en mezclas de pastos y leguminosas (Spandl y Hesterman, 1997); o bien, cuando la biomasa acumulada entre ciclos de pastoreo fue similar para las mezclas de trébol (*Lotus corniculatus* L.) con gramíneas como *Lolium perenne* L., *Bromus inermis* Leyss, *Phleum pratense* L., *D. glomerata* L. y *Festuca arundinacea* Schreb. (Leep *et al.*, 2002).

Los cambios en el forraje total, se deben a cambios en la cantidad de tallos, ya que el patrón de cambios en el forraje total y tallos fue similar; mientras que, la cantidad de hojas no fue diferente ( $P>0.05$ ) en los tratamientos (Figura 3.5). Los tallos ofrecidos en las praderas con dos y tres especies fueron similares entre sí y diferentes a los tallos en la pradera de Llanero solo. Los tallos residuales de las praderas pura y con tres especies fueron diferentes, mientras que la cantidad de tallos en el tratamiento con dos plantas forrajeras fue intermedia. El patrón de respuesta de tallos, fue similar a la respuesta en la cantidad de forraje presente total.

El material muerto de Llanero no mostró diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (Fig. 3.5); en promedio, fue de 395, 282 y 114 kg de MS ha<sup>-1</sup>, para forraje ofrecido, residual y desaparecido, respectivamente.

El componente “otras especies” fue diferente en forraje ofrecido y desaparecido (Fig. 3.5). El componente “otras especies” en biomasa ofrecida varió de 8 a 17% y

mostró ser mayor ( $P < 0.05$ ) en la pradera de Llanero con Clitoria respecto a gramínea sola. En “otras especies” para forraje residual, su participación varió de 9 a 20% y no fue diferente entre praderas. En el forraje desaparecido, “otras especies” en Llanero con Clitoria, fue superior a los otros tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Durante el periodo de lluvias, los cambios en el forraje total en los tres tipos de pradera son explicados también por el material vivo de este forraje (Cuadro 3.1). Es probable que la mayor producción de forraje en las asociaciones esté relacionada con la fijación de nitrógeno por las leguminosas. Al respecto, se ha señalado que hay una buena relación entre el nitrógeno fijado y la producción de MS de leguminosas (Ibrahim y t Mannetje, 1998).

**Cuadro 3.1. Material vivo del forraje presente en praderas de Llanero sólo y asociado con Clitoria y Morera, en época de lluvia (72 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
	<i>Kg MS ha</i>		
Llanero	1,314 <b>b</b>	575 <b>b</b>	739 <b>b</b>
Llanero y Clitoria	2,686 <b>a</b>	1,184 <b>ab</b>	1,502 <b>a</b>
Llanero, Clitoria y Morera	3,163 <b>a</b>	1,903 <b>a</b>	1,260 <b>ab</b>
Pr F	0.008	0.035	0.006
Coefficiente de variación	27.1	46.8	25.7

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

En el trópico, el nitrógeno en el suelo, tiende a reducirse rápidamente, la incorporación de leguminosas en estos ecosistemas puede jugar un papel muy importante para mantener niveles altos de nitrógeno en el suelo (Botero *et al.*, 1999). Miller y Van Der List (1977), mostraron que cada 1,000 kg de MS de leguminosa resultó en una adición de 33 a 34 kg de nitrógeno en el sistema de la pradera; por otra parte, Ibrahim y t Mannetje (1998), reportan que *A. pintoii* rindió más de 100 kg de nitrógeno  $ha^{-1} año^{-1}$ . En praderas de gramíneas solas hay

inmovilización parcial del nitrógeno del suelo, lo que provoca una reducción del rendimiento. Este nitrógeno puede ser liberado periódicamente por renovación; pero, cuando se asocian leguminosas con pastos, pueden proporcionar nitrógeno de la fijación biológica para corregir la deficiencia (Tessema y Baars, 2006). Material muerto, el otro componente del forraje presente fue similar ( $P>0.05$ ) entre las tres praderas, tanto en el forraje ofrecido y residual, como en el desaparecido (Fig. 3.5).

El uso de *Stylosanthes humilis* y *C. pubescens* reemplazo hasta 224 kg de fertilización en praderas asociadas con *B. decumbens* en Malasia (Ng y Wong, 1976). El uso de Glycine asociada con Green Panic incrementó la ganancia de peso sobre la gramínea sola en 244% durante el tiempo de estiaje, lo que manifiesta las ventajas del uso de leguminosas para el pastoreo (Paterson *et al.*, 1999).

La cantidad de pasto Llanero entre praderas no fue diferente ( $P>0.05$ ), por lo que no fue un factor que modificara el forraje total, a pesar de que su participación fue entre 45 y 91% (Cuadro 3.2). Lo anterior, sugiere que Clitoria y Morera pudieron influir en la cantidad de forraje total presente.

El tratamiento de gramínea-leguminosa, que ofreció una cantidad de forraje total alto, con 51% de Llanero y 12% de otras especies, debe haber ofertado 37% de Clitoria, que es una especie forrajera muy apetecible y, probablemente, más consumida, lo que puede deducirse de incremento de “otras especies” en el forraje total presente.

**Cuadro 3.2. Participación de pasto Llanero en forraje presente en praderas pura y asociadas con Clitoria y Morera, en época de lluvia (72 días)**

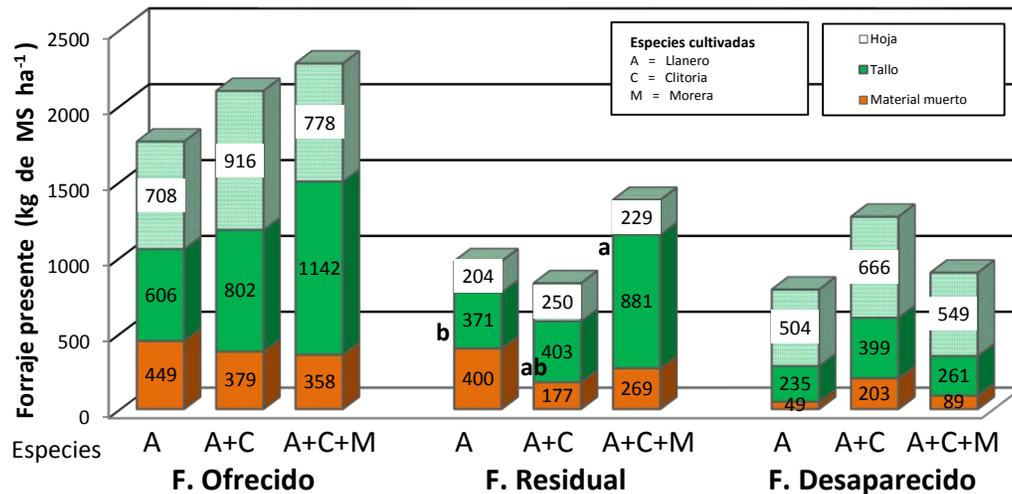
Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
<i>Llanero en el forraje total presente (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	1,763	976	787
Llanero y Clitoria	2,097	851	1,246
Llanero, Clitoria y Morera	2,295	1,409	886
Pr F	0.57	0.25	0.17
Coefficiente de variación	36.5	54.2	40.6
<i>% del forraje total presente</i>			
Llanero	88	91	84
Llanero y Clitoria	51	45	56
Llanero, Clitoria y Morera	55	54	56

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05).

La menor cantidad de “otras especies” (7%) en la pradera con Llanero, Clitoria y Morera, puede ser debido al menor espacio para colonizar (Fig. 3.5). Picasso y Brummer (2005), mencionan que en praderas con policultivos, además de incrementarse la biomasa, se reduce la invasión por maleza. Estos resultados difieren de Sanderson *et al.* (2005), quienes no encontraron diferencias para porcentaje de maleza en mezclas con dos y tres especies. La cantidad de maleza en praderas asociadas de *L. corniculatus* L. con *L. perenne* L., *B. inermis*, *P. pratense* L., *D. glomerata* L. y *F. arundinacea*, fue similar y varió de 3 a 11% (Leep *et al.*, 2002).

### 3.3.1.3. Características de pasto Llanero

De los componentes del pasto Llanero presente, sólo el tallo residual expresó cambios en los tipos de pradera, la cantidad en la pradera silvopastoril, fue superior ( $P < 0.05$ ) al tratamiento solo con Llanero (Fig. 3.6). Esta respuesta puede estar relacionada con una tendencia similar ( $P = 0.07$ ) en tallo del pasto Llanero ofrecido.



<sup>a, b</sup> Medias de cada componente en diferente columna dentro de un grupo (ofrecido, residual o desaparecido), con literales iguales no son diferentes ( $P < 0.05$ ).

**Figura 3.6. Componentes morfológicos de pasto Llanero, en praderas pura y asociadas, durante la época de lluvia**

En “material vivo” de pasto Llanero ofertado, las asociaciones mostraron tendencia ( $P = 0.09$ ) a superar a la pradera pura (Cuadro 3.3); este material más apetecido en pastoreo, se reflejó también en material vivo desaparecido ( $P = 0.06$ ); pero, en este caso únicamente Llanero-Clitoria tiende a superar a la pradera en monocultivo.

**Cuadro 3.3. Material vivo de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, en época de lluvia (72 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
	<i>kg MS ha<sup>-1</sup></i>		
Llanero	1,314	575	739
Llanero y Clitoria	1,718	653	1,065
Llanero, Clitoria y Morera	1,920	1,110	810
Pr F	0.092	0.141	0.06
Coeficiente de variación	29.2	59.8	27.7

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05).

La mayor relación hoja:tallo en el forraje ofrecido, comparado con el residual, se debe a que en el primero aún no se aplicaba el pastoreo y con este tipo de cosecha se seleccionan más hojas que tallos (Cuadro 3.4). La razón hoja:tallo en Llanero ofrecido en praderas con una y dos especies, fue casi lo doble, en comparación con el tratamiento de tres especies. Lo anterior, se debe a que la mayor población de gramíneas en la pradera pura favorece la relación hoja:tallo

**Cuadro 3.4. Razón hoja:tallo y hoja:no hoja en pasto Llanero, en praderas puras y asociadas en época de lluvia (72 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual
	<i>Razón hoja:tallo</i>	
Llanero	1.16	0.55
Llanero y Clitoria	1.14	0.62
Llanero, Clitoria y Morera	0.68	0.26
	<i>Razón hoja:no hoja</i>	
Llanero	0.67	0.26
Llanero y Clitoria	0.77	0.43
Llanero, Clitoria y Morera	0.52	0.20

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05).

En la pradera de Llanero solo la relación hoja:tallo fue de 1.16 a los 45 días aproximadamente de haber iniciado las lluvias, fue menor a la reportada por Veras *et al.* (2010) que fue de 1:5 a los 63 días de rebrote. La relación hoja:tallo puede ser utilizada como indicador del valor nutritivo del forraje; además, contribuye para facilitar la aprensión del forraje por el animal (Ramírez, 2009).

En la razón hoja:no hoja de Llanero ofrecido, la pradera silvopastoril, también muestra menor razón que los otros dos tipos de pradera.

#### **3.3.1.4. Otras especies no cultivadas en el forraje presente**

En “otras especies” ofrecidas en las asociaciones, las de hoja angosta duplicaron a la cantidad de las de hoja ancha (Cuadro 3.5); asimismo, en hoja angosta, la cantidad en la pradera de gramínea con leguminosa, muestra una tendencia a superar a la pradera sólo con Llanero ( $P=0.06$ ). Patrón similar al de “otras especies” desaparecidas.

Dos terceras partes del forraje de especies de hoja angosta desaparecieron durante el pastoreo, lo que supone consumo de estas especies; por el contrario, con tres especies, la cantidad de hoja ancha parece acumularse durante el pastoreo con los bovinos, lo cual puede ser en respuesta a la arquitectura de la pradera; mayor cantidad de arbustiva promueve proliferación de especies de hoja ancha por la disponibilidad de luz. Estas especies además de no ser consumidas, tuvieron un crecimiento que se reflejó con aumentos en la cantidad residual.

**Cuadro 3.5. Componentes de “Otras Especies” en praderas de Llanero solo y asociado con Clitoria y Morera, en época de lluvia (72 días)**

Tratamiento	Otras especies ofrecidas	Otras especies residuales	Otras especies desaparecidas
<i>Hoja ancha (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	124	78	46
Llanero y Clitoria	157	157	0
Llanero, Clitoria y Morera	128	173	- 45
Pr F	0.82	0.90	0.81
Coeficiente de variación	85.8	74.0	-2240.4
<i>Hoja angosta (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	121	20	101
Llanero y Clitoria	550	212	338
Llanero, Clitoria y Morera	215	61	154
Pr F	0.06	0.46	0.06
Coeficiente de variación	68.3	193.9	57.7

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.06).

### 3.3.1.5. Calidad nutritiva de la hoja de las especies cultivadas

Los valores para la hoja de una misma especie son similares entre tratamientos; sin embargo, si hay diferencias entre los valores de la hoja de las tres especies (Cuadro 3.6). Llanero tiene mayor porcentaje de materia orgánica en comparación con Clitoria y Morera; por tanto, la leguminosa y la arbustiva tienen mayor porcentaje de ceniza. Clitoria y la Morera duplicaron y en algunos casos triplicaron el porcentaje de proteína cruda del pasto Llanero (en promedio fueron 22.9, 20.5 y 8.3%, respectivamente). Lo anterior, reafirma la importancia de cultivar de manera asociada estas especies: elevar el porcentaje de proteína de la biomasa total, comparado con el porcentaje en una pradera pura. El pasto tuvo 63.6% de FDN, la leguminosa 41.3% y la arbustiva 20.2%; respecto a FDA, fueron: 36.9, 31.4 y 20.2,

para las mismas plantas forrajeras, respectivamente. En hemicelulosa, las diferencias fueron evidentes: Llanero, 26.7%; Clitoria, 10.1%; Morera, 0.1%. Al respecto Gómez y Kalami (2003), reportan un promedio de contenido de proteína en Clitoria de 21.5% y de Fibra cruda de 21.5 a 29%.

**Cuadro 3.6. Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas antes del pastoreo, en praderas pura y asociadas, en la época de lluvia (%)**

<b>Especies en la pradera</b>	<b>MO</b>	<b>Cenizas</b>	<b>PC</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>Hemicelulosa</b>
<b>Llanero</b>						
Llanero	94.1	5.9	8.4	62.7	36.6	26.1
Llanero y Clitoria	93.6	6.5	9.6	63.1	37.0	26.0
Llanero, Clitoria y Morera	94.3	5.7	7.0	65.1	37.2	27.8
<b>Clitoria</b>						
Llanero y Clitoria	88.8	11.2	20.5	42.3	32.0	10.6
Llanero, Clitoria y Morera	91.7	8.2	25.3	40.2	30.8	9.4
<b>Morera</b>						
Llanero, Clitoria y Morera	86.1	13.9	20.1	20.2	20.2	0.1

MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido.

En una evaluación de especies en monocultivo y asociadas de *C. gayana*, *P. coloratum*, *P. aquatica*, *D. uncinatum* y *M. sativa*, las parcelas puras con leguminosa y las asociaciones de pasto con leguminosa produjeron forraje con más alto contenido de proteína cruda y menores concentraciones de fibra, respecto a praderas con solo gramíneas. En promedio, las leguminosas tuvieron 23.4% de proteína cruda, los pastos 18.2% y las mezclas, porcentajes intermedios (Tessemá y Baars, 2006).

Sanderson (2010), observó concentraciones de PC de 15.5 a 25% en la biomasa de asociaciones de dos o más especies; de fibra, de 27.8 a 50.6 y de digestibilidad de la MS, de 74.0 a 89.5%. Comenta que la variación en el contenido de PC, está regulada por la proporción de leguminosa; mientras que, el de fibra y la

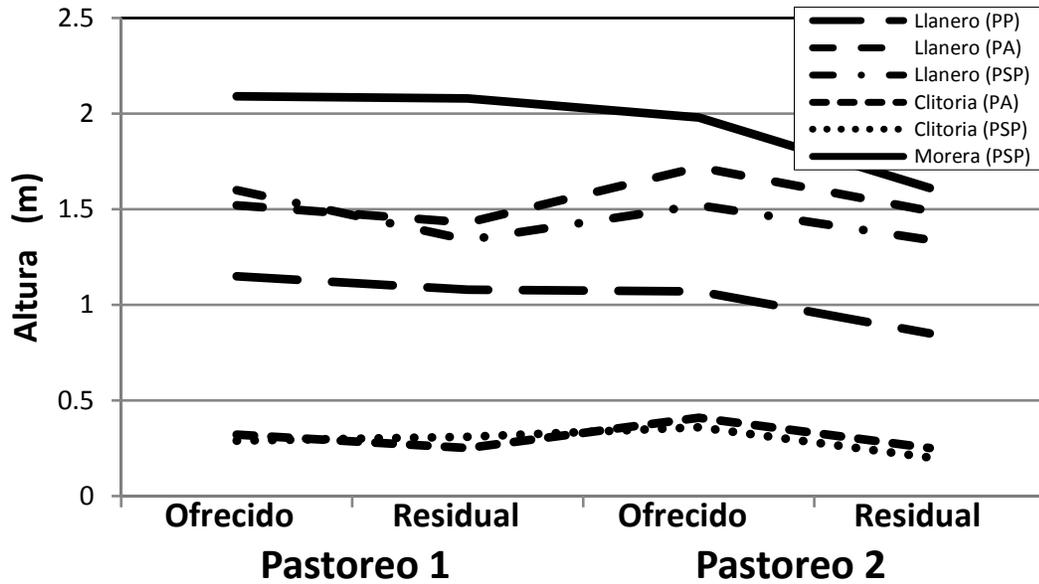
digestibilidad, por la proporción de pasto. Las diferencias de estos reportes con lo encontrado en la presente investigación se deben a que en ese estudio se analizaron especies de clima templado y en la presente investigación, de clima tropical. La relación entre el valor nutritivo y la composición leguminosa-pasto son lógicas, las leguminosas frecuentemente tienen mayor concentración de PC y más baja de FDN, respecto a pastos (Sanderson *et al.*, 2006), datos que coinciden con los encontrados en *A. gayanus* y *C. ternatea*. Al respecto Huyghe *et al.* (2008), sostienen que las leguminosas pueden estabilizar la composición de asociaciones complejas de pastos y leguminosas, reduciendo la variación en valor nutritivo entre cosechas sucesivas.

### **3.3.2. Características del forraje presente en la época seca**

Las características del forraje presente para la época de estiaje se desglosan a continuación.

#### **3.3.2.1. Alturas de las especies cultivadas**

La altura antes y después del pastoreo en la época seca fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos (Fig. 3.7). En promedio, la altura de Llanero fue 1.43 y 1.26 m; de Clitoria, 0.35 y 0.26 m; Morera, 2.04 y 1.85 m, en el forraje ofrecido y residual, respectivamente.



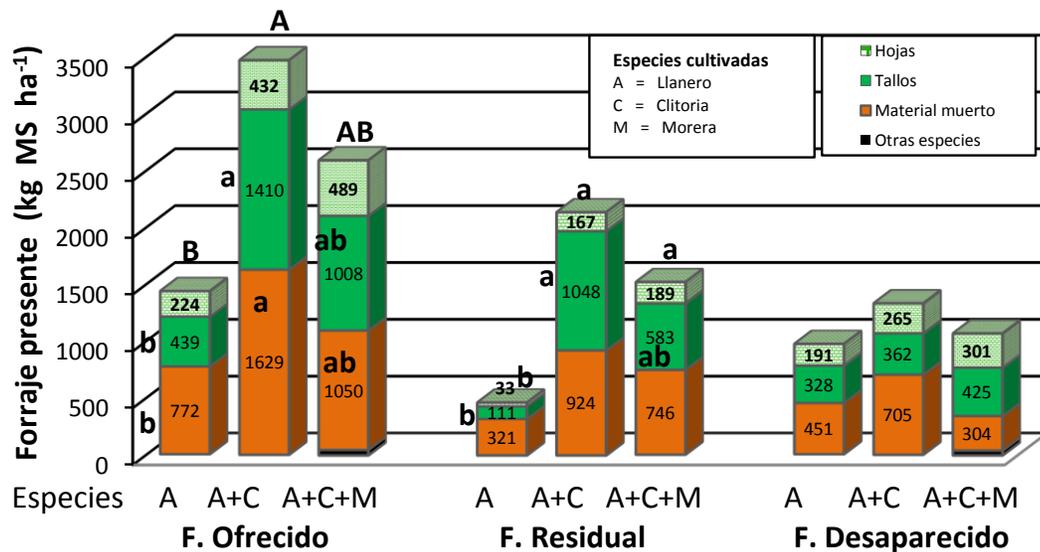
\* Medias en un mismo periodo de evaluación sin literales no son diferentes ( $P < 0.05$ )

**Figura 3.7. Cambios en altura de las especies cultivadas en praderas pura y asociadas, en época seca**

Las alturas de Llanero y Clitoria variaron poco, comparadas con las documentadas en la época de lluvia (Fig. 3.4 y Fig. 3.7); sin embargo, la altura de Morera se incrementó considerablemente de una época a otra, como consecuencia de que esta especie aún no alcanzaba su altura máxima; además, su sistema radical le permite obtener agua a un estrato más bajo que la gramínea y la leguminosa, y por lo tanto puede continuar creciendo aún en la época seca.

### 3.3.2.2. Cambios en el forraje total presente

El forraje total ofrecido de Llanero-Clitoria, superó en 140% ( $P < 0.05$ ) al ofrecido por la pradera sólo con Llanero (Fig. 3.8) y la asociación con Morera mostró rendimiento intermedio. La diferencia en forraje ofrecido se halla reflejado también en el residual ( $P = 0.06$ ), donde las asociaciones, superaron a la pradera con sólo pasto Llanero. El forraje desaparecido no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tres tipos de pradera.



<sup>A, B</sup> Medias entre columnas de un mismo grupo (ofrecido, residual o desaparecido) con literales iguales, no son diferentes ( $P < 0.05$ ).  
<sup>a, b</sup> Medias de cada componente entre columnas de un mismo grupo, con literales iguales no son diferentes ( $P < 0.05$ ).

**Figura 3.8. Componentes morfológicos del forraje total presente en praderas puras y asociadas, durante la época seca**

Los cambios en el forraje total ofrecido pueden explicarse por la participación de tallo, material vivo y muerto (Fig. 3.8; Cuadro 3.7).

**Cuadro 3.7. Cambios en material vivo del forraje presente en praderas pura y asociadas, en época seca (126 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
	<i>kg MS ha<sup>-1</sup></i>		
Llanero	663 <b>b</b>	144 <b>b</b>	519
Llanero y Clitoria	1,842 <b>a</b>	1,215 <b>a</b>	627
Llanero, Clitoria y Morera	1,497 <b>a</b>	772 <b>ab</b>	725
Pr F	0.049	0.006	0.867
Coeficiente de variación	48.2	57.4	70.5

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

La tendencia que se aprecia en el forraje total residual, puede estar relacionado con cambios en hoja, tallo y material vivo ( $P < 0.05$ ); sin embargo, también pueden contribuir la fracción material muerto, con tendencia ( $P = 0.07$ ) es en el mismo sentido.

Los componentes del forraje desaparecido, no mostraron cambios entre los tipos de pradera; tal vez, debido a carga animal similar, independientemente del forraje total ofrecido y por lo cual, el consumo también podría ser semejante. Los cambios mostrados en el forraje total ofrecido entre los tratamientos 1 y 2 (Fig. 3.8) están relacionados con la cantidad de Llanero, en las tres praderas; en esta especie la pradera asociada de Llanero y Clitoria superó a la de Llanero sólo.

