



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA, VALOR
NUTRITIVO Y CONCENTRACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS EN
CUATRO LEGUMINOSAS TROPICALES EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO 2014

La presente Tesis, titulada: "Evaluación del rendimiento de materia seca, valor nutritivo y concentración de taninos condensados en cuatro leguminosas tropicales en dos épocas del año" realizada por la alumna: Lidia García Ferrer, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JESÚS ALBERTO RAMOS JUÁREZ

DIRECTOR DE TESIS:



DR. EDUARDO DANIEL BOLAÑOS AGUILAR

ASESOR:



DR. MARIO MANUEL OSORIO ARCE

DICIEMBRE DE 2014

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA, VALOR NUTRITIVO Y CONCENTRACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS EN CUATRO LEGUMINOSAS TROPICALES EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO

Lidia García Ferrer, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

Cacahuatillo (*Arachis pintoi*), Stylo (*Stylosanthes guianensis*), Clitoria (*Clitoria ternatea*) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), se evaluaron en la época seca (Marzo-Mayo) y lluviosa (Junio-Agosto) del 2013. El objetivo fue conocer el efecto de la edad de rebrote (21, 42, 63 y 84 días) sobre el contenido y rendimiento de materia seca por hectárea (CMS, RMS), proporción de hoja (PH), valor nutritivo (proteína cruda, PC; degradabilidad *in situ* de la MS, DIMS; fibra detergente neutro, FDN; fibra detergente ácido, FDA; y cenizas) y concentración de polifenoles (fenoles totales, FT; fenoles no taninos, FNT; taninos condensados, TC; taninos totales, TTy taninos hidrosolubles, TH). La CMS, RMS, FDN, FDA aumentaron con la edad, PH, PC, DIMS y cenizas disminuyeron. La CMS varió de 184.3 a 263.6 g kg⁻¹ MV en la época seca, y de 168.2 a 220 g kg⁻¹ MV en lluvias. Cacahuatillo y Stylo registraron mayores RMS en las dos épocas con 5.5 y 7.5 t ha⁻¹ a los 84 días en seca y lluvias, respectivamente. La mayor y menor PH fue para Cacahuatillo y Stylo, respectivamente, en ambas épocas. Clitoria y Cacahuatillo presentaron las mayores concentraciones de PC en ambas épocas; superiores a 140 g kg⁻¹ MS aún a 84 días de edad. A los 21 días, Stylo (704.7 g Kg⁻¹ MS) en la época seca y Kudzú (658.4 g Kg⁻¹ MS) en lluvias presentaron mayor FDN. Al igual que la FDN, la FDA aumenta con la edad en las dos épocas, con mayor contenido en la época seca (variación de 370.5 a 520.2 g kg⁻¹ MS); en lluvias varió de 380 a 478.5 g kg⁻¹ MS, registrando Kudzú y Clitoria el mayor contenido en las dos épocas. Cacahuatillo tuvo la mayor DIMS (> 700 g kg⁻¹ MS) durante su crecimiento en ambas épocas. En Clitoria, Stylo y Kudzú sólo fueron superiores a 700 g Kg⁻¹ MS a los 21 días. Las cenizas disminuyeron con la edad, con mayor contenido en la época seca (promedio de 53.3 g kg⁻¹ MS), que en lluvias (33.4 g kg⁻¹ MS). Los compuestos fenólicos registraron sus mayores y menores contenidos en Clitoria y Stylo, respectivamente y en ambas épocas. Clitoria tuvo el mayor contenido de FT durante su crecimiento, alcanzando 155.4 g kg⁻¹ MS a los 42 días. Clitoria y Stylo tuvieron los mayores y menores contenidos de FNT, respectivamente, con registro máximo de 40.10 g y 18.6 g kg⁻¹ MS a los 42 días, en su orden. Los mayores niveles de TC fueron 16.91 y 20.1 g kg⁻¹ MS para Clitoria a los 42 días en ambas épocas. Clitoria tuvo el mayor contenido de TH a los 42 días (98.46 g kg⁻¹ MS) en la época seca y a los 21 días (78.03 g kg⁻¹ MS) en lluvias. En época seca y lluviosa Clitoria mantuvo el mayor contenido de TT con 112.87 g y 74 g kg⁻¹ MS en promedio, respectivamente. Con la edad de rebrote de 42 días de las leguminosas evaluadas, se aprovechó su potencial nutritivo para el ganado.

PALABRAS CLAVE: proteína, degradabilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, polifenoles.

EVALUATION OF DRY MATTER YIELD, NUTRITIVE VALUE AND CONCENTRATION OF CONDENSED TANNINS IN FOUR TROPICAL LEGUMES IN TWO SEASONS