**Cuadro 3.8. Participación de pasto Llanero en forraje presente en praderas puras y asociadas, en época seca (126 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
<i>Llanero en el forraje total presente (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	1,434 <b>b</b>	465	969
Llanero y Clitoria	3,090 <b>a</b>	2,037	1,053
Llanero, Clitoria y Morera	2,066 <b>ab</b>	1,395	671
Pr F	0.050	0.073	0.439
Coeficiente de variación	42.0	67.1	55.1
<i>% del forraje total presente</i>			
Llanero	100	100	99
Llanero y Clitoria	89	95	79
Llanero, Clitoria y Morera	81	92	65

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

En Llanero residual se aprecian tendencias ( $P = 0.07$ ) indicando que la cantidad de la de las asociaciones es mayor a la pradera pura. La cantidad de Llanero

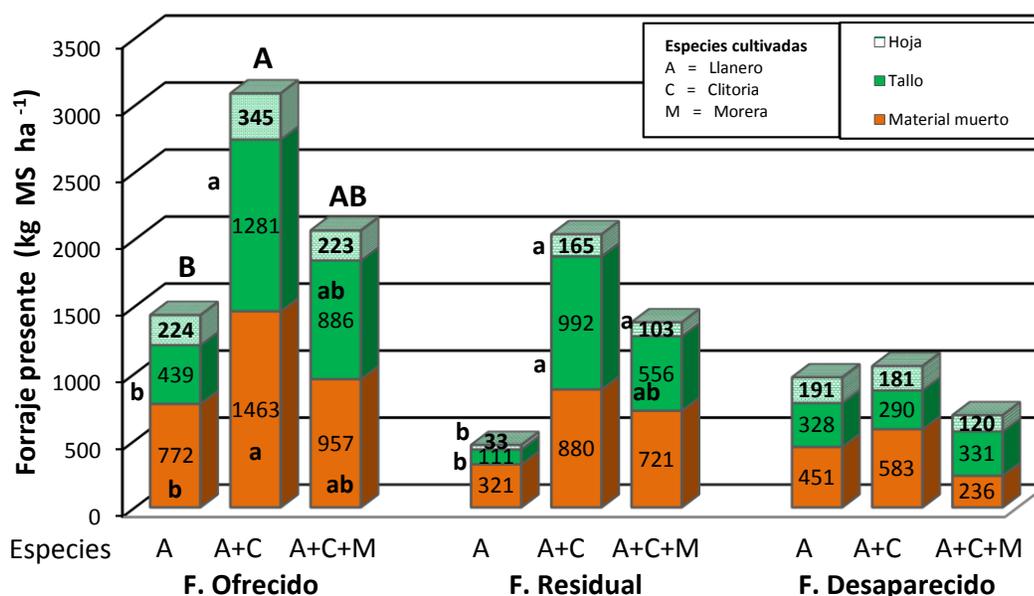
desaparecido fue similar en los tres tratamientos. El Llanero ofertado en los tratamientos 2 y 3 representó 89 y 80% del forraje presente, respectivamente.

“Otras especies” representó el 0 y 2% del forraje total presente, las cantidades en esta época del año son bajas y desaparecen con el pastoreo, probablemente al ser consumidas o incorporadas al suelo por el pisoteo del ganado (Fig. 3.8).

El componente “otras especies” fue mayor en el periodo de lluvias que en la época seca (Fig. 3.5; Fig. 3.8). A diferencia de la de lluvias, en la época seca no hubo diferencias en este componente entre praderas en el forraje presente, ofrecido, residual o desaparecido; esto, por mayor presencia de maleza en verano (época de lluvias) respecto a otras épocas del año. En otra investigación la cantidad de maleza fue mayor en la asociación de dos especies, respecto a asociaciones de tres, seis y nueve especies forrajeras; en todas las mezclas el mayor porcentaje de maleza ocurrió en primavera y fue superior a las de verano y otoño (Sanderson, 2010).

### **3.3.2.3. Características de pasto Llanero**

El patrón de Llanero ofrecido fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos con una y dos especies (Fig. 3.9) y se podría explicar por diferencias ( $P < 0.05$ ) en material vivo y muerto; en ambos casos, difieren las mismas praderas (Fig. 3.9; Cuadro 3.9). De igual manera el tallo de esta especie forrajera mostró un comportamiento similar ( $P < 0.05$ ).



<sup>A, B</sup> Medias entre columnas de un mismo grupo (ofrecido, residual o desaparecido), con literales iguales no son diferentes (P < 0.05).  
<sup>a, b</sup> Medias de cada componente entre columnas de un mismo grupo, con literales iguales no son diferentes (P < 0.05).

**Figura 3.9. Componentes morfológicos de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, durante la época seca**

Los componentes morfológicos de Llanero que variaron entre praderas incluyeron: material muerto en forraje ofrecido; hoja y tallo, en forraje residual (Fig. 3.9).

**Cuadro 3.9. Material vivo de pasto Llanero en praderas pura y asociadas, en época seca (126 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido
	(kg MS ha <sup>-1</sup> )		
Llanero	663 <b>b</b>	144 <b>b</b>	519
Llanero y Clitoria	1,626 <b>a</b>	1,156 <b>a</b>	470
Llanero, Clitoria y Morera	1,109 <b>ab</b>	658 <b>ab</b>	451
Pr F	0.042	0.004	0.898
Coefficiente de variación	46.9	58.2	88.2

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05).

Los componentes morfológicos del Llanero residual mostraron diferencias entre praderas ( $P < 0.05$ ); en la hoja de Llanero, las praderas asociada y silvopastoril fueron diferentes a la pradera con solo Llanero (Fig. 3.9; Cuadro 3.9). Para tallo la diferencia ocurrió entre las praderas pura y asociada. Para material, se aprecia tendencia ( $P = 0.08$ ) en el que la pradera con Llanero es diferente a las asociaciones. Los componentes del pasto Llanero desaparecido no se modificaron ( $P > 0.05$ ) entre los tipos de pradera.

La razón hoja:tallo de Llanero ofrecido en la pradera pura, es mayor respecto a las asociadas (Cuadro 3.10). Al asociar esta gramínea con otras especies, hay cambios en estructura, por lo que tienen razones hoja:tallo más bajas (0.27) para Llanero sólo y 0.25 para su asociación con Clitoria y Morera; comparado con Llanero sólo, en éste con razón de 0.51. Este patrón se repite en Llanero residual. La razón hoja:no hoja de Llanero ofrecido, también parece favorecer a la pradera con sólo gramínea con 0.18, respecto a las praderas asociada y silvopastoril con 0.13 y 0.12, respectivamente. Por el contrario, la razón hoja:no hoja de Llanero residual parece ser similar entre las praderas.

**Cuadro 3.10. Razón hoja:tallo y hoja:no hoja para Llanero, en praderas pura y asociadas en época seca (126 días)**

Tratamiento	Forraje ofrecido	Forraje residual
<i>Razón hoja:tallo</i>		
Llanero	0.51	0.30
Llanero y Clitoria	0.27	0.14
Llanero, Clitoria y Morera	0.25	0.18
<i>Razón hoja:no hoja</i>		
Llanero	0.18	0.08
Llanero y Clitoria	0.13	0.09
Llanero, Clitoria y Morera	0.12	0.08

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

### 3.3.2.4. Otras especies no cultivadas en el forraje presente

La cantidad de “otras especies” en época seca representó entre el 1.0 y el 2.0% de biomasa ofertada, las de hoja ancha duplicaron a las especies de hoja angosta (Cuadro 3.11). Este componente no varió entre los tratamientos probados ( $P > 0.05$ ), en MS ofrecida se tuvieron en promedio, 15.3 kg ha<sup>-1</sup> y 6.5 kg ha<sup>-1</sup> de hoja ancha y angosta, respectivamente. La mayor cantidad de estas especies desaparecieron, durante el pastoreo con bovinos.

**Cuadro 3.11. Composición de “Otras Especies” en praderas con Llanero sólo y asociado con Clitoria y Morera, en época seca (126 días)**

Tratamiento	Otras especies ofrecidas	Otras especies residuales	Otras especies desaparecidas
<i>Hoja ancha (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	4	0	4
Llanero y Clitoria	4	0	4
Llanero, Clitoria y Morera	38	5	33
Pr F	0.18	0.40	0.21
Coeficiente de variación	223.2	406.0	224.7
<i>Hoja angosta (kg MS ha<sup>-1</sup>)</i>			
Llanero	6	0	6
Llanero y Clitoria	2	0	2
Llanero, Clitoria y Morera	12	2	10
Pr F	0.62	0.40	0.65
Coeficiente de variación	277.4	406.0	268.2

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

### 3.3.2.5. Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas

Los parámetros del valor nutritivo fueron semejantes entre tratamientos para hoja, de una misma especie, pero diferentes entre especies (Cuadro 3.12). Llanero y Clitoria mostraron mayor porcentaje de MO que Morera, por lo que esta arbustiva forrajera tuvo mayor porcentaje de ceniza. En época seca, la leguminosa mostró mayor porcentaje de PC (25.3%), superior al de la arbustiva (15.3%) y al pasto (6.6%). Los porcentajes de fibra detergente neutro fueron más altos en Llanero en comparación con Clitoria y Morera, con 68.4, 34.2 y 17.5%, respectivamente. Para fibra detergente ácido los porcentajes fueron: 39.2, 24.3 y 14.9%; en hemicelulosa las participaciones fueron: 27.8, 9.8 y 2.6% para las mismas especies, respectivamente. Estos resultados en el valor nutritivo del forraje, confirman lo señalado por Monzote *et al.* (1982), de que el contenido de fibra de las leguminosas no cambia bruscamente durante el año.

**Cuadro 3.12. Calidad nutritiva de hoja de especies cultivadas en praderas pura y asociadas, en época seca (%)**

Especies en la pradera	MO	Cenizas	PC	FDN	FDA	Hemicelulosa
<b>Llanero</b>						
Llanero	91.8	8.3	7.0	65.9	39.7	26.2
Llanero y Clitoria	92.8	7.2	5.6	71.7	43.0	28.7
Llanero, Clitoria y Morera	92.0	8.0	7.4	67.7	39.2	28.6
<b>Clitoria</b>						
Llanero y Clitoria	93.4	6.6	25.8	35.9	25.1	10.7
Llanero, Clitoria y Morera	92.5	7.5	24.8	32.6	23.5	8.9
<b>Morera</b>						
Llanero, Clitoria y Morera	87.7	12.3	15.3	17.5	14.9	2.6

MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido.

Varios estudios apoyan el uso de asociaciones como estrategia para mejorar el valor nutritivo de la biomasa. En praderas asociadas, la combinación de *D. glomerata* (orchardgrass) y *T. repens* (trébol blanco), comparado con la misma combinación más *C. intybus* (Chicory), mostraron diferencias en PC, fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro* de la MS, en el primer año de evaluación; para el segundo año, sólo hubo diferencia en el contenido de fibra (Soder *et al.*, 2005).

En praderas con diversidad de especies, la variación en valor nutritivo podría incrementarse con la diversidad, por diferencias inherentes a composición química y etapas de madurez (Bruinenberg *et al.*, 2002; Huyghe *et al.*, 2008). Sanderson (2010), menciona contenidos de PC de una asociación de Orchard con Trébol Blanco de 21.4, 17.9 y 19.6%, para primavera, verano y otoño; contenidos de FDN de 36.3, 47.3 y 50.4% y DIVMS de 84.6, 80.7 y 75.9%, para las épocas de año señaladas, respectivamente. En la misma investigación pero en otro experimento, los porcentajes de PC fueron de 21.1, 17.4 y 18.6%; de FDN de 35.5, 42.5 y 42.2% la DIVMS de 88.2, 82.9 y 77.7% para primavera, verano y otoño, respectivamente. Los resultados de este estudio destacan que el valor nutritivo del forraje fue afectado principalmente por la composición botánica de las asociaciones. En la asociación: Llanero, Clitoria y Morera, también hubo diferencias en el valor nutritivo entre épocas del año; en la gramínea, disminuyó el contenido de proteína cruda y se incrementó el de fibra detergente neutro y ácido, en la leguminosa la PC aumentó y, la FDA y FDN disminuyó; mientras que, en la arbustiva disminuyeron la PC, FDN y FDA, de la época de lluvia a la época seca.

En Orchard con Trébol Blanco hubo mayor digestibilidad de MO y contenido de PC que asociaciones más complejas (Smith y Allcock, 1985). Algo concerniente al uso de asociaciones complejas, es la variabilidad en la composición botánica, que podría causar, como respuesta al manejo del pastoreo, valores nutritivos inestables y finalmente afectar la respuesta animal (Bruinenberg *et al.*, 2002).

El valor nutritivo decrece con la madurez. En plantas de clima templado, cambios en el tiempo, en el valor nutritivo de las mezclas, sugiere que los cambios en composición botánica de la pradera podrían compensar efectos de madurez de las plantas para valor nutritivo (Sanderson, 2010). Este fue el caso de la presente investigación, donde *A. gayanus* pierde calidad, pero la conservan tanto *C. ternatea* como *M. alba*.

En el estudio realizado por Sanderson (2010), la concentración de PC estuvo correlacionada positivamente con la proporción de leguminosas y correlacionada negativamente con la proporción de pasto en la pradera. La concentración de FDN estuvo correlacionada positivamente con la proporción de pasto en la pradera. Hubo significancia en las correlaciones negativas entre la concentración de FDN y la proporción de leguminosas en la pradera.

En general, el contenido de proteína cruda es reducido y el de fibra se incrementa en el primer corte de la mezcla pasto-leguminosa, comparado con praderas puras con de leguminosa, debido al rápido desarrollo morfológico de pastos en relación a las leguminosas. En ocasiones, en el primer pastoreo, los pastos ya están floreciendo y su calidad declina más rápido que la de las leguminosas (Leep *et al.*, 2002).

### **3.4. CONCLUSIONES**

Las alturas de las especies cultivadas no fueron diferentes para una misma especie, entre praderas en una misma época del año; solo se redujo la altura del forraje ofrecido al residual, por efecto del pastoreo.

En la época de lluvia, el forraje presente fue mayor para las praderas que incluyeron *Clitoria ternatea* y *Morus alba* y, se caracterizaron por tener mayor porcentaje de tallo y material vivo. En la época seca, la mayor cantidad de forraje lo mostró la

pradera de *Andropogon gayanus* con *C. ternatea* y los componentes morfológicos que la definieron fueron: tallo, material vivo y material muerto.

La cantidad de pasto Llanero entre praderas fue diferente solo en el forraje ofrecido en la época seca y sus características estuvieron definidas, por los componentes: tallo, material vivo y material muerto.

La contribución de otras especies no cultivadas al forraje total presente, fue mayor en la época de lluvias en comparación con la época seca; otras especies de hoja angosta, tuvieron mayor presencia que otras especies de hoja ancha.

El follaje de Clitoria y Morera mostró mayor contenido de proteína y menor contenido de fibra respecto al de Llanero. La mayor calidad nutritiva de la leguminosa y la arbustiva se mantienen en la época seca; sin embargo, la calidad de la gramínea disminuyó.

### 3.5. LITERATURA CITADA

Adjolohoun S., A. Buldgen, C. Adandedjan, P. Dardenne and V. Decruyenaere. 2008. Production and nutritive value of three grass species cultivated for ley pasture in the Borgou region of Benin. *Tropical Grasslands* 42: 237–244.

Alderete-Chávez A., J.J. Guerra-Santos, N de la Cruz-Landero, R. Brito, E. Guevara, R. Guelabert, E. Núñez, E. Endañu and E. Amador del Angel. 2011. Evaluation of *Clitoria ternatea* L. in relation with fertility in tropical soils. *J. of Applied Sciences*. 11(6): 1044-1048.

Allden W.G. and L.A. McD. Whittaker. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J Agric. Res.* 21:755-766.

- Benavides J.E. 1999. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. *In*: Benavides, J.E. (ed.) Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. FAO. Roma. pp. 449-477.
- Benavides J.E. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*, 2(7): 27-30.
- Botero J., M. Ibrahim, B. Bouman, H. Andrade y J.C. Camargo. 1999. Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo. *Agroforestería de las Américas*. 6 (23):60-62.
- Bruinenberg M.H., H. Valk, H. Korevaar, and P.C. Truik. 2002. Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands. A review. *Grass Forage Sci.* 57:293-301.
- Bustamante, J.J.G., J.F. Villanueva A., J.A. Bonilla C. y J.V. Rubio C. 2002. Utilización de heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) en la alimentación de vacas Suizo pardo en lactación. *Tec. Pec. en México*. 42(3): 477-487.
- Córdoba B.A., M.A. Peralta y A. Ramos. 1987. Producción Estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* con tres cargas animales y dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales*. 9(1): 27-31.
- Enríquez Q.J.F., F. Meléndez N. y E.D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México. 262 pp.
- Fantz P.R. 1990. Ethnobotany of *Clitoria* (Leguminosae). *Economic Botany* 45(4): 511-520.
- Fridley, J.D. 2001. The influence of species diversity on ecosystem productivity: how, where, and why? *Oikos* 93: 514-526.

- Gómez y Kalami, 2003. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose legume forage for the tropics. An Overview. Pakistan Journal of Nutrition. 2(6): 374-379.
- Hernández S.D., A. Cruz H., M.A. Cobos P., J. Pérez P., S. González M., A. Gómez V. y M.E. Ortega C. 2005. Digestibilidad ruminal y contenido de taninos en Morera (*Morus alba*) y Tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*) a cuatro frecuencias de corte. XXIX Congreso Nacional de Buiatría. [http://ammveb.net/XXIX%20CNB/memorias/nut/oral\\_nut09.htm](http://ammveb.net/XXIX%20CNB/memorias/nut/oral_nut09.htm). Página consultada el 18 de febrero del 2008.
- Hernández S. y J. Benavides. 1997. Potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios de El Peten, Guatemala. Agroforestería de las Américas. 2(6):15-22.
- Huyghe C., R. Baumont, and J. Isselstein. 2008. Plant diversity in grasslands and feed quality. Grass Sci. Europe. 13: 375-386.
- Ibrahim M.A. and L. 't Mannelje. 1998. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. Tropical Grasslands. 32:96-104.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 2011. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. INIFAP-SAGARPA y FPG. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/est.aspx?numest=37686>. 2008-2009. Página consultada el 21 de junio del 2011.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 2008. <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/gro/tsuelospec.cfm?c=444&e=04>. Página consultada el 14 de octubre del 2008.

- Kamalak A., O. Canbolat, Y. Gurbuz, O. Ozay, C. O. Ozkan and M. Sakarya. 2004. Chemical composition and *in vitro* gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. *Livestock Research for Rural Development* 16(44). <http://www.lrrd.org/lrrd16/6/kama16044.htm>. Página consultada el 20 de enero del 2011.
- Leep R., P. Jaranyama, D. Min, T. Dietz, S. Bughrara, and J. Isleib. 2002. Grazing effects on herbage mass and composition in grass-birdsfoot trefoil mixtures. *Agronomy J* 94:1257-1262.
- Miller C.P. and J.T. Van Der List. 1977. Yield, nitrogen uptake and live weight gains from irrigated grass-legume pasture on a Queensland tropical high land. *Aust J of Exp. Agric. and Animal Husb.* 17:949-960.
- Monzote M., E. Castillo y M. García. 1982. Comparación de sistemas de alimentación basados en gramíneas puras o asociadas con leguminosas para la producción de carne. 1. Comportamiento del pastizal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 20:95-102.
- Ng T.T. and T.H. Wong. 1976. Comparative productivity of two tropical grasses as influenced by fertilizer nitrogen and pasture legumes. *Tropical Grassl.* 10(3): 179-185.
- Official Methods of Analysis (AOAC). 2000. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. USA. 17<sup>th</sup> Ed.
- Paterson R.T., G. Sauma and C. Samur. 1999. The growth of young bulls on grass and grass/legume pastures in tropical Bolivia. *Trop. Anim. Produc.* 4(2): 154-169.
- Picasso V.D. and E.C. Brummer. 2005. Plant functional diversity increases biomass production in the establishment of perennial herbaceous polycultures. *In*: F.P. O'mara, R.J. Wilkings, L. 't Mannetje, D.K. Lovet, P.A.M. Rogers and T.M.

- Boland (Eds.). Proceedings of the XX International Grasslands Congress. Ireland and United Kingdom. p. 643.
- Pizarro, E., A. Ramos y J. Almeida. 1997. Una nueva alternativa: *Morus spp.* como arbustiva forrajera. *Pasturas Tropicales* 19 (3):42-44.
- Ramírez R.O. 2009. Dinámica de rebrote de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Cynodon plectostachyus* a diferente intervalo de cortes. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 161 pp.
- Ramírez R.O., J. Pérez P., A. Hernández G., J.G. Herrera H. y P.A. Martínez H. 2003. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferente asignación de forraje. *Tec. Pec. en México*. 41 (2): 219-230.
- Reiter W. 2002. Biosynthesis and properties of the plant cell wall. *Current Opinion in Plant Biology*. 5: 536-542.
- Sanderson M.A. 2010. Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume and Chicory mixtures. *Agronomy J* 102:728-733.
- Sanderson M.A., K.J. Soder, N. Brzezinski, F. Taube, K. Klement, L.D. Muller, and M. Wachendorf. 2006. Sward structure of simple and complex mixtures of temperate forages. *Agron. J.* 98: 238-244.
- Sanderson M.A., K. Soder, N. Brzezinski, S. Goslee, H. Skinner, M. Wachendorf, F. Taube, and L. Muller. 2005. Diverse forage mixtures affect herbage yield, sward composition and dairy cattle performance. *In: Proc. Sat. Work. XXth Intl. Grassl. Cong. Cork, Ireland.* p. 162.
- Smith A. and P.J. Allcok. 1985. The influence of the species diversity on sward yield and quality. *J. Appl. Ecol.* 22:185-198.

- Soder K.J., M.A. Sanderson, J.L. Stack, and L.D. Muller. 2005. Intake and milk production of lactating dairy cows grazing diverse forage mixtures over two grazing seasons. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. *In*: Proc. Satellite Workshop. XXth Intnal. Grassl. Cong. Cork, Ireland. p. 164.
- Spandl E. and O. B. Hesterman. 1997. Forage quality and alfalfa characteristics in binary mixtures of alfalfa and bromegrass or timothy. *Crop Sci.* 37:1581-1585.
- Statistical Analysis System (SAS). SAS user's Guide: Statistics (ver 9.2 Second ed.). Cary., NC, USA: Inst Inc. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. Documento consultado el 02 de abril del 2011.
- Tessema Z. and R.M.T. Baars. 2006. Chemical composition, dry matter production and yield dynamics of tropical grasses mixed with perennial forage legumes. *Tropical Grasslands.* 40:150-156.
- Tilman G.D., D.N. Duvick, S.B. Brush, R.J. Cook, G.D. Daily, G.M. Heal, S. Naeem, and D.R. Notter. 1999. Benefits of biodiversity. Counc. for Agric. Sci. and Technol., Task Force Rep. 133. Iowa State University. Ames, I.A.
- Trannin W.S., S. Urquiaga, G. Guerra, J. Ibijbijen, and G. Cadisch. 2000. Interspecies competition and N transfer in a tropical grass-legume mixture. *Biol. Fertil. Soils.* 32: 441-448.
- Van Soest P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Veras V.S., M.B. Oliveira, M.S.B. Lacerda, T.B. Carvalho y A.A. Alves. 2010. Producao de biomassa e estrutura de capim-andropogon em sistema silvipastoril e monoculture. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62(1):200-207.

Villanueva A.F., J.A. Bonilla C., J.V. Rubio C. y J.J. Bustamante G. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. Tec. Pec. en Méx. 42(1): 79-96.

**CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO ESTACIONAL DE PRADERAS  
PURA Y ASOCIADAS, EN AMBIENTE TROPICAL SECO**

# ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO ESTACIONAL DE PRADERAS PURA Y ASOCIADAS EN UN AMBIENTE TROPICAL SECO

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la dinámica del crecimiento estacional de *Andropogon gayanus* sólo y asociado con *Clitoria ternatea* y *Morus alba* en un periodo sin pastoreo, en condiciones de Trópico Seco. Los tratamientos incluyeron praderas con: A) *A. gayanus*; A+C) *A. gayanus* y *C. ternatea* y A+C+M) *A. gayanus*, *C. ternatea* y *M. alba*. Los muestreos se realizaron a 0, 8, 16, 24 y 32 y, 0, 14, 28, 42 y 56 días post-pastoreo, para las épocas de lluvia y sequía, respectivamente. El diseño utilizado fue Bloques al Azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron mediante el Modelo Lineal General del programa SAS y prueba de Tukey para la comparación de medias. Para la época de lluvia las praderas tuvieron diferente curva de crecimiento del forraje total presente (FTP), sólo en la pradera de Llanero se mantuvo la cantidad de FTP de los 28 a los 32 días; mientras que las asociaciones aumentaron la cantidad de FTP. Únicamente a los 0 días el FTP mostró diferencia ( $P < 0.05$ ) entre praderas. Al finalizar el periodo de descanso el FTP fue de 1,530, 3,169 y 2,136 kg de MS por  $ha^{-1}$ , para las praderas pura (PP), asociada (PA) y silvopastoril (PSP), respectivamente. *A. gayanus* determinó el patrón de acumulación del FTP con crecimiento similar; *C. ternatea* mantiene cantidades con poca variación y *M. alba* mostró acumulación consistente pero reducida. Ninguna especie mostró diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en los periodos evaluados. La asociación Llanero-Clitoria presentó valores más altos de hoja (H) y material vivo (MV), diferentes a los valores de la pradera con Llanero sólo ( $P \leq 0.05$ ). Las cantidades de tallo (T) y MV, superaron a las de H y material muerto (MM), en las tres praderas. La acumulación de FTP en este periodo de crecimiento se explica primero por la cantidad de tallo, después por hoja y finalmente, por la aportación de material muerto; además, en las asociaciones, la participación de Clitoria fue de 24 a 53%. En la época seca, las praderas presentaron diferente patrón de crecimiento y no hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Al concluir el periodo de descanso el FTP fue de 1,142, 3,879 y 2,033 kg de MS por  $ha^{-1}$ , para PP, PA y PSP, respectivamente. *A. gayanus* expresó crecimiento diferente, *C. ternatea* creció irregular entre praderas y *M. alba* mostró incrementos constantes. Los componentes morfológicos H, T, MV y MM no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ); T y MM superaron a H y MV, en los tres tratamientos. En esta época la cantidad de FTP se definió por los componentes MM y Llanero. Clitoria disminuyó su participación y Morera mostró incremento de 5 a 21%. Se concluye que la dinámica de crecimiento estacional del

forraje fue diferente entre praderas, por cambios en componentes botánicos y morfológicos.

**Palabras clave:** praderas asociadas, crecimiento estacional, composición botánica y morfológica.

# SEASONAL PLANT GROWTH ANALYSIS FOR PURE AND ASSOCIATED PRAIRIES WITHIN DRY TROPICS

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine seasonal growth dynamics for *Andropogon gayanus* alone and associated with *Clitoria ternatea* and *Morus alba* during a resting period, within the Dry Tropic region. Treatments included prairies with: A) *A. gayanus*, A + C) *A. gayanus* and *C. ternatea* and A + C + M) *A. gayanus*, *C. ternatea* and *M. alba*. Forage samples were taken at 0, 8, 16, 24 and 32 y, 0, 14, 28, 42 and 56 days post-grazing for wet and dry seasons, respectively. A randomized block with three replications was used. Data was analyzed through the SAS's General Linear Model and Tukey test was used for mean comparisons. For the rainy season the evaluated prairies had different total quantity of forage (TFP) growth curve, only Llanero alone prairie maintained an invariable amount for TFP from the day 28 to 32. On the other hand, associated prairies increased TFP. Only for day 0 FTP did show differences ( $P < 0.05$ ) among prairies. At the end of the grazing resting period, TFP was 1,530, 3,169 and 2,136 kg DM ha<sup>-1</sup> for pure (PP), associated (AP) and silvopastoral (SPP) prairies, respectively. *A. gayanus* defined TFP accumulation pattern showing a regular growth; *C. ternatea* maintained a pattern with little variation, and *M. alba* showed consistent but reduced accumulation. None of the three species showed statistical differences ( $P > 0.05$ ) for evaluated periods. Llanero-Clitoria associated prairie presented higher values of leaf (L), and live material (LM), different from those of Llanero alone ( $P \leq 0.05$ ). The amounts of stem (S) and LM, exceeded those of L and dead material (DM) in the three grasslands. TFP accumulation in this period of growth is explained first by S amounts, then by L and finally, by the contribution of DM; in addition, Clitoria participation ranged from 24 to 53% for association. During dry season, prairies showed different growth patterns no difference ( $P > 0.05$ ) among treatments was detected. At the end of the resting period TFP was 1,142, 3,879 and 2,033 kg DM ha<sup>-1</sup>, PP, AP and SPP, respectively. *A. gayanus* expressed different growth, *C. ternatea* grew irregularly among prairies, and *M. alba* showed steady increases. Morphological components L, S, LM and DM did not differ ( $P > 0.05$ ), S and DM were the components exceeding L and LM participation within treatments. At this season TFP amount was defined by DM and Llanero components. Clitoria decreases their participation and Morera showed increases from 5 to 21%. We conclude that forage's seasonal growth dynamics was different among prairies due changes for both botanical and morphological components.

**Key words:** mixed prairies, seasonal growth, botanical and morphological composition.

## 4.1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción animal en pastoreo se busca la eficiencia en la cosecha del forraje, ya que ésta es una de las principales características que determinan la productividad del sistema. Varios factores afectan el rebrote después del pastoreo, alterando los patrones de crecimiento e influenciando la acumulación de componentes morfológicos, afectando el valor nutritivo y el consumo de MS (Giacomini *et al.*, 2009). Entender la capacidad de las plantas de rebrotar después de la defoliación es un enfoque de la investigación que se realiza en los forrajes. De acuerdo a Grant y Marriot (1994), se busca información detallada para medir los componentes del crecimiento de las especies vegetales, asociadas a los efectos del ambiente y manejo.

Las especies forrajeras seleccionadas para este estudio tienen potencial para zonas tropicales; por tanto, conocer las respuestas de éstas a su uso en asociación y específicamente a su patrón de crecimiento, es necesario para el diseño de estrategias, cuando se emplean en los sistemas de producción.

### 4.1.1. Objetivo

Determinar la dinámica del crecimiento estacional de *Andropogon gayanus* solo y asociado con *Clitoria ternatea* y *Morus alba* en un periodo sin pastoreo, en Trópico Seco.

### 4.1.2. Hipótesis

Las praderas puras y asociadas difieren en su dinámica de crecimiento de las especies cultivadas.

## **4.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El área experimental, las características edafoclimáticas y tratamientos; así como, la distribución de estos en el campo se describen en el Capítulo 3. Las mediciones sobre la dinámica del crecimiento se realizaron en un periodo de descanso en la época de lluvia y en otro periodo de descanso en la época seca.

### **4.2.1. Variables Medidas en Época de Lluvia**

Las mediciones del forraje presente durante el periodo sin pastoreo se realizaron en el potrero No. 4 de cada tratamiento y bloque. En la época húmeda se tuvo un periodo de descanso de 32 días, por lo que el crecimiento del forraje se evaluó a 0, 8, 16, 24 y 32 días, después del pastoreo.

Una vez que los animales se retiraron del potrero, se seleccionaron cinco sitios que representaran la condición general de la pradera, en cada tratamiento de cada bloque. Después de haber seleccionado los sitios de muestreo, éstos se aleatorizaron a los cinco intervalos pre-determinados para evaluar el crecimiento.

#### **4.2.1.1. Forraje presente total y por componente botánico**

Se consideró una área de muestreo de ocho metros cuadrados, se cortaron las tres especies cultivadas ubicadas dentro de esta área. Llanero se cortó a 25 cm del suelo, Clitoria a 20 cm y, en Morera, el tallo o tallos principales fueron cortados a un metro y en la evaluación se cosechó todo el forraje que pudiera ser consumido por los animales; de manera manual, se arrancó el forraje simulando el pastoreo. El forraje presente cortado y se pesó de manera independientemente por especie cultivada, con el fin de estimar la cantidad por componente. De cada uno de ellos, se tomó una sub-muestra de 0.5 kg, se colocó en bolsas de papel secándose en estufa de aire forzado por 72 h a 55 °C, para determinar el porcentaje de materia

seca (MS). Para calcular la cantidad total del forraje, se sumaron todos los componentes.

#### **4.2.1.2. Componentes morfológicos**

De las muestras de Llanero, Clitoria y Morera se tomó una sub-muestra de 1.0 kg, la cual se separó en hojas tallos y material muerto. A estos componentes morfológicos también se le aplicó el procedimiento de secado, ya mencionado.

#### **4.2.2. Variables Medidas en la Época Seca**

Las mediciones del forraje presente durante el periodo sin pastoreo se realizaron en el potrero seis de cada tratamiento y bloque. El periodo de descanso fue de 56 días, por lo que el crecimiento del forraje se evaluó a 0, 14, 28, 42 y 56 días, después del pastoreo.

##### **4.2.2.1. Forraje presente total y por componente botánico y morfológico**

De manera similar a la época de lluvia, después del pastoreo se seleccionaron cinco sitios representativos de la condición en cada pradera y se procedió a realizar el muestreo para los componentes botánicos y morfológicos descritos.

#### **4.2.3. Análisis Estadísticos**

Las variables se analizaron de manera independiente para definir el crecimiento mediante un diseño Bloques Completos al Azar y por el procedimiento GLM (Modelo Lineal General) del programa SAS (SAS, 2011). La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey.

El modelo general fue el siguiente: 
$$Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta en tratamiento  $i$ , repetición  $j$ .

$\mu$  = media general.

$\zeta_i$  = efecto del tratamiento  $i$ .  $i = 1, \dots, 3$  tratamientos.

$\beta_j$  = efecto del bloque  $j$ .  $j = 1, \dots, 3$  bloques.

$E_{ij}$  = error aleatorio.

### **4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

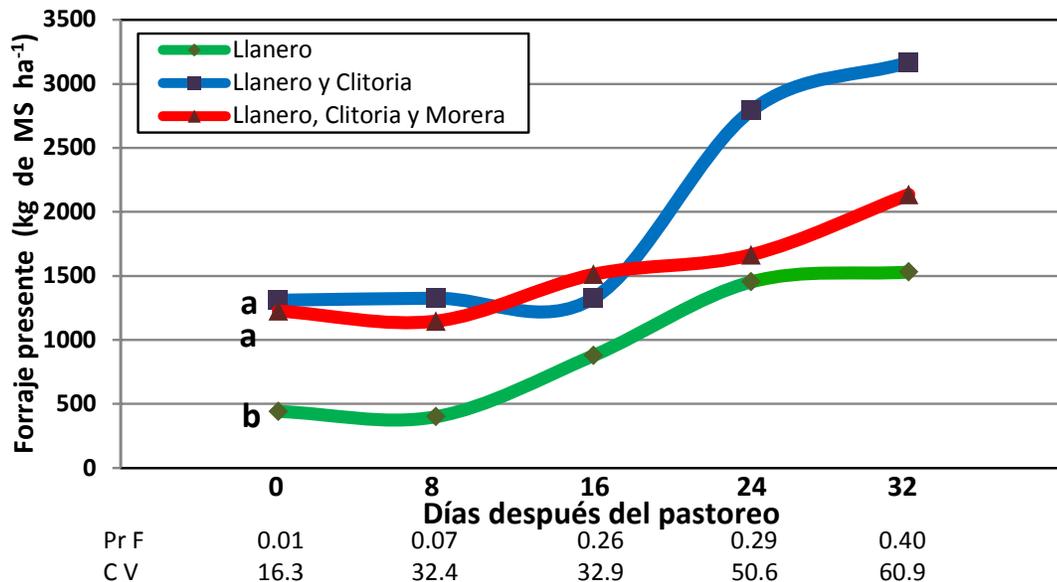
Los resultados de la dinámica de crecimiento de las especies evaluadas se presentan de manera separada para las épocas de lluvia y seca.

#### **4.3.1. Crecimiento del Forraje en la Época de Lluvia**

Se describe la dinámica del forraje total presente (FTP), de los componentes botánicos y morfológicos; así como, su acumulación durante un periodo de descanso de las tres praderas en época húmeda.

##### **4.3.1.1. Dinámica del forraje total presente**

El forraje total al inicio del periodo de crecimiento, fue mayor en praderas asociada y silvopastoril, en comparación con la pradera pura, estas diferencias no se expresaron a 8, 16, 24 y 32 días posteriores a la defoliación (Fig. 4.1).



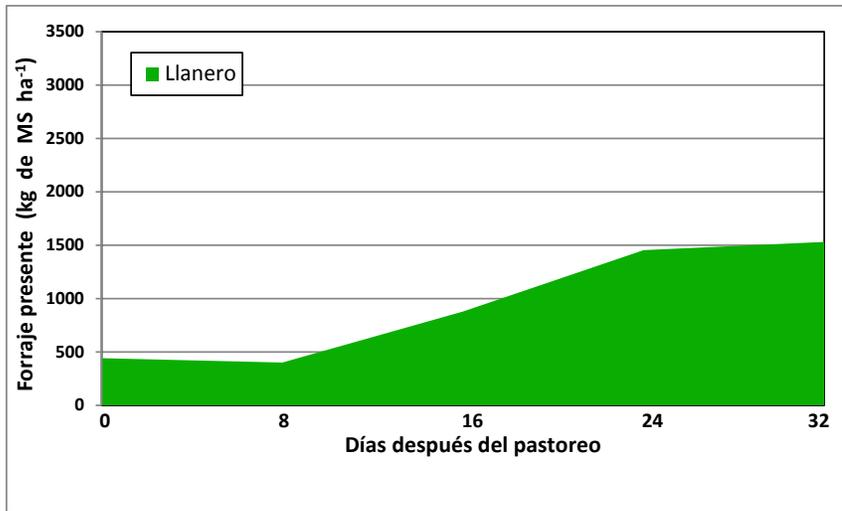
**Figura 4.1. Forraje total presente a diferentes intervalos en un periodo de crecimiento, en época de lluvia**

La curva sigmoidea, que normalmente se presenta en el crecimiento de las especies vegetales (Da Silva y Hernández, 2010), se observó con diferencias en las tres praderas. Para el forraje presente de la pradera con Llanero solo y en la silvopastoril, la fase inicial de crecimiento lento fue de una semana; mientras que, en la pradera asociada de Llanero y Clitoria fue de dos semanas. La fase de crecimiento acelerado fue evidente en praderas con una y dos especies; mientras que, cuando se cultivaron tres especies, el crecimiento parece constante y, finalmente, la tercera fase, cuando se estabiliza la cantidad de forraje, parece darse solamente en la pradera pura a partir de 24 días. A pesar de que el forraje al inicio del crecimiento mostró diferencias entre praderas y que ocho días después hubo una tendencia ( $P=0.07$ ) a mostrar diferencias, a los 16, 24 y 32 días no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) en forraje presente. Al finalizar el periodo de descanso de las praderas, la cantidad de FTP fue de 1,530, 3,169 y 2,136 kg de MS  $ha^{-1}$ , para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente. Al respecto Veras *et al.* (2010), reportan rendimientos de 1,160, 2,378 y 4,482 kg de materia seca por  $ha^{-1}$  a los 35, 49 y 63 días de rebrote en pasto Llanero sin fertilización, estos resultados son menores a los encontrados en esta investigación.

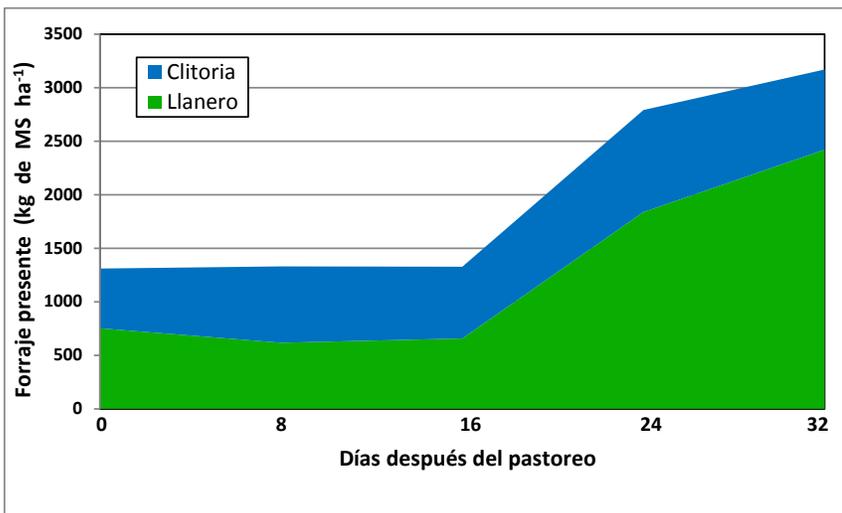
#### 4.3.1.2. Acumulación de componentes botánicos del forraje total en la época de lluvia

Al comparar el crecimiento de cada especie entre las praderas, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) durante este periodo. El pasto Llanero fue la especie cultivada presente en las tres praderas, para la pradera pura pasó de una cantidad de 441 a 1,530 kg de MS por  $\text{ha}^{-1}$ , de los 0 a los 32 días de crecimiento (Fig. 4.2). Para Llanero-Clitoria, se tuvieron dos fases de crecimiento, una lenta y otra acelerada. Al analizar los cambios que tuvieron las especies, la cantidad de Clitoria aumento de 558 a 748 kg de MS  $\text{ha}^{-1}$  de 0 a 32 días, aunque la cantidad aumentó, el porcentaje pasó de 43 a 24% en el mismo periodo; por lo que el mayor incremento de la biomasa se debió a la acumulación de Llanero, de 752 a 2,421 kg de MS  $\text{ha}^{-1}$  y el porcentaje de esta gramínea pasó de 57% a 0 días a 76% a 32 días. Clitoria tiene menor altura que las especies con las que se asoció y su hábito de crecimiento trepador puede explicar este desarrollo variable. Giacomini *et al.* (2009), señalaron que el exceso de sombra puede provocar decremento en las tasas de fotosíntesis y respiración, lo cual afecta la producción de biomasa, particularmente durante periodos de altas temperaturas y lluvias.

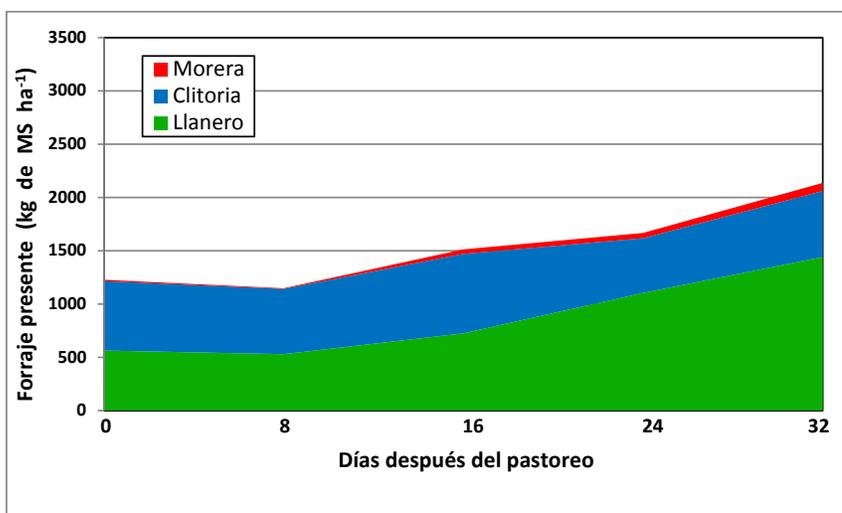
Para la pradera con tres especies, el incremento en el FTP, también se atribuyó al aumento en la cantidad de Llanero, de 563 a 1,441 kg de MS  $\text{ha}^{-1}$ , 46 y 67% del forraje total, Clitoria se mantuvo en aproximadamente 620 kg  $\text{ha}^{-1}$  y su participación se redujo de 53 a 29%; mientras que, Morera sí mostró incremento en este periodo, en cantidad de 13 a 76 kg de MS  $\text{ha}^{-1}$ , como porcentaje de 1 a 4% del forraje total. Su baja participación está relacionada con densidad de plantas, ya que en esta pradera fue de 817 plantas por hectárea. Al igual que Llanero tuvo una fase de lento desarrollo y después un crecimiento acelerado, que no mostró declinación a 32 días.



**Llanero**



**Llanero y Clitoria**



**Llanero, Clitoria y Morera**

**Figura 4.2. Acumulación de componentes botánicos a diferentes días en un periodo de crecimiento, en época de lluvia**

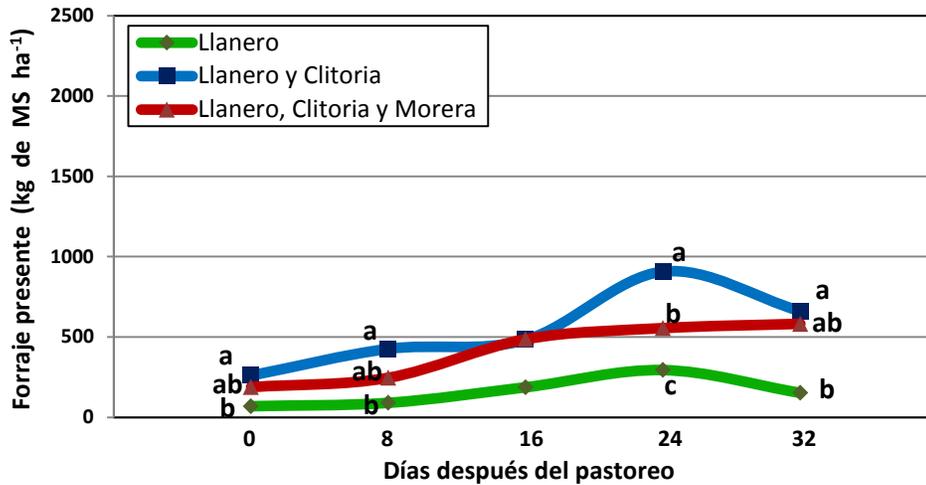
Mooso (1986), reportó aumentos del rendimiento de 15 a 66% en mezclas de pastos y leguminosas, comparado con monocultivo. Kunelius y Narasimhalu (1983), reportaron que el crecimiento de leguminosas con ryegrass perenne incrementó los rendimientos de 15 a 52%, comparado con trébol y alfalfa en pradera puras. Las tasas de forraje acumulado de todas las mezclas fueron similares para primavera y rebrote de verano. Las diferencias en tasas de acumulación de forraje entre años, reflejan cambios en la composición botánica de praderas (Sanderson, 2010).

#### **4.3.1.3. Componentes morfológicos del forraje total presente**

Los componentes morfológicos del forraje analizados en esta investigación fueron: hojas, tallos, material vivo y material muerto.

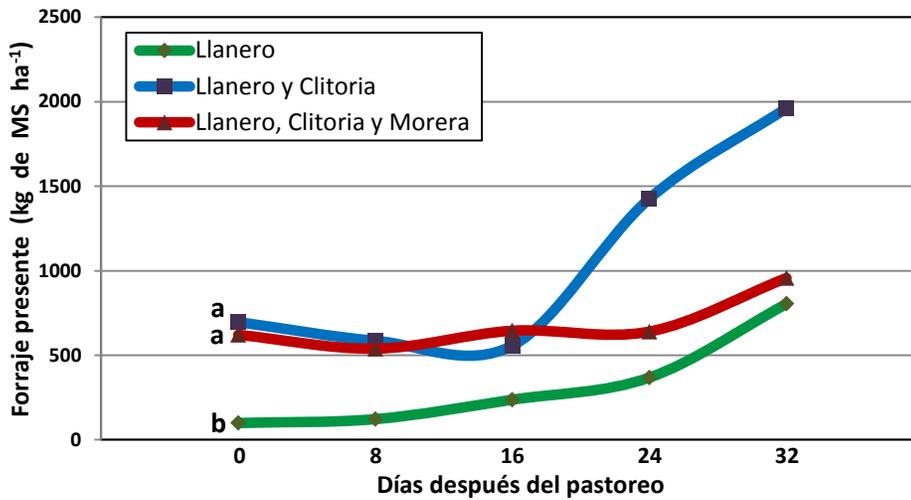
##### **4.3.1.3.1. hojas y tallos en el forraje total a diferentes días de crecimiento**

Las hojas del forraje total presente fueron el componente que manifestó mayores cambios en los tres tipos de pradera (Fig. 4.3). La asociación Llanero-Clitoria mostró las mayores cantidades de hoja, desde el forraje presente al inicio del periodo de descanso hasta 32 días. La asociación con Llanero-Clitoria-Morera tuvo cantidades intermedias y Llanero sólo, mostró las menores cantidades de hoja. Las cantidades finales en este periodo de crecimiento fueron de 152, 661 y 582 kg de MS por ha<sup>-1</sup> de hoja, para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente. En época de lluvias, cuando prevalecen condiciones favorables para el crecimiento, la formación de hoja es dinámica, lo que favorece que se presenten cambios en este componente morfológico.



Hoja

Pr F	0.01	0.05	0.09	0.002	0.02
C V	19.8	36.1	27.2	9.5	24.4



Tallo

Pr F	0.04	0.06	0.08	0.16	0.30
C V	35.9	33.9	29.1	63.5	69.2

**Figura 4.3. Hoja y tallo del forraje total presente a diferentes días de un periodo de crecimiento, en época de lluvia**

Los tallos del FTP tuvieron crecimiento diferente al de hojas. La fase de crecimiento lento, se prolongó por 16 días. En la pradera con una y con tres especies cultivadas, la acumulación de tallos fue baja, comparada con la pradera con dos especies, donde la cantidad de tallos acumulados después de 16 días fue acelerada. En promedio, la cantidad de tallos presente al final del periodo de

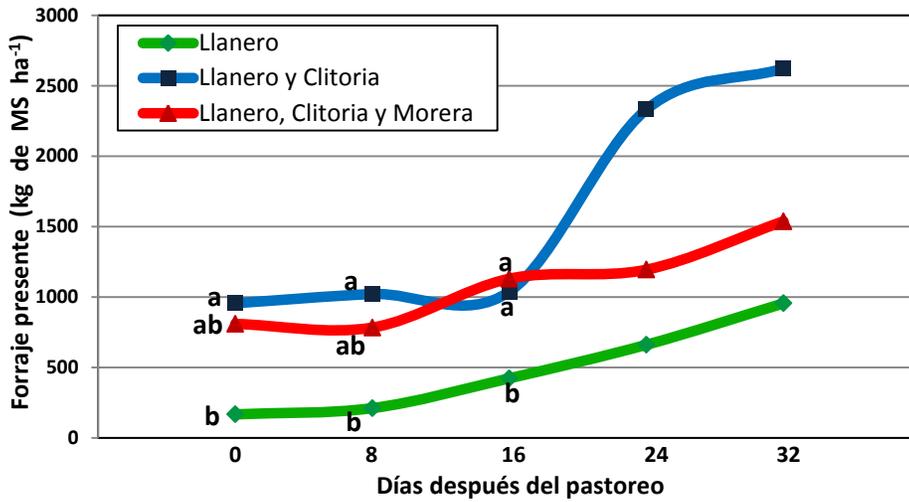
descanso fue de 804, 1,962 y 957 kg de MS por ha<sup>-1</sup> de tallos, para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente.

En este estudio al final del periodo de descanso, las tres praderas tenían mayor cantidad de tallo que de hoja; esto difiere de lo reportado en *B. brizantha* en el verano, donde encontraron alta proporción de hoja y baja proporción de tallo en la masa de forraje antes del pastoreo (Ramírez *et al.*, 2009). Esto se debe a que las dos gramíneas presentan diferente morfología, *A. gayanus* es una especie amacollada que tiene mayor proporción de tallo que *B. brizantha*.

#### **4.3.1.3.2. material vivo y muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento**

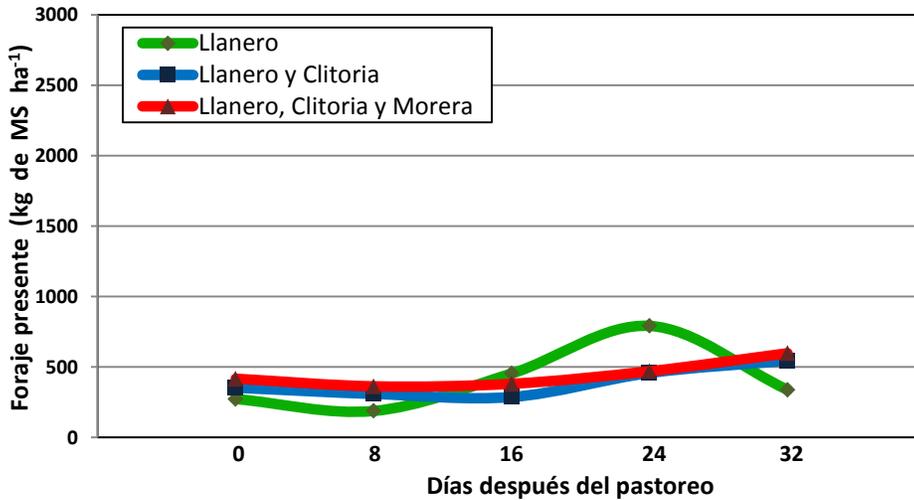
El material vivo del forraje total presente al inicio del periodo de crecimiento representó el doble del material muerto en las praderas asociada y silvopastoril; mientras que, en la de Llanero sólo, ambos componentes presentaron cantidades similares (Fig. 4.4). Durante la época de lluvias, la acumulación de material vivo es mayor respecto a la de material muerto y esto es debido a condiciones favorables para crecimiento: altas precipitaciones pluviales y temperatura adecuada.

Además de las diferencias en el forraje presente al inicio del periodo de descanso, también se tuvieron diferencias ( $P < 0.05$ ), en material vivo a ocho y 16 días después del pastoreo; en los primeros entre las praderas con una y dos especies y, en los segundos entre la pradera pura y las praderas asociadas. A los 24 días hay una tendencia ( $P = 0.08$ ) a que el material vivo de las praderas asociadas es mayor a la pradera sólo con Llanero. Las cantidades al final de este periodo de descanso fueron de: 956, 2,623 y 1,539 kg de MS por ha<sup>-1</sup>, de material vivo para las praderas de Llanero, Llanero-Clitoria y Llanero-Clitoria-Morera, respectivamente.



Pr F	0.02	0.04	0.04	0.08	0.19
C V	26.7	29.2	21.0	40.6	57.4

**Material vivo**



Pr F	0.30	0.24	0.87	0.86	0.76
C V	36.4	45.0	66.0	82.6	85.0

**Material muerto**

**Figura 4.4. Material vivo y material muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento, en época de lluvia**

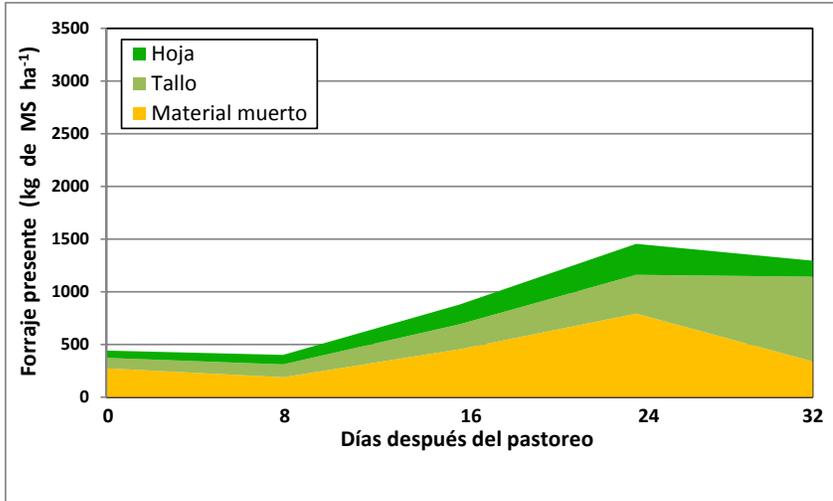
Mayor proporción de material vivo del forraje residual de las praderas asociadas, podría, permitir mayor proporción de luz incidente interceptada por hojas verdes, favoreciendo que ocurran altas tasas de asimilación neta y crecimiento del cultivo (Giacomini *et al.*, 2009).

El material muerto presentó no mostró variación ( $P>0.05$ ) entre praderas evaluadas en esta investigación a los 0, 8, 16, 24 y 32 días, después del pastoreo. Las cantidades al final de el periodo de descanso fue de 338, 546 y 598 kg de MS ha<sup>-1</sup>, para praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente.

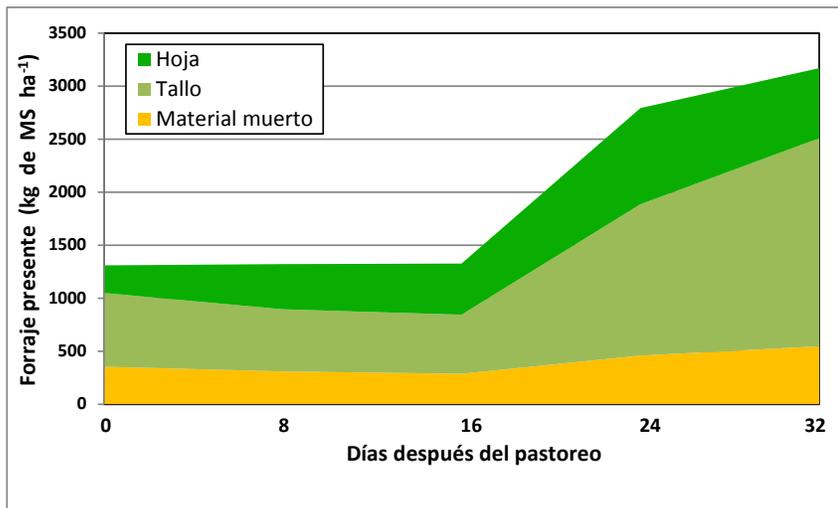
#### **4.3.1.3.3. acumulación de los componentes morfológicos del forraje total**

En la pradera pura, la hoja, tallo y material muerto, no se incrementaron los primeros ocho días después del pastoreo; posteriormente, se tuvo un crecimiento rápido hasta 24 días, de los tres componentes (Figura 4.5). De 24 a 32 días, parece estabilizarse la cantidad de forraje total, pero sus componentes morfológicos varían, la cantidad de tallo tiende a aumentar, mientras que hoja y material muerto son propensos a disminuir. La cantidad de tallo pasó de 99 a 804 kg de MS por ha<sup>-1</sup>, de 0 a 32 días. Ramírez *et al.* (2009), mencionan que la mayor acumulación de hojas y tallos en la época de lluvias, resulta de mejores condiciones ambientales para crecimiento.

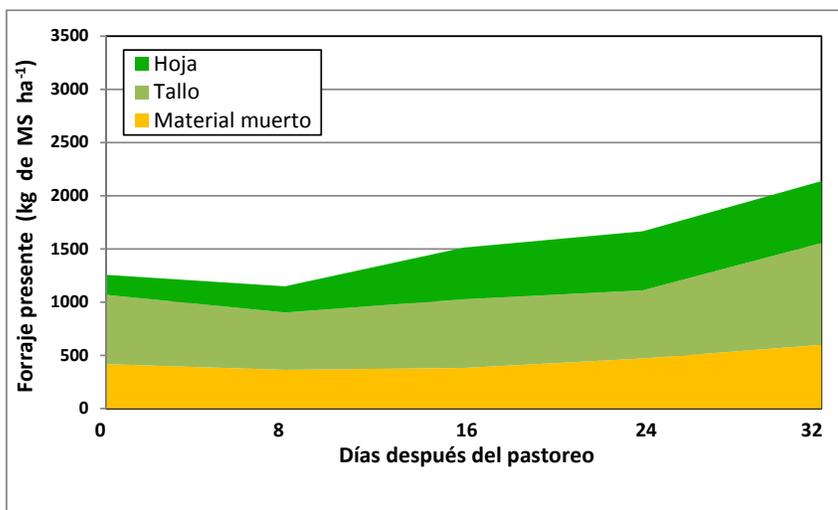
En Llanero-Clitoria el principal componente que se acumuló en este periodo de 32 días, fue tallo, después hoja y menor cantidad de material muerto. Las cantidades de hoja pasaron de 260 a 661, de tallo de 696 a 1,962 y de material muerto de 353 a 546 kg de MS ha<sup>-1</sup> y porcentualmente de 28 a 17, de 52 a 62 y de 20 a 21% también para hoja, tallo y material muerto, respectivamente.



**Llanero**



**Llanero y Clitoria**



**Llanero, Clitoria y Morera**

**Figura 4.5. Acumulación de los componentes morfológicos a diferentes días de crecimiento, en época de lluvia**

En Llanero-Clitoria-Morera, también coincide con la asociación de dos especies, en que los componentes que se acumularon fueron, primero tallo, hoja y finalmente, material muerto. Las cantidades de hoja pasaron de 188 a 582, de tallo de 651 a 957 y de material muerto de 417 a 598 kg de MS ha<sup>-1</sup> y porcentualmente de 33 a 28, de 52 a 45 y de 15 a 27% también para hoja, tallo y material muerto, respectivamente. En esta pradera el porcentaje de tallo disminuyó y el porcentaje de material muerto aumento. La mayor cantidad de hoja y tallo en las asociaciones, está asociada a la penetración más profunda de raíces de la leguminosa y la arbustiva, por lo que producen mayor material vivo (hojas y tallos), en comparación con la gramínea. A mayor cantidad de hoja mayor índice de área foliar y, por tanto, mayor capacidad fotosintética para producción de forraje (Barbosa *et al.*, 2002).

En gramíneas tropicales, cuando se intercepta el 95% de luz incidente, el proceso de acumulación de hojas sufre un cambio drástico, se reduce la acumulación de hojas y se incrementa la de tallos vegetativos y material senescente (Da Silva y Hernández, 2010). Es probable que ésta sea la situación de la pradera mono-específica a partir de 24 días de rebrote; por otra parte, en praderas asociadas, aún no se llega a esta situación, debido a que participan la leguminosa y la arbustiva, especies de metabolismo más lento que la gramínea.

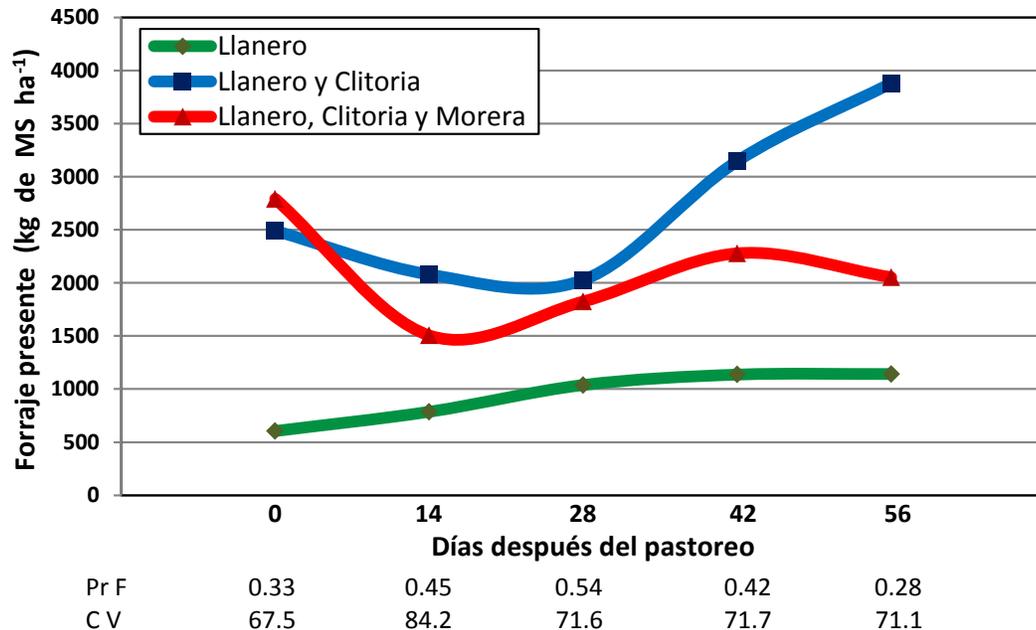
#### **4.3.2. Crecimiento del Forraje en la Época Seca**

Para esta época también se describen la dinámica del forraje total, de los componentes botánicos y morfológicos; de igual manera, se presenta la acumulación de estos componentes en un periodo sin pastoreo en la época de estiaje.

##### **4.3.2.1. Dinámica del forraje total presente**

Durante el periodo de descanso del pastoreo en la época seca, la cantidad de forraje total tuvo diferente respuesta en los tipos de pradera, esto, debido a la

ausencia de precipitación pluvial y a la alta radiación solar (Fig. 3.1; Fig. 4.6). Con relación a ese comportamiento Giacomini *et al.* (2009), asumen que tanto las prácticas de manejo y variaciones climáticas estacionales afectan el crecimiento, fotosíntesis, respiración y secuestro de carbono en las plantas forrajeras.



**Figura 4.6. Forraje total presente a diferentes intervalos en un periodo de crecimiento, en época seca**

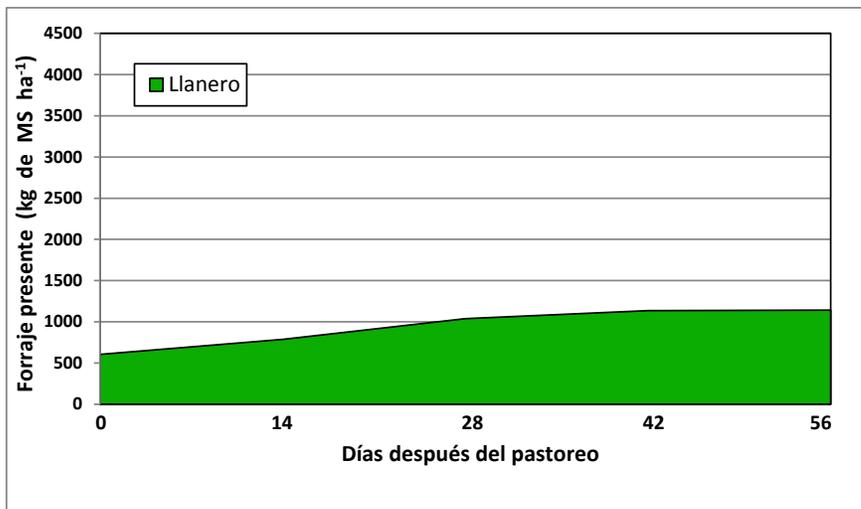
La pradera con Llanero sólo tuvo crecimiento muy lento, pero constante; la pradera Llanero-Clitoria tuvo descenso en el crecimiento inicial y, posteriormente, crecimiento acelerado y la pradera con Llanero-Clitoria-Morera mostró descenso en la etapa inicial y posteriormente, recuperación parcial. A los 0, 14, 28, 42 y 56 días post-pastoreo en el periodo de descanso en la época seca, no se percibieron diferencias en el forraje presente total ( $P > 0.05$ ) entre los tipos de pradera. Al finalizar el periodo de descanso, la cantidad de forraje total presente fue de 1,142, 3,879 y 2,053 kg de MS por  $ha^{-1}$ , para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente.

En esta época del año, la pradera con sólo gramínea muestra acumulación constante de forraje total, pero cuando la pradera estuvo compuesta con gramínea y leguminosa y, leguminosa con arbustiva, la acumulación del forraje tiene comportamiento irregular, debido a que estas últimas plantas tienen distinta respuesta al daño mecánico por el pastoreo con ganado y al estrés hídrico. La zona meristemática en gramíneas está protegida (a Silva et al., 2008); mientras que en la leguminosa y la arbustiva están expuestas; en la primera puede iniciar más pronto el crecimiento de tejido nuevo que en las otras dos especies, esto podría explicar la diferencia en la etapa inicial de crecimiento. Posteriormente, el mejor acceso a humedad en el suelo por parte de Clitoria y Morera explicaría una etapa de mayor crecimiento.

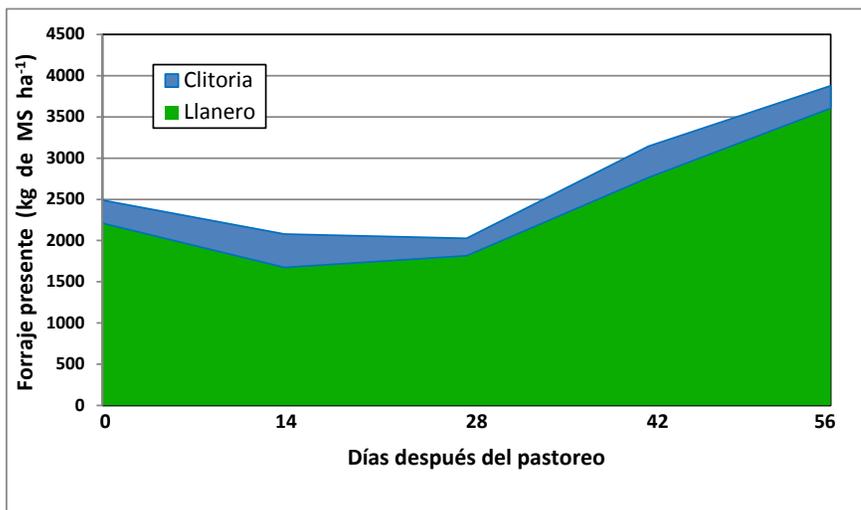
#### **4.3.2.2. Acumulación de los componentes botánicos del forraje total en época seca**

Los componentes botánicos no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tipos de pradera durante el crecimiento en este periodo (Fig. 4.7). La cantidad de Llanero en la pradera pura tuvo un incremento de 89%, paso de 605 a 1,142 kg de MS ha<sup>-1</sup> de los 0 a los 56 días.

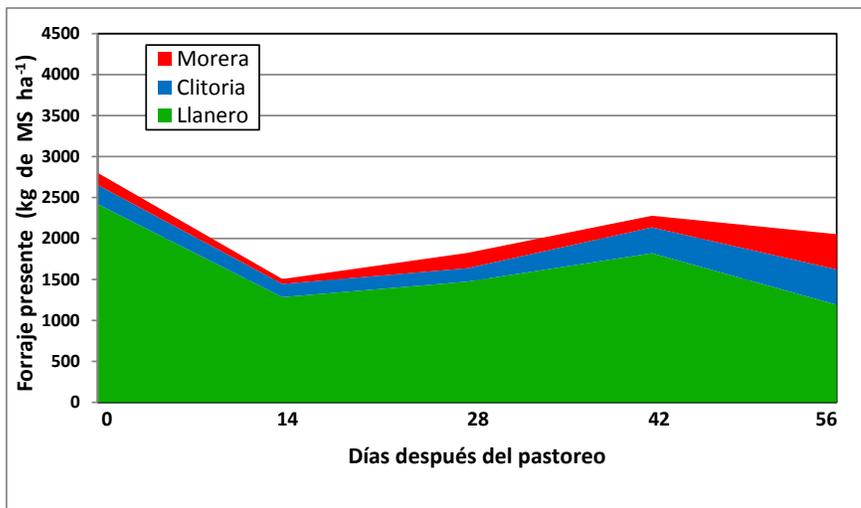
La cantidad de Clitoria en la época seca fue el 50% de la producida en la época de lluvias. La participación de esta leguminosa en el forraje total fue diferente en las dos asociaciones, en la pradera Llanero-Clitoria la leguminosa mostró una participación prácticamente igual en cantidad 279 y 273 kg de MS ha<sup>-1</sup>, pero decreció el porcentaje del forraje total presente de 11% al inicio y 7% al final del periodo de descanso; por lo que el incremento en el forraje total presente se debió principalmente, a la aportación de la gramínea. La cantidad de pasto Llanero pasó de 2,211 a 3,606 kg de MS por ha<sup>-1</sup> y porcentualmente de 89 a 93% del forraje total presente, de los 0 a los 56 días de crecimiento.



**Llanero**



**Llanero y Clitoria**



**Llanero, Clitoria y Morera**

**Figura 4.7. Acumulación de componentes botánicos a diferentes días en un periodo de crecimiento, en época seca**

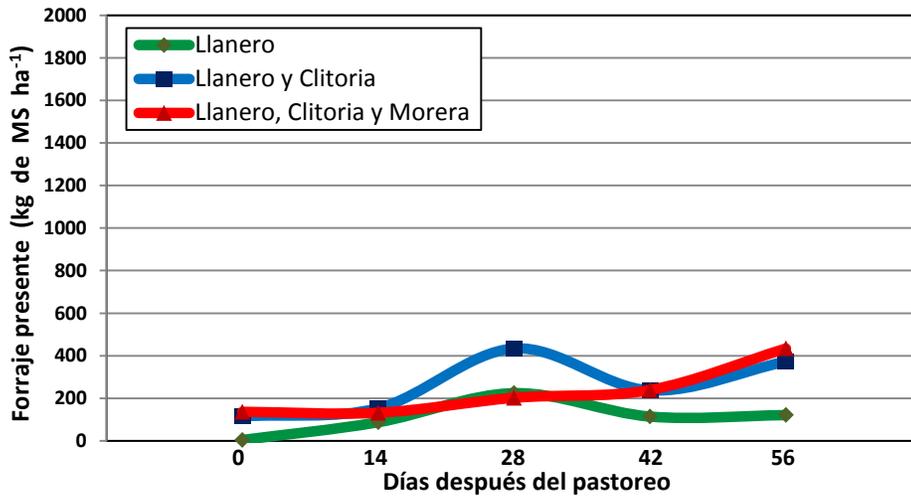
La pradera Llanero-Clitoria-Morera tuvo un descenso en la cantidad de FTP, pasando de 2,801 a 2,053 kg de MS ha<sup>-1</sup> del inicio al final del periodo de descanso; esta disminución en el FTP se debió a menor aportación de la gramínea, ya que, tanto la leguminosa como la arbustiva incrementaron su participación al final del periodo. La cantidad de pasto Llanero paso de 2,419 a 1,191 kg de MS ha<sup>-1</sup>, del 86 al 58%; Clitoria de 235 a 431 kg de MS por ha<sup>-1</sup>, de 9 a 21% y Morera de 147 a 430 kg de MS por ha<sup>-1</sup> y porcentualmente de 5 a 21%. Morera contribuyó de manera importante en el forraje total presente, su participación fue mayor en la época seca que en la época de lluvia.

#### **4.3.2.3. Componentes morfológicos del forraje total presente**

De igual manera que en la época de lluvia, en la época seca se analizaron los componentes: hojas, tallos, material vivo y material muerto.

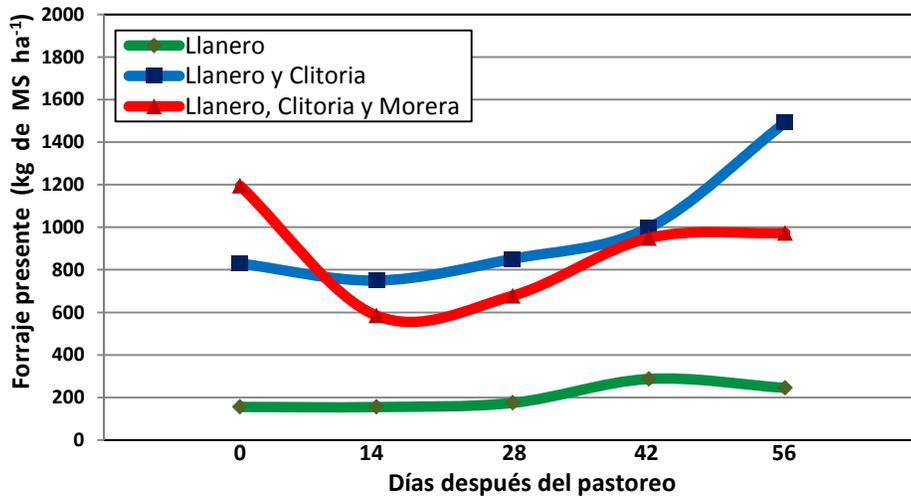
##### **4.3.2.3.1. hojas y tallos en el forraje total a diferentes días de crecimiento**

En la época seca, la cantidad de hoja y tallo no fue diferente ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (Fig. 4.8). La cantidad de hoja fue menor que la de tallo, debido a la acumulación de este componente, ya que es menos seleccionado por el pastoreo con bovinos. Las hojas mostraron cantidades ascendentes, en este periodo de descanso, el mayor aumento se dio en las asociaciones. Respecto a los tallos del forraje total presente, tampoco mostraron diferencias entre las tres praderas ( $P>0.05$ ).



Hoja

Pr F	0.32	0.86	0.65	0.58	0.19
C V	119.1	133.9	116.6	56.6	41.6



Tallo

Pr F	0.19	0.54	0.27	0.43	0.27
C V	41.6	118.8	68.9	76.3	80.2

**Figura 4.8. Hoja y tallo del forraje total presente a diferentes días de un periodo de crecimiento, en época seca**

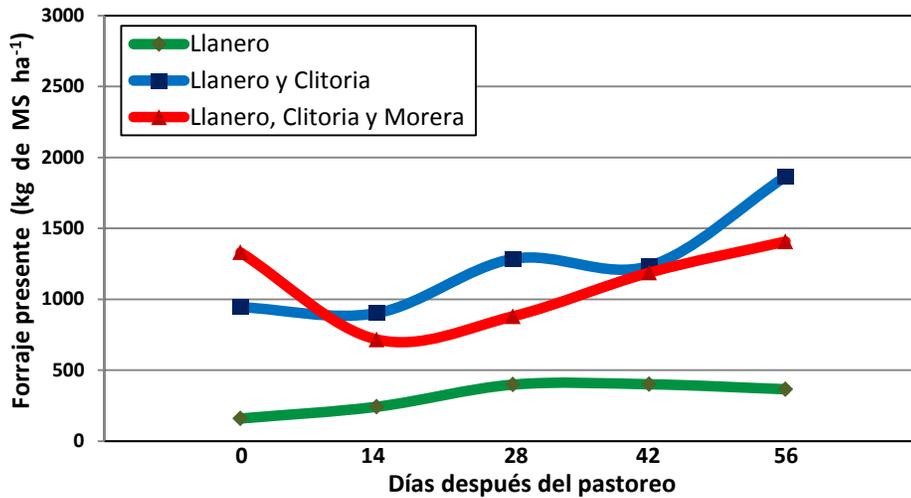
Los tallos en la pradera sólo con Llanero mostraron un leve incremento en la cantidad presente de 0 a 56 días; la cantidad de tallos de la pradera Llanero-Clitoria tuvo crecimiento lento los primeros 42 días y, en los últimos 14 un crecimiento acelerado; finalmente, los tallos de la pradera con Llanero-Clitoria-Morera tuvieron un descenso drástico las primeras dos semanas y después una recuperación parcial. Los efectos negativos de las condiciones ambientales durante la sequía,

como el déficit hídrico en el suelo, se ven reflejados en la cantidad de hoja en esta época, comparada con la época de lluvias, lo cual confirma un fuerte efecto climático en el crecimiento de las plantas (Giacomini *et al.*, 2009).

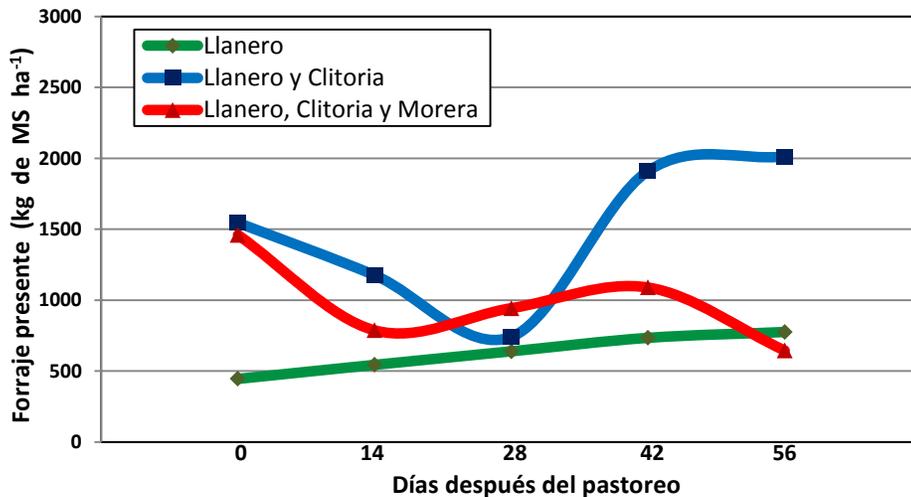
#### **4.3.2.3.2. material vivo y muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento**

Tanto el material vivo, como muerto no mostraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre praderas, durante un periodo de rebrote en la época seca (Fig. 4.9). En las tres praderas, hubo incremento en el material vivo conforme transcurrió el periodo sin pastoreo. Las cantidades fueron de 160, 945 y 1,331 kg de MS ha<sup>-1</sup> y los porcentaje de 26, 38 y 48% de MV en el forraje total, al inicio de este periodo de descanso para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente. Las cantidades al final del mismo periodo fueron de 366, 1866 y 1408 kg de MS ha<sup>-1</sup> y los porcentaje de 32, 48 y 69% de MV en el forraje total, también para las praderas con una, dos y tres especies cultivadas, respectivamente.

En esta época seca el material muerto prevaleció sobre el vivo en las praderas evaluadas. En la pradera sólo con la gramínea el material muerto se incrementó gradualmente durante los 56 días de crecimiento, en la pradera con gramínea-leguminosa se tuvo un descenso en el MM hasta las cuatro semanas y después una fase de acumulación hasta las ocho semanas; mientras que, el MM de la pradera con gramínea-leguminosa-arbustiva tuvo dos descensos, separados por un periodo estable entre las 2 y 6 semanas. Las cantidades fueron de 445, 1,546 y 1,460 kg de MS ha<sup>-1</sup> y los porcentaje de 74, 62 y 52% de MM en el forraje total, al inicio de este periodo de descanso para las praderas pura, asociada y silvopastoril, respectivamente. Las cantidades al final del mismo periodo fueron de 776, 2,013 y 645 kg de MS ha<sup>-1</sup> y los porcentaje de 68, 52 y 31% de MM en el forraje total, también para las praderas con una, dos y tres especies cultivadas, respectivamente.



Pr F	0.31	0.61	0.40	0.44	0.25
C V	85.2	121.6	80.0	71.0	67.9

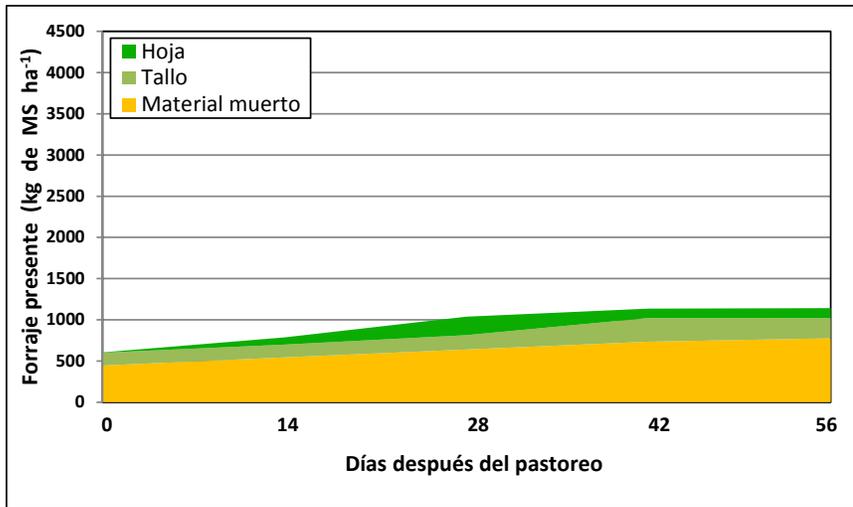


Pr F	0.36	0.37	0.81	0.37	0.27
C V	77.6	67.7	95.1	74.6	80.5

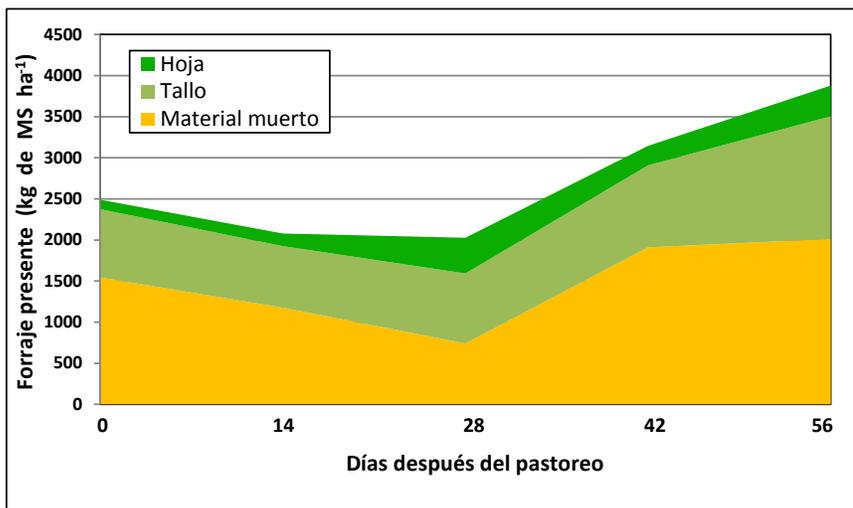
**Figura 4.9. Material vivo y material muerto en el forraje total presente, a diferentes días de crecimiento, en época seca**

#### 4.3.2.4. Acumulación de componentes morfológicos del forraje total

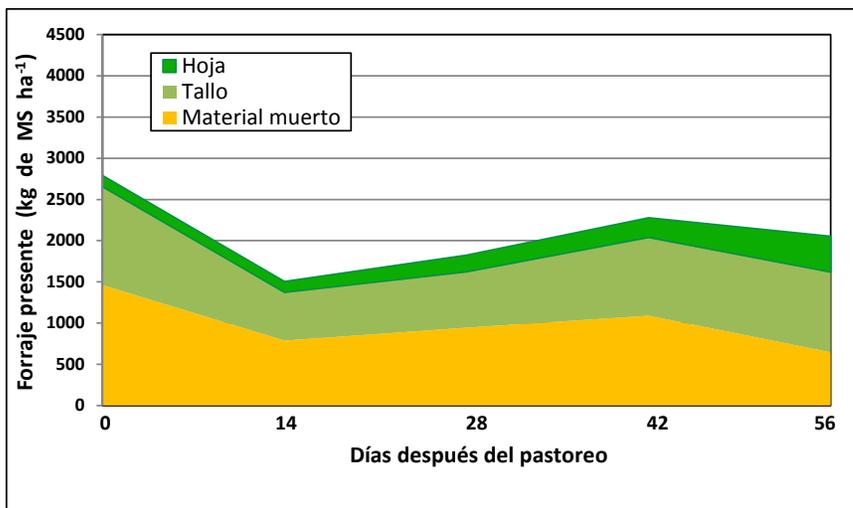
En la época seca, la acumulación de componentes morfológicos fue diferente para los tipos de pradera (Fig. 4.10).



**Llanero**



**Llanero y Clitoria**



**Llanero, Clitoria y  
Morera**

**Figura 4.10. Acumulación de componentes morfológicos a diferentes días de crecimiento, en época seca**

En la pradera de Llanero sólo, la cantidad de FTP es menor que en las praderas asociadas, en esta pradera pura hubo una cantidad ascendente de forraje, de 605 a 1,142 kg de MS ha<sup>-1</sup> y su principal componente fue material muerto, tallo y el de menor cantidad, hoja. Las hojas y tallos juntos, aportaron 26% del forraje presente al inicio del periodo sin pastoreo y 32% a los 56 días. La cantidad de hoja, tallo y material fueron de 4,156 y 445 kg de MS ha<sup>-1</sup> al inicio del periodo de crecimiento y, de 121, 245 y 776 kg de MS por ha<sup>-1</sup> al final del periodo; los porcentajes del forraje total fueron de 1, 26 y 73% a los 0 días y de 11, 21 y 68% a los 56 días, también para hoja, tallo y MM.

Las praderas asociadas tuvieron cantidades similares de forraje total presente, material muerto, tallo y hoja residuales; sin embargo, su desarrollo posterior fue diferente. En la pradera de Llanero-Clitoria se aprecian dos etapas una de un ligero descenso en la cantidad de los componentes y otra en donde hay acumulación de los mismos, en esta última etapa el material muerto parece estabilizarse, mientras que hoja y tallo aumentan su participación, lo que explica el incremento de biomasa. Las cantidades iniciales de hoja, tallo y MM fueron de 115, 829 y 1,546 kg de MS por ha<sup>-1</sup> y al final del descanso de 373, 1,493 y 2,013 kg de MS por ha<sup>-1</sup>; los porcentajes fueron de 5, 33 y 62% a los 0 días y de 10, 38 y 52% a los 56 días, para hoja, tallo y MM, respectivamente.

En la pradera Llanero-Clitoria-Morera, también se observó descenso en FTP en las primeras dos semanas; posteriormente, hubo una acumulación gradual, disminuyendo el material muerto, pero incrementándose hoja y tallo. Las cantidades de hoja, tallo y MM fueron de 136, 1,195 y 1,460 kg de MS por ha<sup>-1</sup> al inicio del descanso y de 434, 974 y 645 kg de MS por ha<sup>-1</sup> al final; los porcentajes del forraje total presente fueron 5, 43 y 52% a los 0 días y de 21, 48 y 31% a los 56 días.

La menor proporción de hoja y mayor proporción de tallo y material muerto en la época seca, se debe a dos razones: 1). ambientales: estrés hídrico, alta

temperatura y mayor fotoperiodo y 2). manejo: mayor periodo de rebrote (Barbosa *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2002 y Ramírez *et al.*, 2009).

El bajo crecimiento del pasto en la pradera sólo de Llanero, esta relacionado con la continua extracción de nutrimentos, sin su debida reposición; ya que el crecimiento de hoja requiere grandes cantidades de nitrógeno (Thornton *et al.*, 2000). En la pradera de Llanero-Clitoria-Morera, se observó alta cantidad de forraje residual y disminución en la acumulación del forraje total. Al respecto, se ha señalado que la mayor cantidad de forraje residual, principalmente material muerto, interfiere la fotosíntesis de hojas en estratos inferiores y posteriormente en la del dosel y con ello promueve caída en la tasa de acumulación de forraje (Hernández *et al.*, 2002).

#### 4.4. CONCLUSIONES

Tanto en la época de lluvias como en la época seca, la dinámica del crecimiento en praderas con *Andropogon gayanus* sólo y asociado con *Clitoria ternatea* y *Morus alba* es diferente.

En la época de lluvia, los componentes hoja, tallo y material vivo del forraje total fueron sensibles a mostrar diferencias cuando las especies se cultivaron solas o en asociación. En la época seca el material muerto fue el que tuvo mayor contribución en el forraje total presente.

En la época de lluvia *Clitoria ternatea*, es un componente importante en las asociaciones y su participación varió de 24 a 53%. En la época seca, disminuye la participación de Clitoria; sin embargo, empieza a incrementarse el porcentaje de *Morus alba* y pasa de 5 a 21%.

#### 4.5. LITERATURA CITADA

- Barbosa R.A., D.J. Junior, E.V.P. Batista, A.J. Regazzi y D.M. Fonseca. 2002. Características morfogénicas e acumulo de forragem do Capim-Tanzania (*Panicum máximum* Jacq. cv. Tanzania) em dosis residuos forrageiros postpastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. 31(2): 583-593.
- Da Silva S.C. y A. Hernández G. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. Los forrajes y su impacto en el trópico. M.E. Velasco Z., A. Hernández G., G.R. Peregrovas y M.B. Sánchez. U. Autónoma de Chiapas. pp. 63-95.
- Giacomini A.A., S.C. Da Silva, D.O.L. Sarmiento, C.V. Zeferino C.V., S.J.S. Junior, J.K. Da Trindade, V.A. Guarda y D.N. Junior. 2009. Growth of Marandu Palisadegrass subjected to strategies of intermittent stoking. Scientia Agrícola. 66(6): 733-741.
- Grant S.A. and C.A. Marriot. 1994. Detailed studies of grazed sward-techniques and conclusions. J of Agricultural Sci. vol. 122: 1-6.
- Hernández G.A., H.P.A. Martínez, U.M. Mena, J. Pérez P. y J.F. Enríquez Q. 2002. Dinámica de rebrote del pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hoehst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. Técnica Pecuaria en México. 40(2): 193-205.
- Kunelius H.T. and P. Narasimhalu. 1983. Yields and quality of Italian and Westworld ryegrass, red clover, alfalfa, birdsfoot trefoil and ryegrass-legume mixtures. Can. J. Plant Sci. 63:437-442.
- Mooso G.D. 1986. Yield dynamics and chemical composition of canopy components in alfalfa-grass associations. Diss.Abstr. Int., B 46(12):4074B.

- Ramírez R.O., G.A. Hernández, S.C. Da Silva, J. Pérez P., J.F. Enríquez Q., A.R. Quero C., J.G. Herrera H. y N.A. Cervantes. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2): 203-213.
- Sanderson M.A. 2010. Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume and Chicory mixtures. *Agronomy J* 102:728-733.
- Silva da, S.C., D. do Nascimento J. e V.B. Pacheco E. 2008. Pastagens: conceitos básicos, Produção e Manejo. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. 1ª edição. Viçosa, Brasil. 115 p.
- Statistical Analysis System (SAS). SAS user's Guide: Statistics (ver 9.2 Second ed.). Cary, NC, USA: Inst Inc. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. Documento consultado el 24 de abril del 2011.
- Thornton B., Millar P. y U. Bausenwein U. 2000. Reserve formation and recycling of carbon and nitrogen during regrowth of defoliated plants. *In*: G. Lemaire, J. Hodgson, and A. Moraes (eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Wallingford, Oxon, GBR: CABI Publishing. pp. 85-99.
- Veras V.S., M.B. Oliveira, M.S.B. Lacerda, T.B. Carvalho y A.A. Alves. 2010. Produção de biomassa e estrutura de capim-andropogon em sistema silvipastoril e monocultura. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 62(1):200-207.

**CAPÍTULO 5. CAMBIOS ESTACIONALES EN PESO VIVO DE BOVINOS  
PASTOREANDO PRADERAS PURA, ASOCIADA Y SILVOPASTORIL, EN EL  
TRÓPICO**

# CAMBIOS ESTACIONALES EN EL PESO VIVO DE BOVINOS PASTOREANDO PRADERAS PURA, ASOCIADA Y SILVOPASTORIL EN EL TRÓPICO

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

## RESUMEN

En sistemas de explotación de ganado bovino en pastoreo, el restringido periodo de oferta de forraje, disminución del contenido de proteína y digestibilidad del mismo, son las principales limitantes para mantener o incrementar la ganancia de peso vivo durante el año. La inclusión de leguminosas y arbustivas como forraje de mayor calidad en praderas de gramíneas, mejora el valor nutritivo de la biomasa y la respuesta animal. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la ganancia de peso de ganado bovino en praderas pura, asociada y silvopastoril, en épocas de lluvia y seca. El estudio trabajo se llevó a cabo en condiciones de trópico seco, con dos ciclos de pastoreo rotacional, en 72 y 126 días, por época. Los tratamientos fueron praderas con: A) *Andropogon gayanus*; A+C) *A. gayanus* y *Clitoria ternatea* y A+C+M) *A. gayanus*, *C. ternatea* y *Morus alba*. Para el pastoreo se emplearon bovinos macho Suizo Pardo y Holstein cruzados con Cebú, con peso promedio inicial de 192 kg y 149 kg para las épocas de lluvia y seca, respectivamente. El diseño experimental fue Bloques al Azar con tres repeticiones y las variables se analizaron con el procedimiento GLM (Modelo General Lineal) del programa SAS y la prueba de Tukey para la comparación de medias. En la época de lluvia, los bovinos que pastorearon las praderas asociadas A+C y A+C+M, mostraron mayores ganancias de peso por animal y superficie en comparación con A ( $P<0.05$ ). La ganancia de peso por animal por día fue de 0.138 **b**, 0.504 **a** y 0.501 **a**, kg y la ganancia por hectárea por día fue de 0.826 **b**, 3.028 **a** y 3.007 **a**, kg, para A, A+C y A+C+M, respectivamente. En la época seca, los bovinos que pastorearon A+C y A+C+M, mostraron mayores ganancias de peso por animal y por superficie respecto de la pradera pura ( $P<0.05$ ). Como resultado de mayor cantidad de forraje total presente y material vivo en las praderas asociadas, se tuvo mejor ganancia de peso vivo. En la época seca, la ganancia de peso por animal por día fue de 0.305**b**, 0.663**a** y 0.611**a** kg y la ganancia por hectárea por día de 0.917**b**, 1.998**a** y 1.833**a** kg, para las praderas con A, A+C y A+C+M, respectivamente. A pesar de que en la época seca Llanero reduce drásticamente su valor nutritivo, las fuentes alternas de forraje, aportaron follaje suplementario de calidad que suplió las deficiencias de nutrimentos y mejoró la respuesta animal. En la época de lluvias las ganancias de peso por animal y por hectárea por día fueron de 363 a 365% más altas en A+C y A+C+M, comparadas con las de A; en la época seca, estas diferencias fueron de 200 a 217%. Para las tres praderas, en la época húmeda se tuvieron mayores

ganancias de peso vivo por hectárea, pero menores ganancias por animal, debido a que en la época de estiaje se tuvo menor carga animal, pero se proporcionó un suplemento energético.

**Palabras clave:** praderas asociadas, pastoreo con bovinos, ganancia de peso vivo.

# SEASONAL LIVE WEIGHT CHANGES FOR BOVINES GRAZING PURE, GRASS- LEGUME, AND INCLUDING MULBERRY PRAIRIES WITHIN THE TROPICS

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

## ABSTRACT

For grazing systems, both the limited forage availability period and a reduced protein content and digestibility from feedstuffs, represent the main obstacles to increase cattle's live weight gain through the year. Forage legumes and shrubs inclusion with higher quality than grasses may improve both nutritional biomass value as well as animal response. The objective of this research was to determine the live weight gains in bovines grazing pure, associated and multispecific prairies, during both rainy and dry seasons. The experimental procedure was conducted in the Dry Tropics region and two rotational grazing cycles, with a total of 72 and 126 days per season, respectively. Treatments included prairies with: A) *Andropogon gayanus*; A+C) *A. gayanus* and *Clitoria ternatea*; A+C+M) *A. gayanus*, *C. ternatea*, and *Morus alba*. Brown Swiss and Holstein X Zebu steers were used, with initial average weight of 192 kg and 149 kg for the rainy and dry seasons, respectively. The experimental design was randomized blocks with three replicates. Data was analyzed using the SAS' GLM procedure and Tukey test for mean comparisons. During the rainy season, cattle grazing A+C and A+C+ M, showed higher weight gains per animal and per area than those from *A. gayanus* ( $P < 0.05$ ). Average weight gain per animal per day was 0.138 $b$ , 0.504 $a$ , and 0.501 $a$  kg and gains per hectare per day were 0.826 $b$ , 3.028 $a$ , and 3.007 $a$  kg, for A, A+C, and A+C+M, respectively. During the dry season, cattle grazing on A+C and A+C+M, showed higher weight gains per animal and per area than A ( $P < 0.05$ ). As a result of greater total forage present and living forage material availability within mixed prairies, better response was observed for animal live weight. For the dry season weight gains per animal per day were 0.305 $b$ , 0.662 $a$ , and 0.611 $a$  kg, and gains per hectare per day were 0.917 $b$ , 1.998 $a$ , and 1.833 $a$  kg, for A, A+C and A+C+M, respectively. Although in the dry season Llanero drastically reduces its nutritional value, in this study, alternative forage sources provided better quality and improved animal performance. In the rainy season, weight gains per animal and per hectare per day were 363-365% higher for A-C and A-C-M, than. F or the dry season, these differences ranged from 200 to 217%. For the three prairies, the wet season had higher liveweight gains per hectare, but lower profits per animal, because of the lower stocking rates during the dry season reinforced with an energetic supplement.

**Key words:** mixture prairies, bovine grazing, live weight gains.

## 5.1. INTRODUCCIÓN

La utilización de leguminosas tropicales en asociación con gramíneas constituye el futuro de la ganadería de países dedicados a las explotaciones ganaderas de carne y leche, por ser la fuente más barata de forraje de calidad. Por otra parte, uno de los principales problemas en el trópico es la deficiencia de elementos mayores, principalmente de nitrógeno, ya que se pierden grandes cantidades por lixiviación excesiva, erosión y evaporación (Enríquez *et al.*, 1999). El uso de fertilizantes químicos con este elemento no es una práctica rentable.

Con relación a la evaluación de arbustivas forrajeras, los estudios realizados no han sido completos, ya que en su mayoría analizan aspectos agronómicos o de valor nutritivo y son escasas las investigaciones que consideran la productividad animal, además de evaluar cambios en la planta. Al respecto Wilson y Lascano (1997), indican que la mayoría de las investigaciones en leguminosas herbáceas, se han hecho en base a cortes del forraje y la posibilidad de extrapolar estos resultados a animales en pastoreo, es limitada. Por tanto, además de disponer de especies adaptadas con antecedentes que pueden persistir en asociación, es necesario conocer su comportamiento en condiciones de pastoreo.

Hess *et al.*, (1992), encontraron ganancias de peso similares en animales que pastoreaban *B. humidicola* sola o asociada con *D. ovalifolium*. En contraste, animales que pastorearon *B. humidicola* con *A. pintoi* o *B. dictyoneura* con *A. pintoi*, tuvieron mejores ganancias de peso, en comparación con animales que pastorearon gramíneas solas. Lo que se atribuyó a una baja degradabilidad en rumen de la proteína de *D. ovalifolium*, a causa de su alto contenido de taninos, lo que no se observó en *A. pintoi*.

Estudios realizados con especies arbóreas, señalan que el forraje de éstas puede mejorar el ambiente ruminal cuando se usan gramíneas forrajeras de baja calidad (menos de 7% PC). Sin embargo, si el nivel de N aportado por la gramínea forrajera

es adecuado para el funcionamiento ruminal (más del 1%), entonces el follaje arbóreo no incrementará el consumo de la dieta basal (Ramírez *et al.*, 2006). El mismo autor señala que la inclusión de fuentes energéticas, especialmente melaza, permite un uso más eficiente del follaje arbóreo.

#### **5.1.1. Objetivo**

Determinar la ganancia de peso de ganado bovino al pastorear praderas pura, asociada y silvopastoril.

#### **5.1.2. Hipótesis**

El pastoreo en praderas pura, asociada y silvopastoril determina diferente ganancia de peso en el ganado bovino.

### **5.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Las características de las praderas experimentales, se describieron en el Capítulo 3. Para determinar los cambios de peso vivo en el ganado, se realizaron dos ciclos de pastoreo en cada época. En la de lluvias se manejó un sistema de cuatro días de ocupación y 32 de descanso; en la época seca, fueron siete días de ocupación y 86 de descanso. En la primera época se aplicó una carga animal de seis becerros por hectárea y en la época de estiaje tres becerros. En esta última etapa, se proporcionó a cada becerro 200 gramos de un suplemento compuesto con el 60% de sorgo, 30% de melaza y 10% de minerales.

#### **5.2.1. Animales Experimentales**

Fueron bovinos machos destetados, cruzados de las razas Suizo Pardo y Holstein con Cebú, con peso inicial promedio de 192 y 149 kg, para las épocas de lluvias y

seca, respectivamente y, tuvieron un periodo de adaptación al sitio experimental de 15 a 21 días.

### 5.2.2. Variable Medida

Para determinar el peso vivo, los animales se pesaron al inicio del estudio y al final de cada ciclo de pastoreo, a la misma hora, sin ser ayunados. Con estos datos se estimó la **ganancia por animal por periodo**. Para cada periodo de evaluación (lluvias y seca), se utilizaron diferentes grupos de animales.

### 5.2.3. Variables Calculadas

La **ganancia por animal por día** se calculó dividiendo la ganancia de cada animal durante el periodo de pastoreo, entre el número de días que conformaron esta etapa; la **ganancia de peso por hectárea por periodo**, fue ganancia por animal por periodo, por el número de animales que pastorearon una hectárea (seis en la época de lluvias y tres en la época seca) y la **ganancia por hectárea por día**, se estimó dividiendo la ganancia por hectárea por periodo, entre los días de duración del mismo.

### 5.2.4. Análisis Estadísticos

Las variables se analizaron con el diseño Bloques Completos al Azar con tres repeticiones y por el procedimiento GLM (Modelo General Lineal) del programa SAS (SAS, 2011). La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey.

El modelo general fue el siguiente: 
$$Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta en tratamiento  $i$ , repetición  $j$ .

$\mu$  = media general.

$\zeta_i$  = efecto del tratamiento  $i$ .  $i = 1, \dots, 3$  tratamientos.

$\beta_j$  = efecto del bloque  $j$ .  $j = 1, \dots, 3$  bloques.

$E_{ij}$  = error aleatorio.

### 5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.3.1. Cambios de Peso Vivo en la Época de Lluvia.

Como resultado de mayor cantidad de forraje total presente y material vivo en las praderas asociadas, así como mayor valor nutritivo de la leguminosa y la arbustiva, se tuvo mejor respuesta animal expresada en cambios de peso vivo (Cuadro 5.1). Estas dos praderas fueron similares entre sí, pero diferentes ( $P < 0.05$ ) al tratamiento sólo con pasto. La ganancia por animal y por hectárea se triplicó, a pesar de mantener el mismo número de animales en cada pradera. Además de contar con mayor forraje total presente, Clitoria y Morera, ofrecieron follaje con mayor contenido de PC y menor FDN y FDA (Cuadros 3.6 y 3.12), lo que favoreció la mayor ganancia de peso en bovinos, con 0.501 a 0.504 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en praderas asociadas, superiores a aquellos de la pradera mono-específica, con 0.138 kg. Resultados menores a los encontrados en una pradera de *D. decumbens* y *C. ternatea*, donde se obtuvieron ganancias diarias de peso 0.920 a 0.944 kg (Córdoba *et al.*, 1987); pero en esa investigación, la carga animal fue de 2 a 4 becerros por hectárea, por lo que son normales las mayores ganancias por animal. También, son menores a los reportados para *A. gayanus* en la época de lluvias donde se obtuvieron 0.613 y 0.652 kg, solo que en este caso con cargas animal de 1.0 y 1.3 UA ha<sup>-1</sup> (Torres *et al.*, 2007). Es probable que la menor carga animal empleada en esa investigación, favoreciera mayores ganancias de peso por animal. En otras evaluaciones de asociaciones, las praderas produjeron forraje con alto contenido de PC y bajas concentraciones de fibra, en comparación con las praderas sólo con pasto (Tessema y Baars, 2006). Sanderson *et al.* (2005), tampoco encontraron diferencias en respuesta animal, la producción de leche y consumo de MS en la mezcla de *D. glomerata* L. con *T. repens* L., fue de 34.1 y 12.1 kg por vaca

por día y en la combinación de la misma asociación más *Ciclorium intybus* L., fue de 35.3 y 12.1 kg por vaca por día, respectivamente. Sin embargo Martín *et al.* (2007), reportan producciones de leche de 10 a 12 litros por día en vacas de mediano potencial y ganancias de peso vivo de 700 a 750 g por animal por día<sup>-1</sup>, en bovinos en crecimiento, al utilizar Morera como suplemento; esta respuesta en ganancia de peso, coincide con los resultados de esta investigación.

**Cuadro 5.1. Ganancia de peso en bovinos que pastorearon praderas mono-específica y asociadas, en época de lluvia**

Tratamiento	Ganancia de peso			
	animal/día	animal/periodo (72 días)	ha/día	ha/periodo (72 días)
	kg			
Llanero	0.138 <b>b</b>	9.9 <b>b</b>	0.826 <b>b</b>	59.5 <b>b</b>
Llanero y Clitoria	0.504 <b>a</b>	36.3 <b>a</b>	3.028 <b>a</b>	218.0 <b>a</b>
Llanero, Clitoria y Morera	0.501 <b>a</b>	36.1 <b>a</b>	3.007 <b>a</b>	216.5 <b>a</b>
Pr F	0.01	0.01	0.01	0.01
Coeficiente de variación	57.1	57.1	57.1	57.1

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05).

### 5.3.2. Cambios de Peso Vivo en la Época Seca

Para la época seca, la respuesta del ganado fue similar a la de lluvias, la pradera que incluía a la leguminosa y a la arbustiva mostraron ganancias de peso similares entre sí, pero superiores ( $P < 0.05$ ) a la pradera con sólo la gramínea (Cuadro 5.2). Las ganancias de peso por animal y por hectárea se duplicaron. La ganancia de peso por animal por día fue de 0.611 a 0.663 kg en las asociaciones y de 0.305 en la pradera pura. La ganancia de peso por hectárea en cuatro meses fue de 231 a 251 kg, en praderas que incluyeron Clitoria y Morera y de 116 kg en la pradera de Llanero. A pesar de que en la época seca Llanero reduce drásticamente su valor nutritivo, fuentes alternas de forraje de mejor calidad pueden suplir la asimilación de fibras, la deficiencia de nutrimentos y mejorar la respuesta animal.

**Cuadro 5.2. Ganancia de peso en bovinos que pastorearon praderas mono-específica y asociadas, en época seca**

Tratamiento	Ganancias de peso			
	animal/día	animal/periodo (126 días)	ha/día	ha/periodo (126 días)
	kg			
Llanero	0.305 <b>b</b>	38.5 <b>b</b>	0.917 <b>b</b>	115.5 <b>b</b>
Llanero y Clitoria	0.663 <b>a</b>	83.5 <b>a</b>	1.988 <b>a</b>	250.5 <b>a</b>
Llanero, Clitoria y Morera	0.611 <b>a</b>	77.0 <b>a</b>	1.833 <b>a</b>	231.0 <b>a</b>
Pr F	0.004	0.004	0.004	0.004
Coefficiente de variación	11.9	11.9	11.9	11.9

<sup>a, b</sup> Medias en la misma columna con literales iguales no son diferentes (Pr < 0.05)

La menor ganancia de peso en la pradera sólo con pasto Llanero puede deberse al bajo contenido de PC y mayor contenido de fibra en la MS, los cuales restringen el consumo de forraje (Norton y t' Mannelje, 1984). El límite de FDN en los forrajes tropicales, con el cual el consumo de MS es afectado, es de 60% (Meissner *et al.*, 1991). En el presente estudio la hoja de los componentes botánicos ofrecidos tuvieron porcentajes de FDN de 68.4, 34.3 y 17.5 % para la gramínea, la leguminosa y la arbustiva, respectivamente (Cuadro 3.12). Pengely y Conway (2000), realizaron un análisis del uso de leguminosas para la alimentación de rumiantes y respecto a *C. ternatea* reportaron ganancias de peso de 0.7 a 1.3 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Asimismo Hill *et al.* (2009), señalan que la variación en ganancias de peso vivo de ganado en pastoreo está influenciada por tipo de pastura y época del año, en evaluaciones de praderas asociadas en las que incluía *C. ternatea*, obtuvieron ganancias de peso vivo entre 64 y 142 kg más, que en praderas solo de gramíneas. Por otra parte, en *M. alba* se ha reportado que las hojas contienen 14.3% de proteína cruda, 18.6% de FDN, 24.6% de FDA y digestibilidad de la MS de 82.1% (Shayo, 1997), lo cual contribuye a obtener mayores ganancias de peso en rumiantes que las consumen.

En la época, la suplementación junto con una carga animal menor (seis contra tres becerros por hectárea) contribuyeron a obtener una ganancia de peso por animal por día<sup>-1</sup> más alta entre un mismo tratamiento, para las épocas de lluvia y seca. Las ganancias fueron: 0.138, 0.504 y 0.501 kg por animal por día<sup>-1</sup> y, de 0.305, 0.663 y 0.611 kg por animal por día<sup>-1</sup>, para las praderas con pura, asociada y silvopastoril; las primeras para la época húmeda y las últimas para la época seca, respectivamente. Al respecto, Delgado *et al.* (1996), reportan que con suplementos proteico-energéticos se logra aumentar el consumo de la dieta básica y mejorar el peso vivo en machos bovinos. Sin embargo, en un estudio para evaluar la inclusión de un suplemento proteico-energetico a machos bovinos en praderas de pasto Estrella solo y asociado con *Leucaena*, reportaron que el peso vivo final y la ganancia diaria de peso no mostraron diferencias y lo atribuyen a un efecto sustitutivo del pasto por el suplemento, a la alta disponibilidad del forraje y elevada calidad del mismo (Castillo *et al.*, 2002). En esta investigación la cantidad de suplemento que se proporcionó fue baja y no se puede considerar un efecto sustitutivo, pero sí aditivo y este fue mayor en las praderas asociadas, que ofrecieron un forraje de mayor calidad.

Por otra parte la ganancia de peso de los bovinos por día por hectárea fue mayor en lluvias respecto a la época seca, con promedios de: 0.826, 3.028 y 3.007 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para lluvias y de 0.917, 1.988 y 1.833 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para la época seca, en ambos casos en praderas con gramínea, gramínea-leguminosa y gramínea-leguminosa-arbustiva, respectivamente. Ésto se debió a la mayor carga animal en la época húmeda, a pesar de que en la época de estiaje se proporcionó suplemento a los becerros.

#### **5.4. CONCLUSIONES**

En la época de lluvias, las ganancias diarias de peso por animal y por hectárea, fueron de 363 a 365% más altas en asociaciones de Llanero-Clitoria y Llanero-

Clitoria-Morera, comparadas con Llanero solo; en la época seca, estas diferencias fueron de 200 a 217% mayores en las asociaciones.

La mayor producción de biomasa y material verde en la época de lluvias permite usar una carga animal mayor; lo que resultó en mayores ganancias de peso vivo por superficie.

Durante la época húmeda se tuvieron mayores ganancias por superficie en comparación con el estiaje.

Las praderas asociadas proporcionaron mayor cantidad de forraje total y mayor valor nutritivo por las aportaciones de la leguminosa y la arbustiva, lo que promovió mayores ganancias de peso en el ganado bovino.

## 5.5. LITERATURA CITADA

Castillo E., T.E. Ruiz, A. Elías, G. Febles, J. Galindo, B. Chongo y J.L. Hernández. 2002. Efecto de la inclusión de un suplemento proteico energético en el comportamiento de machos bovinos que consumen *Leucaena* asociada con pasto Estrella. *Rev. Cubana en Cienc. Agríc.* 36:51-55.

Córdoba B.A., M.A. Peralta y A. Ramos. 1987. Producción Estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* con tres cargas animales y dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales.* 9(1): 27-31.

Delgado D., J. Galindo, B. Chongo, y T. Curbello. 1996. Efecto del nivel de inclusión de *Leucaena* y la digestibilidad d fibra en carneros. *Rev. Cubana en Cienc. Agríc.* 30:283.

Enríquez Q.J.F., F. Meléndez N. y E.D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP-CIRGOC.

- Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México. 262 pp.
- Hess D., C.E. Lascano y C. Plazas. 1992. Niveles de amonio ruminal en novillos que pastoreaban gramíneas solas o asociadas con leguminosas de calidad nutritiva contrastante. *Pasturas Tropicales*. Vol. 14 (3): 9-13.
- Hill J.O., D.B. Coates, A.M Whitbread, R.L. Clem, M.J. Robertson and B.C. Pengelly. 2009. Seasonal changes in pastures quality and diet selection and their relationship with liveweight gain of steers grazing tropical grass. *Animal Production Science* 49: 083-993.
- Martín G.J., Y. Noda, G. Pentón, D.E. García, F. García, E. González, F. Ojeda, M. Milera, O. López, L. Leiva y J. Arece J. 2007. La Morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la producción animal. *Pastos y Forrajes*. 30(5):49-56.
- Meissner H.H., H.H. Koster, S.H. Nieuwoudt, and R.J. Coetze. 1991. Effects of energy supplementation on intake and digestion of early and mid-season ryegrass and Panicum/Smuts finger hay and on in sacco disappearance of various forage species. *South African J of Animal Sci.*, 21:33-42.
- Norton BW and L. t' Mannetje. 1984. Differences between species in forage quality. *In: J.B. Hacker (Editor). Nutritional limits to animal production from pastures.* CAB. Slough, UK. pp. 89-110.
- Pengely B.C. and M.J. Conway. 2000. Pastures on cropping soils: which tropical pasture legume to use?. *Tropical Grasslands*. 34: 162-168.
- Ramírez A.L., C.C. Sandoval, L.J. Estrada y V.J. Ku. 2006. Integración del componente arbóreo en los sistemas de producción animal tropical. *In:*

- Velazco Z.M., Hernández G.A., Perezgrovas G.R. y Sánchez M.B. (eds.) Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. UA de Chiapas, México. pp. 157-174.
- Sanderson M.A., K. Soder, N. Brzezinski, S. Goslee, H. Skinner, M. Wachendorf, F. Taube, and L. Muller. 2005. Diverse forage mixtures effect herbage yield, sward composition and dairy cattle performance. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. In: J.J. Murphy (Ed.). Proceedings of a satellite workshop of the XXth International Grasslands Congress. Cork, Ireland. p. 162.
- Shayo C.M. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. *Tropical Grasslands*. 31:599-604.
- Statistical Analysis System (SAS). SAS user's Guide: Statistics (ver 9.2 Second ed.). Cary, NC, USA: Inst Inc. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. Documento consultado el 05 de mayo del 2011.
- Tessema Z. and R.M.F. Baars. 2006. Chemical composition, dry matter production and yield dynamics of tropical grasses mixed with perennial forage legumes. *Tropical Grasslands*. 40:150-156.
- Torres R., R. Aparicio, L. Astudillo y E. García. 2007. Uso de *Andropogon gayanus* bajo diferentes cargas animales en una sabana eólica del Capanaparo, estado Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 25 (3).
- Wilson Q. T. y Lascano C.E. 1997. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Pasturas Tropicales*. 19(3): 2-8.

**CAPÍTULO 6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN  
PRADERAS MONO-ESPECÍFICA Y ASOCIADAS, PASTOREADAS CON  
BOVINOS**

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PRADERAS MONO-ESPECÍFICA Y ASOCIADAS, PASTOREADAS CON BOVINOS

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las características físicas y químicas del suelo de praderas con *Andropogon gayanus* (Llanero) sólo y asociado con *Clitoria ternatea* (Clitoria) y *Morus alba* (Morera) y, evaluar los cambios en algunas de sus características físicas. Los tratamientos fueron praderas con: A) Llanero; A+C) Llanero y Clitoria y A+C+M) Llanero, Clitoria y Morera. El suelo muestreado incluyó espacios entre plantas de: Llanero-Llanero; Llanero-Clitoria; Clitoria-Clitoria; Clitoria-Morera. Para elaborar una descripción de los suelos de cada espacio de muestreo, se tomaron muestras compuestas de varios sitios similares, dentro de un mismo bloque, sin repeticiones. Las muestras se tomaron a tres profundidades: 0 a 30, de 31 a 45 y de 46 a 60 cm. Los suelos corresponden a las clases texturales: migajón arcilloso y arcilla. Al inicio de la investigación la Capacidad de Campo fue mayor en praderas con tres especies introducidas respecto a la de especies nativas. En promedio en la pradera con Llanero, Clitoria y Morera fue de 30.1% y en la pradera con gramas nativas de 26.3%. También al inicio del estudio, el Punto de Marchitez Permanente fue más alto en el sitio entre Llanero y Llanero de la pradera con tres especies (15.2%), en comparación con el mismo sitio de la pradera de dos especies (14.2%). Después de tres años, el espacio entre plantas de Clitoria y Morera conservó mayor capacidad de retención de humedad aprovechable con 14.5% de humedad. Las tasas de infiltración fueron más altas al inicio de la determinación y tienden a estabilizarse en un periodo entre 60 y 120 minutos. En el espacio entre dos plantas de gramíneas, la infiltración fue mayor que en espacios entre gramínea y leguminosa y, entre leguminosa y arbustiva. Los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en promedio fueron de 0.02 a 1.12%, de 4 a 9 partes por millón de fósforo y de 0.1 a 1.0 cmoles<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, respectivamente; bajos en los tres tipos de pradera y no hay diferencia entre ellas. Debido a que las praderas asociadas produjeron el doble de forraje que la pradera mono-específica, es probable que muchos de estos elementos sean extraídos en mayor cantidad y por ese motivo no expresen diferencias al final del estudio. El contenido de carbono también fue bajo y mayor a menor profundidad, probablemente por mayor contenido de materia orgánica en el estrato superior, en promedio fue de 0.58, 0.31 y 0.11% para profundidades de 0 a 30, de 31 a 45 y de 46 a 60 cm, respectivamente. Los contenidos de nitrógeno total y amonio son bajos

y, los de nitrato, elevados. Es probable que hubiera pérdidas por volatilización o lixiviación de estos compuestos. En general, los suelos de este experimento presentaron buena estructura para utilizarse en el cultivo de especies forrajeras; sin embargo, su fertilidad fue baja lo que ocasionó bajos rendimientos de forraje. La capacidad de infiltración fue mayor entre plantas de gramíneas, pero la capacidad de mantener la humedad aprovechable fue más alta entre plantas de la leguminosa y la arbustiva.

**Palabras clave:** praderas tropicales, suelos, características físicas y químicas.

# SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES FOR PURE AND ASSOCIATED PRAIRIES, GRAZED FOR BOVINES

Régulo Jiménez Guillén, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012.

## ABSTRACT

The objective in present study was to determine the physical and chemical characteristics of soil the prairies with *Andropogon gayanus* (Llanero) alone and associated with *Clitoria ternatea* (Clitoria) and *Morus alba* (Morera) and, evaluate changes in some physical characteristics. The treatments evaluated included: A) Llanero, A+C) Llanero and Clitoria and A+C+M) Llanero, Clitoria and Morera. Sampled soil between plants included: Llanero-Llanero, Llanero-Clitoria, Clitoria-Clitoria, Clitoria-Morera. Composite samples were taken from several similar sites, within a single block, without repetitions. Samples were taken at three different depths: 0 -30, 31- 45, and 46-60 cm. At the beginning of the research Soil's Water Retention Capacity was greater for prairies with three introduced species compared to native species, on average, for the first, it was 30.1% and 26.3%, respectively. Also at beginning of the study, Permanent Wilting Point was higher between Llanero-Llanero within the three species (15.2%) in comparison to the same area on the two species prairie (14.2%). The Infiltration rates are higher at the beginning and tend to stabilize within a period ranging from 60 to 120 minutes. Soil samples between two grasses showed higher infiltration rates than grass-legume, and legume-shrub. The contents of nitrogen, phosphorus and potassium on average were from 0.02 to 1.12%, from 4 to 9 parts per million and from 0.1 to 1.0  $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ , respectively. Showed low levels within the three prairie types and no differences among these were detected. Due to the fact that mixed prairies produced twice the forage amount in comparison to mono-specific prairies, it is likely that many of these elements were extracted in a greater quantity and for such a reason did not express differences at the end of the study. Carbon content was greater at lighter depths, probably as a response of higher organic matter content within this layer. Total nitrogen and ammonium contents were low and nitrate contents higher. Probable losses by volatilization or leaching of these compounds did occur. In general, soils of the present experiment showed good structure for cultivation of forage species, but their fertility was low, resulting in low forage yield. The infiltration capacity was higher between Llanero plants, but the ability to maintain available moisture was higher between Clitoria and Morera plants.

**Key words:** tropical grasslands, soils, physical and chemical characteristics.

## 6.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al enfoque que promueve que el suelo proporcione gran parte de la capacidad productiva para soportar el crecimiento de las actividades humanas, se considera al manejo del suelo como punto medular del uso sustentable del planeta. Cuando hablamos de suelo es importante diferenciarlo. La tierra representa el espacio dentro de la cual se realizan diferentes actividades humanas, éste es un recurso finito. El suelo es un hábitat dentro de la tierra, contiene comunidades ecológicas que proporcionan servicios críticos para la sustentabilidad. Por lo anterior, se necesita que al suelo se le brinde el mismo nivel de protección como al aire y al agua, especialmente si consideramos que requiere de periodos largos para recuperarse de algún disturbio. De acuerdo a Towner (1989), el suelo es un medio complejo, constituido por partículas orgánicas y minerales de diferentes diámetros y formas, arregladas en patrones geométricos indefinidos, generando una red de poros y espacios vacíos de dimensiones variadas, donde el agua puede almacenarse ó fluir. Se estima que 27% de los recursos del suelo en el mundo, están en las praderas (FAO, 2004). En relación a cambios físicos en el suelo, Barí *et al.* (1993), señalan que el pastoreo altera las tasas de infiltración del suelo de las praderas, por la remoción de las capas protectoras vegetales y por pisoteo. La infiltración de agua en el suelo es sumamente importante en la agricultura, ya que a través de este proceso, se restituye el agua a partir de la lluvia o riego. Una vez que el agua entra al suelo, una parte es aprovechada por las plantas y la otra continua moviéndose en forma descendente, hasta eventualmente recargar los acuíferos (Ortíz, 1998). Por otra parte, el agua que no puede penetrar se desplaza por la superficie y con frecuencia provoca erosión edáfica, dando como resultado pérdida de fertilidad y disminución del aporte al suelo (Osuna y Padilla, 1998). Con relación a la fijación biológica de nitrógeno en praderas asociadas de gramínea-leguminosa Ledgard y Steele (1992), mencionan que la cantidad de nitrógeno atmosférico fijado en praderas de pastos y leguminosas en el mundo, se resumen en un rango de 13 a 682 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

### **6.1.1. Objetivo**

Determinar las características físicas y químicas de un suelo de praderas con *Andropogon gayanus* solo y asociado con *Clitoria ternatea* y *Morus alba* y, evaluar cambios en algunas de sus características físicas.

### **6.1.2. Hipótesis**

Praderas con diferentes especies forrajeras modifican las características físicas y químicas del suelo y su capacidad de retención y flujo del agua.

## **6.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La localización del área experimental, las características edafoclimáticas de la región, el área experimental y los tratamientos, han sido descritos en el Capítulo 3.

Se tomaron muestras de suelo compuestas, es decir en cada unidad experimental se tomaron nueve muestras con barrena tipo Bouyoucus. En cada sitio el muestreo se realizó a tres profundidades de 0 a 30, de 31 a 45 y de 46 a 60 cm. Nueve muestras por estrato dentro de una unidad experimental, se mezclaron para formar la muestra compuesta. En el tratamiento solo con gramíneas se tomó la muestra entre las plantas de esta especie; en el tratamiento de la gramínea-leguminosa, las muestras fueron entre gramínea-gramínea, gramínea-leguminosa y leguminosa-leguminosa y; en el tercer tratamiento, el muestreo se realizó entre gramínea-gramínea, gramínea-leguminosa y leguminosa-arbustiva.

Para lograr un punto de comparación, se tomaron muestras también en un suelo adyacente a la unidad experimental, este terreno tenía como cubierta vegetal gramas nativas y lo identificamos como suelo “testigo”.

### **6.2.1. Variables a Medir**

Las variables se midieron en dos grupos, uno relacionado a características físicas del suelo y otro sobre las características químicas del mismo.

#### **6.2.1.1. Características físicas**

Para el análisis estadístico, se tomaron como repeticiones las tres profundidades de muestreo. Se usó el procedimiento GLM (Modelo General Lineal) del programa SAS (SAS, 2011) y la Prueba de Tukey para la comparación de medias.

##### **6.2.1.1.1. textura**

Definida por las proporciones de arena, limo y arcilla que contiene el suelo, se determina a partir del análisis granulométrico que clasifica cada componente. La arena está formada por granos de sílice que no tienen ninguna cohesión entre ellos, los suelos que la contienen en buena cantidad son permeables al aire y al agua; la constituyen partículas cuyo tamaño varía de 0.02 a 2.0 mm. El limo, tiene función intermedia entre arcilla y arena, lo forman partículas cuyas dimensiones fluctúan entre 0.002 y 0.02 mm. La arcilla se compone a base de silicatos de aluminio hidratados y óxidos hidratados. Son responsables de procesos de intercambio de iones y la contracción y expansión de los suelos. Está formada por partículas inferiores a 0.002 mm (Salgado *et al.*, 1999).

La determinación de la textura del suelo se realizó por el procedimiento de Bouyoucus, a través del método AS-09 de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis.

#### **6.2.1.1.2. capacidad de campo**

Para determinar la capacidad de campo (CC) se usó el “Método de la olla de presión” el cual consistió en saturar con agua muestras de cada suelo en anillos de hule, colocados sobre un plato de cerámica porosa permeable, los cuales se dejaron en reposo por un tiempo aproximado de 24 horas. Posteriormente, las muestras se pasaron a la olla de presión, sometiéndolas a presión constante de 0.3 atmósferas por un periodo de 24 a 48 horas, hasta que cesó de fluir el agua excedente. El contenido de humedad de las muestras se determinó por el método gravimétrico, el cual dio el valor a la CC (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

#### **6.2.1.1.3. punto de marchitez permanente**

Para determinar el punto de marchitez permanente (PMP) se usó el “Método de la membrana de presión”, el cual es semejante al de la olla de presión, las únicas diferencias consisten en el tipo de plato de cerámica que se utiliza y a que se someten las muestras de suelo a 15 atmósferas de presión, para desalojar el agua retenida a menor presión (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

#### **6.2.1.1.4. humedad aprovechable**

Para determinar la humedad aprovechable, a la capacidad de campo se le resta el punto de marchitez permanente. La humedad aprovechable se determinó para los años 2008 y 2011; también se analizó la diferencia de un año a otro.

#### **6.2.1.1.5. velocidad de infiltración**

El método utilizado fue el de doble cilindro o de anillos (Coras, 2003). El cual consiste en un juego de dos cilindros metálicos concéntricos; uno exterior y uno interior, el exterior mide 40 cm de diámetro y tiene 30 cm de altura, el interior es más pequeño tiene 30 cm de diámetro y la misma altura, en su parte interna está

graduado con una escala milimétrica, lo que permitió hacer las lecturas. El procedimiento fue el siguiente:

Se ubicaron los tres sitios de muestreo: a) gramínea-gramínea; b) gramínea-leguminosa y c) leguminosa-arbustiva.

Se colocaron los cilindros, el menor dentro del de mayor diámetro.

Sobre los cilindros, se colocó una placa de hierro y se golpeó con un marro hasta que los cilindros penetraron 10 cm en posición vertical, verificando esto, con nivel.

Previamente se llenó con agua el espacio circunscrito formado entre los dos cilindros y se mantuvo con agua durante la prueba.

Se colocó una hoja delgada de plástico dentro del cilindro interior. Cubriendo el suelo y la pared interior del cilindro más pequeño, se vació agua y se tomó la primera lectura en la regla.

La hoja de plástico se retiró mediante un movimiento rápido dejando caer el agua dentro del cilindro interior, inmediatamente se tomó la segunda lectura.

Posteriormente se tomaron lecturas a los siguientes minutos: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 180, 300, 480, 720 y 1440. Se procuró mantener constante una lámina de agua, agregándola cuando fue necesario, registrándose también este dato. Para el cálculo de la infiltración se estableció la diferencia entre la lectura inicial y la subsiguiente. Cuando este intervalo fue de varios minutos, la cantidad infiltrada se dividió entre el tiempo transcurrido y se obtuvo la infiltración media en cada minuto.

Para la interpretación de los resultados se utilizó el método de Kostiakov-Lewis, el cual generó un modelo matemático del que se obtuvieron las gráficas para cada sitio de muestreo.

#### **6.2.1.2. Características químicas**

Para las determinaciones de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono, amonio y nitrato de nitrógeno total se usó el método semi-microkjeldal; nitrógeno en forma amoniacal y nítrica por extracción con KCl 2N y determinación con arrastre de vapor; el fósforo se determinó por el método de Olsen y el potasio intercambiable con extracción con acetato de amonio 1N pH7 y determinación con absorción atómica.

### **6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **6.3.1. Características Físicas del Suelo.**

El suelo como cuerpo poroso, interviene en el transporte de líquidos, gases, calor e influye en procesos físicos como infiltración, aireación y erosión (Martínez-Trinidad *et al.*, 2008). Por lo anterior, es importante seleccionar variables sensibles que ocurren en el suelo en respuesta a los cultivos, manejo y cambios climáticos, para monitorear la calidad del suelo en el tiempo. Para esta investigación, se definió la clase textural a la que corresponden los suelos y se midieron las variables: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, humedad aprovechable e infiltración. Con el propósito de estimar cambios en el tiempo, se realizaron mediciones en los años 2008 y 2011 para la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, con esa información se determinó la humedad aprovechable; mientras que textura y las tasas de infiltración solo se determinaron en el año 2008.

### 6.3.1.1. Textura de los suelos

Al inicio de la investigación se asumió que el suelo donde se establecieron las praderas experimentales era homogéneo y el muestreo se realizó para caracterizarlos; sin embargo, se encontró que el suelo era de diferente textura y predominaron partículas de limo y arcilla, por lo que las clases texturales fueron: arcilla y migajón arcilloso (Cuadro 6.1).

**Cuadro 6.1. Textura en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (2008)**

Praderas	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)								
		0-30			31-45			46-60		
		Ar	L	Ac	Ar	L	Ac	Ar	L	Ac
Especies nativas	Al azar	24	38	38	24	37	39	26	35	39
		Migajon arcilloso			Migajon arcilloso			Migajon arcilloso		
Llanero	Llanero y Llanero	23	41	37	19	39	43	25	35	41
		Migajon arcilloso			Arcilla			Arcilla		
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	23	37	41	23	37	41	23	37	41
		Arcilla			Arcilla			Arcilla		
	Llanero y Clitoria	25	37	39	21	39	41	23	37	41
		Migajon arcilloso			Arcilla			Arcilla		
	Clitoria y Clitoria	25	37	39	23	37	40	23	37	40
		Migajon arcilloso			Arcilla			Arcilla		
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	23	37	40	19	35	46	19	37	44
		Arcilla			Arcilla			Arcilla		
	Llanero y Clitoria	25	35	40	21	35	44	19	31	50
		Arcilla			Arcilla			Arcilla		
	Clitoria y Morera	21	39	40	19	35	46	19	35	46
		Arcilla			Arcilla			Arcilla		

Ar = Arena; L = Limo; Ac = Arcilla

Los suelos del terreno experimental presentan variación en su textura en los espacios entre las plantas forrajeras cultivadas. Debido a que la textura de un suelo se modifica en periodos muy prolongados, la diferencia en las texturas no se puede relacionar con las especies forrajeras usadas en este experimento; por lo que, es probable que esta área sea una zona de transición entre dos clases de texturas: migajón arcilloso y arcilla.

### 6.3.1.2. Capacidad de campo

La Capacidad de Campo es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de su saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdidas por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de las 24 a 48 horas) después de la lluvia o riego. Hasta que están en equilibrio las fuerzas con las cuales el suelo retiene humedad y la fuerza de gravedad.

En la primera evaluación (2008) se muestran diferencias ( $P < 0.05$ ) siendo mayor la CC en la pradera que incluyó las tres especies forrajeras (Cuadro 6.2), en promedio, con 30.1% de humedad y superaron al suelo que tenía especies nativas con 26.3% de humedad; mientras que las praderas mono-específicas y la de gramínea-leguminosa, tuvieron CC de 28.6 y 27.3%, respectivamente. La CC dentro de una misma pradera, en diferente sitio de muestreo, no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ). En este año la capacidad de campo estuvo muy relacionada con la textura del suelo, la pradera Llanero, Clitoria y Morera mostró mayor capacidad de retención de humedad y, por lo tanto mayor oportunidad de producir forraje por periodos prolongados en comparación con la vegetación nativa. El primero se clasifica como arcilloso; mientras que, el segundo es catalogado como migajón-arcilloso. El uso de praderas biodiversas mejora la productividad del suelo por la modificación en la retención de humedad del mismo.

**Cuadro 6.2. Capacidad de Campo en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (% humedad)**

**2008**

Praderas	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)			
		0-30	31-45	46-60	Promedio
Especies nativas	Al azar	26.0	26.3	26.5	26.3 <b>b</b>
Llanero	Llanero y Llanero	27.2	29.7	28.8	28.6 <b>ab</b>
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	27.1	27.9	27.4	27.5 <b>ab</b>
	Llanero y Clitoria	27.9	28.7	26.2	27.6 <b>ab</b>
	Clitoria y Clitoria	28.1	28.2	26.1	27.5 <b>ab</b>
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	27.9	31.0	31.7	30.2 <b>a</b>
	Llanero y Clitoria	28.0	30.9	31.6	30.2 <b>a</b>
	Clitoria y Morera	28.0	30.6	31.2	30.0 <b>a</b>

**2011**

Praderas	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)			
		0-30	31-45	46-60	Promedio
Especies nativas	Al azar	24.1	24.6	24.7	24.5 <b>abc</b>
Llanero	Llanero y Llanero	25.4	25.2	23.8	24.8 <b>abc</b>
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	22.8	24.2	23.4	23.5 <b>c</b>
	Llanero y Clitoria	23.8	23.8	25.4	24.3 <b>bc</b>
	Clitoria y Clitoria	23.9	23.9	23.8	23.9 <b>bc</b>
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	25.0	29.3	27.6	27.3 <b>ab</b>
	Llanero y Clitoria	24.6	29.0	28.4	27.3 <b>ab</b>
	Clitoria y Morera	25.3	29.6	29.0	28.0 <b>a</b>

A, B, C: Medias en igual columna y variable con al menos una literal en común no son diferentes (Pr < 0.05).

En la segunda evaluación de CC (2011), se tuvo una respuesta distinta, aunque la pradera con tres especies forrajeras sigue mostrando un promedio más alto, con relación a otros tratamientos; solo el suelo entre Clitoria y Morera mostró diferencia ( $P < 0.05$ ) respecto a suelos Llanero-Llanero, Llanero-Clitoria y Clitoria-Clitoria de la pradera con dos especies cultivadas. La falta de coincidencia de las dos mediciones de la capacidad de campo puede estar vinculada a la toma de muestras, que se realizó al azar, para conformar una muestra compuesta a la cual se le determinó la CC, como se presume, ésta puede ser un área de transición en texturas de suelo, por lo que podría variar la capacidad de campo.

### **6.3.1.3. Punto de marchitez permanente**

El Punto de Marchitez Permanente representa el punto de humedad mínima, en la cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica, aunque la humedad ambiental sea saturada. En esta investigación el PMP para (2008) no fue regular entre tratamientos; las diferencias ( $P < 0.05$ ) se observaron en el muestreo entre plantas de Llanero- Llanero de la pradera con tres especies (15.2%), con el sitio similar en la pradera con dos especies (14.2%; Cuadro 6.3). Los promedios del PMP fueron de 12.9, 12.9, 13.0 y 14.8% de humedad para el suelo con especies nativas (testigo), para las praderas con Llanero, Llanero-Clitoria, y Llanero-Clitoria-Morera, respectivamente.

En la segunda evaluación, correspondiente al año 2011, no se detectaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) para el PMP entre las diferentes relaciones de plantas forrajeras. Los promedios fueron: 13.0, 12.2, 11.4 y 13.4%, para el suelo con gramas nativas, para las praderas con Llanero, Llanero-Clitoria y Llanero-Clitoria- Morera, respectivamente. Los cambios en el PMP pueden tener relación con la textura del suelo, debido a que de suelos con texturas diferentes originan suelos con diferente capacidad para retener humedad.

**Cuadro 6.3. Punto de Marchitez Permanente en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (% humedad)**

**2008**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)			
		0-30	31-45	46-60	Promedio
Especies nativas	Al azar	13.0	12.5	13.1	12.9 ab
Llanero	Llanero y Llanero	12.9	12.5	13.2	12.9 ab
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	12.9	14.0	14.2	13.7 b
	Llanero y Clitoria	12.6	13.0	12.0	12.5 ab
	Clitoria y Clitoria	12.9	13.6	12.0	12.8 ab
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	13.5	16.1	15.9	15.2 a
	Llanero y Clitoria	12.4	15.3	15.7	14.5 ab
	Clitoria y Morera	13.1	15.1	15.9	14.7 ab

**2011**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)			
		0-30	31-45	46-60	Promedio
Especies nativas	Al azar	13.6	13.1	12.3	13.0
Llanero	Llanero y Llanero	13.6	11.6	11.3	12.2
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	10.8	11.6	10.5	11.0
	Llanero y Clitoria	11.1	11.2	13.5	11.9
	Clitoria y Clitoria	11.3	11.5	11.2	11.3
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	12.2	14.3	13.0	13.2
	Llanero y Clitoria	11.9	14.6	14.4	13.6
	Clitoria y Morera	12.2	13.9	14.1	13.4

<sup>a, b, c.</sup> Medias en igual columna y variable con al menos una literal en común no son diferentes (Pr < 0.05).

### 6.3.1.4. Humedad aprovechable

Es la humedad que puede ser utilizada por la planta y se calcula restándole a la Capacidad de Campo el Punto de Marchitez Permanente. En el año 2008 la humedad aprovechable (HA) del suelo con gramas nativas fue menor ( $P < 0.05$ ) a dos suelos con especies cultivadas al sitio entre Llanero-Llanero de la pradera pura y al sitio entre Llanero-Clitoria de la pradera con tres especies cultivadas (Cuadro 6.4).

Para el año 2011, el suelo con especies nativas tuvo menos HA ( $P < 0.05$ ) que el suelo de la pradera Llanero-Clitoria-Morera. Al considerar la información de los dos muestreos, el suelo de la pradera con gramas nativas resultó con menos HA que los suelos con pasto Llanero y que los suelos de la pradera Llanero-Clitoria-Morera.

**Cuadro 6.4. Humedad Aprovechable en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (% humedad)**

Praderas	Área de muestreo	Año de muestreo		
		2008	2011	Diferencia 2008-2011
Especies nativas	Al azar	13.4 <b>b</b>	11.4 <b>c</b>	1.93 <b>abc</b>
Llanero	Llanero y Llanero	15.7 <b>a</b>	12.6 <b>bc</b>	3.07 <b>a</b>
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	13.7 <b>ab</b>	12.5 <b>bc</b>	1.27 <b>abc</b>
	Llanero y Clitoria	15.0 <b>ab</b>	12.4 <b>bc</b>	2.67 <b>ab</b>
	Clitoria y Clitoria	14.6 <b>ab</b>	12.5 <b>bc</b>	2.10 <b>abc</b>
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	15.0 <b>ab</b>	14.1 <b>ab</b>	0.90 <b>bc</b>
	Llanero y Clitoria	15.7 <b>a</b>	13.7 <b>ab</b>	2.00 <b>abc</b>
	Clitoria y Morera	15.2 <b>ab</b>	14.5 <b>a</b>	0.67 <b>c</b>

<sup>a, b, c.</sup> Medias en igual columna y variable con al menos una literal en común no son diferentes ( $Pr < 0.05$ ).

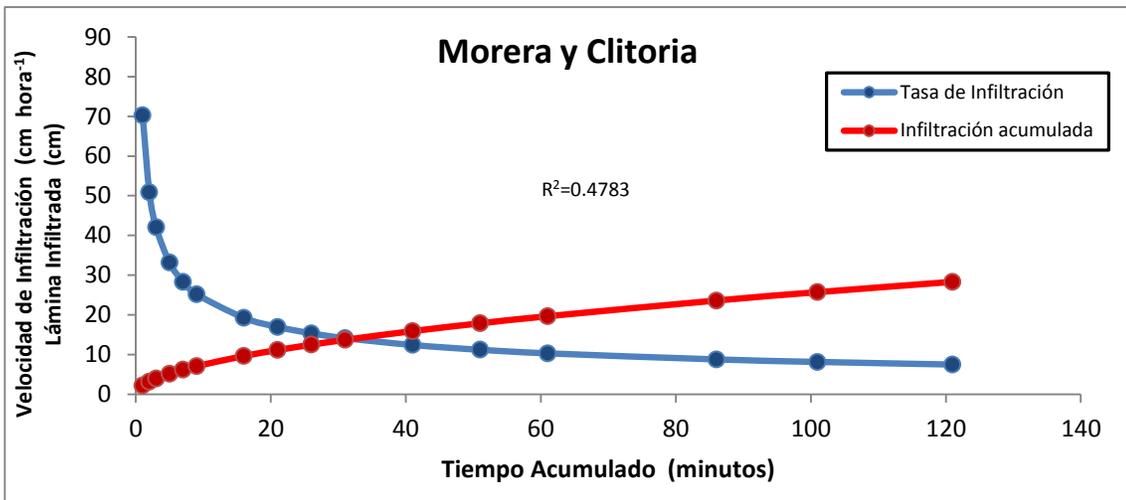
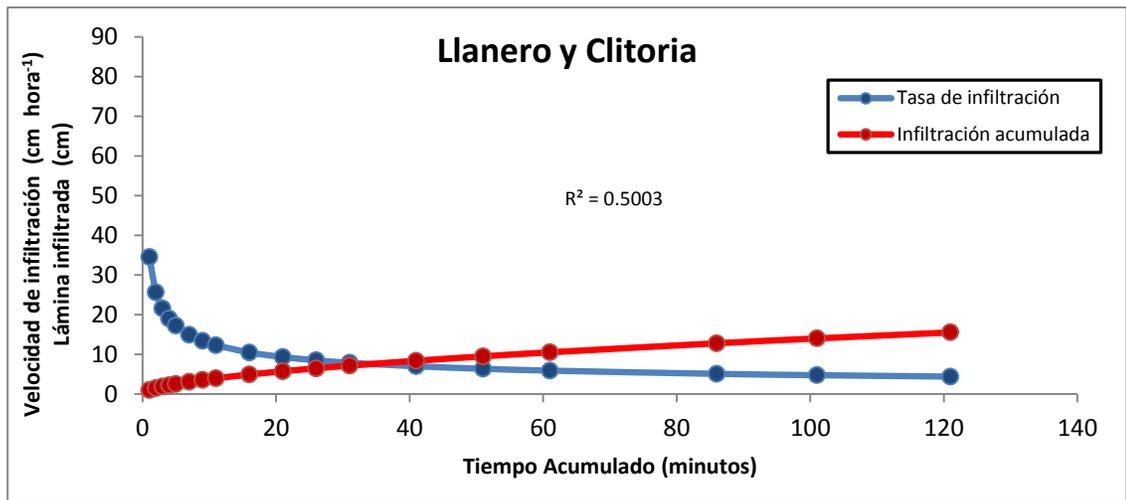
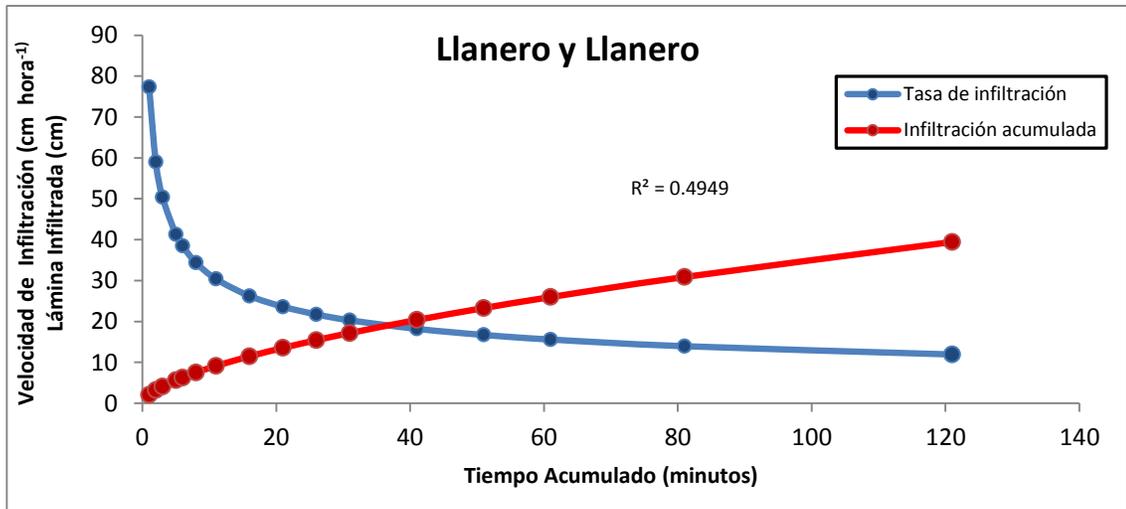
Al analizar la diferencia en humedad aprovechable entre los dos periodos, el espacio entre plantas de Llanero de la pradera con solo esta especie presentó la

mayor reducción de HA de 2008 a 2011 y la menor reducción se dio entre plantas de Clitoria y Morera. En el primer sitio, el suelo de una profundidad de 0 a 30 cm, se clasificó como suelo de textura migajón-arcillosa, los demás son arcillosos, lo que puede ser la razón de que muestre mayor reducción en la humedad aprovechable. La cambios en el porcentaje de HA en los suelos de los diferentes tipos de praderas evaluadas, no fue un factor determinante en la producción de biomasa.

#### **6.3.1.5. Infiltración del agua en el suelo**

La mayor parte del agua que las plantas utilizan para sus procesos fisiológicos proviene del suelo y, con frecuencia, el exceso o déficit de ésta suele actuar como factor limitante para su crecimiento. Cuando el agua se encuentra almacenada en cuerpos de agua como lagos, lagunas o charcos, o desplazándose sobre la superficie por el escurrimiento, cierta cantidad penetra a través de la matriz del suelo y es absorbida por el mismo. La entrada de agua a través del perfil, generalmente en forma descendente, es lo que se conoce como infiltración (Exebio, 2001). La comprensión del fenómeno de transferencia de agua a través del suelo es de gran complejidad. El agua, al desplazarse en el interior del suelo, lo hace a través de poros, que varían en forma, diámetro y dirección. Estas características provocan que su velocidad de desplazamiento sea variable. Aún en un mismo poro el agua se mueve a mayor rapidez por el centro del poro que en la cercanía de sus paredes (Lázaro, 1998).

En esta investigación, la tasa de infiltración en los tres sitios donde se determinó fue más alta al inicio de la determinación y disminuyó posteriormente (Fig. 6.1); esto coincide con lo reportado por García *et al.* (2008), quienes mencionan mayor infiltración al inicio de su determinación, debido a que el gradiente matricial de succión es elevado y esta velocidad decrece con el tiempo.



**Figura 6.1. Tasas de infiltración de agua en el suelo, en los espacios entre diferentes plantas forrajeras tropicales**

Al comparar los tres sitios dentro de la pradera con Llanero, Clitoria y Morera, la tasa de infiltración fue más alta entre plantas de Llanero y Llanero, que en los otros arreglos. Esto puede estar relacionado con las raíces fibrosas de la gramínea, lo que le permite crear porosidad más grande en el estrato superior del suelo y por lo tanto facilitar la infiltración del agua. Según Keller-Grein y Schultze-Kraft (1989) y Peralta *et al.* (1987), el sistema radical de *A. gayanus* consiste en raíces gruesas y delgadas, que a su vez son profundas y superficiales, de 50 a 120 cm de longitud; éstas, le confieren a la planta resistencia a la sequía, pudiendo ser de tres tipos: raíces verticales que extraen agua y nutrimentos de las capas más profundas del suelo; raíces fibrosas que absorben agua cerca de la superficie y cordadas que anclan la planta al suelo. Porta *et al.* (2003), señalan que las raíces más funcionales son las finas (1 a 2 mm) y muy finas (menos de 1 mm), por lo que su presencia o ausencia es de mayor significancia, al reflejar mejor las condiciones que dominan el suelo. Otro aspecto que influye en la velocidad de infiltración, son las costras de suelo, tanto de tipo físico como biológico (Quiñones *et al.*, 2009).

La mayor velocidad de infiltración obtenida en el suelo entre gramíneas, también es coincidente con resultados reportados al evaluar la infiltración media en suelos de diferentes ecosistemas, en donde el pastizal, tuvo mayor velocidad de infiltración que la selva baja y, similar infiltración, al bosque de encino (García *et al.*, 2008).

El área entre plantas de Clitoria y Morera ocupó el segundo lugar en la tasa de infiltración. Debido a que las tres determinaciones de infiltración se realizaron en un suelo arcilloso (pradera con Llanero, Clitoria y Morera), no se puede atribuir a la textura la mayor infiltración entre plantas. Además del tipo de raíz, se podría inferir que las mayores tasas de infiltración pueden estar relacionadas con mayor cantidad de raíces entre las plantas de la arbustiva y la leguminosa, lo que le permite mayor porosidad en el suelo y, por lo tanto, facilitar la infiltración del agua. García *et al.* (2008) discuten que la presencia de raíces de las plantas es un factor determinante para incrementar el espacio poroso del suelo y, a su vez, aumentar la permeabilidad.

Las mayores tasas de infiltración en los suelos con la gramínea y la arbustiva, también está relacionado con la profundidad de las raíces. La Morera se plantó con estacas por lo que no tuvo una raíz principal con crecimiento pivotante, pero si tuvo raíces laterales con crecimiento horizontal; mientras que, Llanero muestra raíces fibrosas cerca de la superficie. Por otra parte Clitoria, que se sembró con semilla si poseía una raíz seminal con crecimiento pivotante, lo que le ayuda a extraer agua de mayor profundidad, pero no favorece la infiltración.

### **6.3.2. Características Químicas del Suelo**

En esta investigación a cuatro años de haberse sembrado las especies forrajeras, se tomaron las muestras de suelo y se analizaron los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y carbono, así como el nitrógeno en forma de amonio y nitrato.

#### **6.3.2.1. Nitrógeno**

El nitrógeno en las plantas es un elemento que forma parte de las proteínas y la clorofila, fomenta rápido crecimiento, aumenta el contenido de proteína y da el color verde a las plantas (Enríquez *et al.*, 1999). Las plantas extraen este elemento del suelo en mayor cantidad que cualquier otro nutriente: en la mayoría de los suelos, más del 90% se halla en forma orgánica, ya sea en la materia orgánica fresca o en humus (Porta *et al.*, 2003).

En esta investigación, los contenidos de nitrógeno en suelo fueron bajos y tuvieron un rango de 0.02 a 0.12% (Cuadro 6.5); se esperaba mayor contenido de este elemento en las praderas que incluían la leguminosa, por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, los análisis de suelo no indican diferencias; sin embargo, las praderas de estas asociaciones tuvieron mayores producciones de forraje. Existe la posibilidad de que hubiera fijación de nitrógeno y este fuera transferido a la gramínea y a la arbustiva y motivaran mayor producción de biomasa. Esta hipótesis está sustentada, además de la mayor producción de

forraje, en el periodo que transcurrió de la siembra de las especies forrajeras al muestreo del suelo y al hecho de que las praderas no fueron fertilizadas. Cadisch *et al.* (1994), sostienen que bajo condiciones en las cuales el suministro de nutrientes es suficiente y los pastos están compitiendo por el N del suelo, el rendimiento de forraje es el parámetro más variable.

**Cuadro 6.5. Porcentaje de Nitrógeno en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (%)**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)		
		0-30	31-45	46-60
Vegetación nativa	Al azar	0.06	0.04	0.06
Llanero	Llanero y Llanero	0.09	0.07	0.05
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	0.10	0.12	0.08
	Llanero y Clitoria	0.05	0.04	0.09
	Clitoria y Clitoria	0.06	0.04	0.10
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	0.07	0.07	0.07
	Llanero y Clitoria	0.09	0.06	0.09
	Clitoria y Morera	0.08	0.06	0.02

Respecto a las asociaciones de gramíneas-leguminosas Cadisch *et al.* (1994), mencionan que la cantidad de N derivado de la fijación está basado en tres factores: el rendimiento de forraje, concentración de N en el tejido de la planta y el porcentaje de nitrógeno derivado de la simbiosis. Ledger y Steele (1992), señalan que la fijación biológica de nitrógeno por leguminosas, en praderas asociadas está influenciada por tres factores: persistencia y producción de la leguminosa, estatus del nitrógeno en el suelo y competencia con los pastos que se asocia.

### 6.3.2.2. Fósforo

Algunas de las funciones del fósforo en las plantas son: constituyente del ácido nucleico, fosfolípidos y fitina, actúa en la formación de la semilla, activa las bacterias que actúan en la fijación del nitrógeno en las leguminosas y en el almacenamiento y transporte de energía (Enríquez *et al.*, 1999). Según Porta *et al.* (2003), la mitad del fósforo en la biosfera se encuentra en forma orgánica; también señalan que en los suelos, el fósforo puede encontrarse en forma de apatita y formas orgánicas; en ninguna de las dos formas, es asimilable por las plantas, requiere de un proceso de mineralización para que pueda estar disponible para las plantas. En nuestra investigación la cantidad de fósforo en suelo fue baja y varió de cuatro a nueve partes por millón (Cuadro 6.6). Cadisch *et al.* (1994), comentan que la habilidad de las leguminosas para fijar N<sub>2</sub> es fuertemente afectada por la nutrición de las plantas. Señalan también que en la región de Los Cerrados, Brasil, la deficiencia de fósforo redujo la proporción de N<sub>2</sub> fijado y la fertilización combinada de P/K incrementó la cantidad de N<sub>2</sub> fijado a 66 kg de N ha, en la época de lluvias.

**Cuadro 6.6. Contenido de Fósforo en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (ppm)**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)		
		0-30	31-45	46-60
Vegetación nativa	Al azar	6	9	5
Llanero	Llanero y Llanero	5	4	4
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	6	9	4
	Llanero y Clitoria	6	4	5
	Clitoria y Clitoria	6	5	7
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	8	4	5
	Llanero y Clitoria	6	4	4
	Clitoria y Morera	6	6	5

### 6.3.2.3. Potasio

El potasio al igual que el nitrógeno y el fósforo es un elemento esencial. Sus funciones son: dar vigor y resistencia a enfermedades, aumenta el tamaño de granos y semillas y regula la actividad osmótica y enzimática (Enríquez *et al.*, 1999). En los suelos de este experimento se tuvieron contenidos de potasio de 0.1 a 1.0 cmoles<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> (Cuadro 6.7). Cantidades consideradas bajas para el desarrollo de cultivos. Los bajos contenidos de elementos esenciales (N,P,K), pudo ser la causa de bajos rendimientos de forraje para todos los tratamientos en esta investigación. Al inicio de la fase experimental de la presente investigación, el forraje total presente varió de dos a cuatro toneladas de MS ha<sup>-1</sup>. Al respecto Jiménez y Peralta (1989), reportan para el trópico seco, rendimientos de ocho a catorce toneladas de MS ha<sup>-1</sup> en *A. gayanus*.

**Cuadro 6.7. Contenido de Potasio en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos (cmoles<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>)**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)		
		0-30	31-45	46-60
Testigo	Al azar	0.4	0.2	0.1
Llanero	Llanero y Llanero	1.0	0.4	0.4
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	0.6	0.2	0.2
	Llanero y Clitoria	0.4	0.2	0.1
	Clitoria y Clitoria	0.6	0.3	0.2
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	0.6	0.4	0.5
	Llanero y Clitoria	0.6	0.6	0.2
	Clitoria y Morera	0.5	0.2	0.1

#### 6.3.2.4. Carbono

En años recientes se ha puesto mayor énfasis en el suelo como reservorio de carbono, por la importancia que tiene éste para las concentraciones de carbono atmosférico. Según, Avilés-Hernández *et al.* (2009) el carbono es un elemento clave en el desarrollo del componente orgánico del suelo y en la estructura y función de los ecosistemas, ya que no solo determinan los cambios en su almacenamiento, si no también controlan su productividad.

Las cantidades similares de carbono encontradas tanto en la pradera de la gramínea sola, como en las asociaciones (Cuadro 6.8); coincide con estudio de Frank *et al.* (1995), en donde se mantuvieron los mismos niveles de carbono en las praderas con gramas nativas pastoreadas con ganado y en las áreas excluidas del pastoreo, atribuyendo estos resultados a que la especie predominante poseía un sistema radical denso y poco profundo.

**Cuadro 6.8. Contenido de Carbono en suelo de praderas mono-específica y asociadas pastoreadas con bovinos ( % )**

Pradera	Área de muestreo	Profundidad de muestreo (cm)		
		0-30	31-45	46-60
Testigo	Al azar	0.51	0.29	0.06
Llanero	Llanero y Llanero	0.58	0.26	0.11
Llanero y Clitoria	Llanero y Llanero	0.62	0.25	0.08
	Llanero y Clitoria	0.53	0.13	0.09
	Clitoria y Clitoria	0.57	0.16	0.06
Llanero, Clitoria y Morera	Llanero y Llanero	0.67	0.46	0.22
	Llanero y Clitoria	0.59	0.51	0.16
	Clitoria y Morera	0.62	0.44	0.16

En este experimento, los porcentajes de carbono en el suelo son similares entre tratamientos, dentro de una misma profundidad; sin embargo, los mayores porcentajes de carbono se encontraron a una profundidad de 0 a 30 cm, después de 31 a 45 cm y los menores de 46 a 60 cm, en los tres tipos de pradera y vegetación nativa, en promedio fueron de: 0.58, 0.31 y 0.11%, para las profundidades mencionadas, respectivamente. Esto, coincide con un estudio realizado por Avilés-Hernández *et al.* (2009), quienes evaluaron el contenido de carbono en diferentes condiciones topográficas y, en los cuatro sitios evaluados, el patrón fue similar: el contenido de carbono es más alto en la parte superior del suelo y va disminuyendo a mayor profundidad. Los autores lo atribuyen al contenido de materia orgánica, ya que a mayor profundidad menor contenido de materia orgánica.

#### **6.3.2.5. Nitrógeno en forma de amonio y nitrato**

El nitrógeno desempeña un papel clave en la nutrición de las plantas y de cómo es adsorbido hay controversia; por lo general se considera que las formas orgánicas no pueden ser directamente absorbidas por las plantas, requiriéndose su mineralización previa (Porta *et al.*, 2003). El ciclo del nitrógeno permite establecer la secuencia de compuestos químicos y procesos de este elemento. Del proceso de fijación simbiótica de nitrógeno al suelo se origina el  $N-NH_4^+$ , este compuesto, por un proceso de nitrificación, pasa de  $N-NH_4^+$  a  $N-NO_3^-$ , es decir de amonio pasa a nitrato, por oxidación enzimática. El  $N-NO_3^-$  puede ser adsorbido por las plantas; el que no sufre este proceso, al no poder ser adsorbido por las arcillas ni por la materia orgánica es susceptible de ser lavado y transferido a los mantos freáticos (Porta *et al.*, 2003).

En esta investigación se observaron cantidades similares de nitrógeno total (Cuadro 6.9). El suelo, entre plantas de Clitoria-Morera, tal vez por ser un sitio que produjo mucha biomasa aérea y radical, especialmente por la arbustiva (que no es

leguminosa) presentó muy bajas cantidades de nitrógeno total, que no alcanzan a ser detectadas en el análisis.

**Cuadro 6.9. Nitrógeno total, N-NH<sub>4</sub> y N-NO<sub>3</sub> en el suelo de praderas tropicales pastoreadas con bovinos, a profundidad de 0 a 30 cm**

Relación entre plantas (sitio de muestreo)	Nitrógeno total %	N-NH <sub>4</sub> ppm	N-NO <sub>3</sub> ppm
Llanero y Llanero	0.08	9	55
Llanero y Clitoria	0.08	2	2
Clitoria y Clitoria	0.08	7	7
Clitoria y Morera	---	2	11

Contrariamente a lo que se esperaba, los suelos en donde se cultivó Clitoria, muestran menor contenido de N-NH<sub>4</sub>, en comparación con el suelo localizado entre plantas de gramíneas. Sin embargo, hay que recordar que en los suelos donde se cultivó la leguminosa, las praderas produjeron el doble de forraje (4,136 kg de MS ha<sup>-1</sup>), en comparación con praderas donde solo se cultivó la gramínea (2,007 kg de MS ha<sup>-1</sup>); por lo que se puede inferir que para producir mayor forraje, las plantas de praderas asociadas debieron tomar nutrientes del suelo, los cuales no fueron suministrados vía fertilización y que el elemento más demandado fue nitrógeno. No podemos afirmar que en las praderas con leguminosas hubiera fijación de nitrógeno atmosférico y su posterior transferencia a la gramínea y la arbustiva; sin embargo, si es probable que este elemento se extrajera en mayor cantidad del suelo de las praderas asociadas. La menor cantidad de N-NH<sub>4</sub> y N-NO<sub>3</sub> en estos suelos puede ser debido a que el N-NO<sub>3</sub> de suelo de las asociaciones hubiese sido usado por las plantas. Con relación a las bajas cantidades de N-NH<sub>4</sub> encontradas en los suelos de las praderas, la posibilidad es que NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se perdiera vía volatilización. Cadisch *et al.* (1994), señalan que la principal pérdida de N de una pradera tropical ocurre vía volatilización de amonio.

#### 6.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación se inició bajo el supuesto que se contaba con suelos homogéneos; después de los análisis se determinó que, los suelos de los terrenos experimentales, se caracterizaron por ser de una textura migajón arcillosa y arcillosa.

Las características Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Humedad Aprovechable, estuvieron más relacionadas con la textura del suelo y no directamente con las especies cultivadas.

La mayor tasa de infiltración se dio en espacios entre plantas de gramínea por una mayor densidad de raíces fibrosas que provocaron mayor porosidad del suelo superficial; pero la capacidad de mantener la humedad aprovechable fue más alta entre leguminosa y arbustiva.

Las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio, al final del estudio, son bajas, característico de suelos de baja fertilidad.

La cantidad de carbono fue similar entre praderas, pero es mayor en la superficie del suelo que a mayores profundidades.

Los bajos contenidos de Amonio en el suelo, pueden indicar una probable utilización de este compuesto por la plantas o bien a su pérdida por volatilización.

Se recomienda continuar con investigaciones bien monitoreadas y a largo plazo, respecto al uso de plantas forrajeras y los cambios en las características físicas y químicas del suelo; ya que, son aspectos que mejoran la producción de forraje y han sido poco estudiados.

## 6.5. LITERATURA CITADA

- Avilés-Hernández V., M.A. Velásquez, P.G. Angeles, B.J. Etchevers, P.H. De los Santos y T. Llanderal T. 2009. Variación en almacenes de carbono en suelos de una topocuencia. *Agrociencia* 43:457-464.
- Bari F., M.K. Wood, and Murray L. 1993. Livestock grazing impacts on infiltration rates in a temperature range of Pakistan. *J Range Manage.* 46:367-372.
- Cadisch G., R.M Schunke, and K.E. Giller. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grassland.* 28: 43-52.
- Coras M.P.M. 2003. Propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego. Universidad Autónoma Chapingo. 226 pp.
- Enríquez Q.J.F., F. Meléndez N. y E.D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México. 262 pp.
- Exebio G.A.A. 2001. Metodología para estimar las pérdidas de agua por infiltración en canales de tierra. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad de Hidrociencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México. 99 p.
- Food and Agriculture Organisation-UN. (FAO). 2004. FAOSTAT data <<http://apps.fao.org/>> Página consultada el 01 de octubre del 2007.

- Frank A.B., D.L.Tanaka, L. Hofman, and R.F. Follett. 1995. Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *J Range Manage.* 48:470-474.
- García H.M.A., H.M.A. García, V.I. Castellanos, S.Z. Cano y R.C. Peláez. 2008. Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana* 26:21-27.
- Jiménez G.R. y A. Peralta M. 1989. Rendimiento de gramíneas forrajeras en el periodo de lluvias en la Costa de Guerrero. Memoria; Reunión Científica Agrícola, Pecuaria y Forestal del Estado de Guerrero. pp 37-38.
- Keller-Grein G. y R. Schultze-Kraft. 1989. Descripción botánica y distribución natural de *Andropogon gayanus*. In: J.M. Toledo, R. Vera, C. Lascano y J.M. Lenné (eds.). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. CIAT. Cali, Colombia. p 120.
- Lázaro C.P.R. 1998. Dinámica de los mantos freáticos someros en los distritos de riego. Tesis de Maestría. Especialidad de Hidrociencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México. 62 pp.
- Ledgard S.F. and K.W. Steele. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil.* 141: 137-153.
- Martínez-Trinidad S., H. Cotler, J.D. Etchevers-Barra, V.M. Ordaz-Chaparro y F. León-González. 2008. Efecto del manejo en la agregación del suelo en un ecosistema tropical seco. *Terra Latinoamericana* 26:299-307.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-021). 2000. PROY-NOM-021-RECNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de

- suelos, estudios, muestreo y análisis. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. 46 p.
- Ortíz R.J.N. 1998. Estimación de las pérdidas de agua por percolación profunda durante la aplicación del riego utilizando un modelo de simulación. Tesis de Maestría. Especialidad en Hidrociencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México. 64 p.
- Osuna C.E.S. y R.S.J. Padilla. 1998. Estimación de la sorbilidad e infiltración usando datos de simulación de lluvia para tres tipos de suelo de la zona semiárida de México. *Terra* 16:293-302.
- Peralta M. A., A. Ramos S., J.F. Enríquez Q., J. López , A.A. Cigarroa, J. Palomo y B.A. Córdoba. 1987. Pasto Llanero *Andropogon gayanus* Kunth. Una alternativa para el trópico de México. Folleto Técnico No.2. INIFAP-SARH. Veracruz, Ver. México. 17 p.
- Porta C.J., R.M. López-Acevedo y L.C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3.<sup>a</sup> Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 960 p.
- Quiñones V.J.J., P.E. Castellanos, C.C.M. Valencia, R.J.J. Martínez, O.T. Sánchez O.T. y G.C.A. Montes. 2009. Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *Terra Latinoamericana* 27:287-293.
- Rodríguez F.H. y A.J. Rodríguez. 2002. Método de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Capítulo 3: Análisis físicos. Ed. Trillas. pp. 111-139.
- Salgado G.S., N.A. Trujillo, R.R. Torres y L.D.J. Palma. 1999. Muestreo de suelos. *In:* G.S. Salgado, L.D.J. Palma y D.J. Cisneros (eds.) Manual de

procedimientos para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación en cultivos tropicales. Colegio de Postgraduados, *Campus* Tabasco. 76 p.

Statistical Analysis System (SAS). SAS user's Guide: Statistics (ver 9.2 Second ed.). Cary., NC, USA: Inst Inc. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#titlepage.htm>. Documento consultado el 22 de mayo del 2011.

Towner G.D. 1989. The application of classic physics transport theory to water movement in soil: Development and deficiencies. *Journal of Soil Science*. 110(40):251-260.

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES GENERALES

La altura de las especies forrajeras cultivadas, no variaron en las praderas de pasto Llanero sólo y asociado con *Clitoria* y *Morera*.

En la época de lluvia, el forraje presente fue mayor para las praderas que incluyeron *Clitoria ternatea* y *Morus alba* y, se caracterizaron por tener mayor porcentaje de tallo y material vivo. En la época seca, la mayor cantidad de forraje lo mostró la pradera de *Andropogon gayanus* con *C. ternatea* y los componentes morfológicos que la definieron fueron: tallo, material vivo y material muerto.

El follaje de *Clitoria* y *Morera* mostró mayor contenido de proteína y menor contenido de fibra respecto a Llanero. La mayor calidad nutritiva de la leguminosa y la arbustiva se mantienen en la época seca.

Tanto en la época de lluvias como en la época seca, la dinámica del crecimiento en praderas con *Andropogon gayanus* sólo y asociado con *Clitoria ternatea* y *Morus alba* es diferente. La leguminosa contribuye de manera importante en la época húmeda y la arbustiva en la época de estiaje.

Las praderas asociadas proporcionaron mayor cantidad de forraje total, con mayor calidad nutritiva por las aportaciones de la leguminosa y la arbustiva, lo que promovió mayores ganancias de peso en el ganado bovino.

Las características físicas del suelo que se modificaron entre los tres tipos de pradera, estuvieron relacionadas con la textura del mismo y no con las especies cultivadas.