Lidia García Ferrer, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

Cacahuatillo (*Arachis pintoi*), Stylo (*Stylosanthes guianensis*), Clitoria (*Clitoria ternatea*) and Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), were evaluated in the dry season (March-May) and rainy (June to August) of 2013. The objective was to determine the effect of regrowth age (21, 42, 63 and 84 days) on the content and dry matter yield per hectare (CMS, RMS), proportion of leaf (PH), nutritional value (crude protein, PC; degradability in situ MS, DIMS, neutral detergent fiber, NDF, acid detergent fiber, ADF, and ash) and concentration of polyphenols (total phenols, FT; phenols tannins, FNT, condensed tannins, TC, total tannins, TT and water soluble tannins, TH). The CMS, RMS, NDF, ADF increased with age, PH, PC, DIMS and ash fell. The CMS ranged from 184.3 to 263.6 g kg⁻¹ MV in the dry season, and 168.2 to 220 g kg⁻¹ MV rainfall. Cacahuatillo and Stylo recorded higher RMS in both seasons with 5.5 and 7.5 t ha⁻¹ at 84 days dry and rainy, respectively. The major and minor PH was for Cacahuatillo and Stylo, respectively, in both seasons. Clitoria and Cacahuatillo had the highest concentrations of PC in both seasons; above 140 g kg⁻¹ DM even 84 days old. At 21 days, Stylo (704.7 g kg⁻¹ DM) in the dry season and Kudzu (658.4 g kg⁻¹ DM) in rains had higher NDF. Like the FDN, FDA increases with age in both seasons, with higher content in the dry season (370.5 to 520.2 variation of g kg⁻¹ DM); in rainfall ranged from 380 to 478.5 g kg⁻¹ DM, recording Kudzu and Clitoria the highest content in both seasons. Cacahuatillo had the highest DIMS (> 700 g kg⁻¹ DM) during growth in both seasons. In Clitoria, Stylo and Kudzu were just above 700 g kg⁻¹ DM at 21 days. The ash decreased with age, with the highest content in the dry (average 53.3 g kg⁻¹ DM) time, which in the rainy season (33.4 g kg⁻¹ DM). Phenolic compounds recorded their major and minor Clitoria and Stylo contained respectively in both seasons. Clitoria had the highest content of FT during growth, reaching 155.4 g kg⁻¹ DM at 42 days. Clitoria and Stylo had major and minor contents of TNF, respectively, with maximum record of 40.10 g and 18.6 g kg⁻¹ DM at 42 days, in that order. The highest levels of TC were 16.91 and 20.1 g kg⁻¹ DM for Clitoria at 42 days in both seasons. Clitoria had the highest content of TH at 42 days (98.46 g kg⁻¹ DM) in the dry season and 21 days (78.03 g kg⁻¹ DM) in showers. In dry and rainy seasons Clitoria maintained the highest content of TT with 112.87 g and 74 g kg⁻¹ DM on

average, respectively. With regrowth age 42 days of legumes evaluated exploits its nutritive livestock.

KEYWORDS: protein degradability, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, polyphenols.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme, darme salud y armonizar todo mi entorno para que esta meta fuera cumplida exitosamente.

A mis padres, Ing. Juan José García Martínez y Lic. Leda Ferrer Ruiz, y a mi abuela Leda Ruiz Martínez, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A ellos quiero hacerles saber que todo su esfuerzo ha valido la pena, infinitamente agradecida, los amo.

A mi novio el LAE. Edgar Herrera Domínguez quien me apoyó y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a toda la gente maravillosa que me ha acompañado a lo largo de este proceso y me ha expresado su confianza, cariño y apoyo incondicional. Quienes, de alguna u otra forma, me han ayudado a salir de apuros, dudas o crisis existenciales.

A todos ustedes, MUCHAS GRACIAS!! :D

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincera gratitud a todas aquellas personas que han contribuido a la realización de esta tesis.

Al Colegio de Postgraduados, por formarnos académicamente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para mis estudios de maestría.

A la línea prioritaria de investigación LPI-2 Agroecosistemas sustentables, por los equipos facilitados para el desarrollo de la presente investigación.

Al INIFAP, por permitirme trabajar en sus instalaciones.

Al Dr. Eduardo Daniel Bolaños Aguilar por confiar en mí, además de su invaluable amistad, apoyo y constante dedicación en el desarrollo de este proyecto, por su orientación y disponibilidad para responder cualquier inquietud y aportaciones en el transcurso de esta tesis y valiosos consejos.

Al Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez, Consejero Particular, por su participación y apoyo en todo momento.

A la Dra. Luz del Carmen Lagunes Espinoza, por su apoyo y constante dedicación en el desarrollo de este proyecto, por proporcionarme información y su ejemplo de sencillez.

Al Dr. Mario Manuel Osorio Arce, por sus consejos y amistad.

A todo el personal del Colegio de Postgraduados y del INIFAP....¡gracias! En especial al Técnico José Luis Jiménez de Dios y al residente Ramón Isidro Pardo Cruz del Laboratorio de Ciencia Animal por su apoyo para la determinación de los análisis químicos proximales.

A todos mis compañeros y amigos de maestría, en especial a Will y Elmer por su apoyo y amistad incondicional.

Contenido

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ABREVIATURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	4
1.1.1. Objetivos Particulares.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Importancia de las Leguminosas.....	5
2.2. Descripción General de las Leguminosas.....	6
2.3. Características de las Leguminosas	6
2.3.1. Proceso de la Fijación de Nitrógeno al Suelo	6
2.3.2. Valor Nutritivo	7
2.3.3. Productividad Animal.....	8
2.3.3.1 Producción de Carne	8
2.3.3.2 Producción de leche	9
2.4. Principales Leguminosas Explotadas en el Trópico Mexicano.	10
2.5. Presentación de las leguminosas en estudio.....	10
2.5.1. Cacahuatillo (<i>Arachis pinto</i>).....	10
2.5.1.1. Morfología.....	10
2.5.1.2 Origen y Dispersión Geográfica	11
2.5.1.3. Condiciones Edáficas.....	11
2.5.2. Stylo, <i>Estylosanthes</i> (<i>Stylosanthes guianensis</i> Aubl.)	12
2.5.2.1. Morfología	12

2.5.2.2 Origen y Dispersión Geográfica	12
2.5.2.3. Condiciones Edáficas.....	12
2.5.3. Tehuana, Clitoria, Campanita morada, Conchita (<i>Clitoria ternatea</i>)	13
2.5.3.1. Morfología	13
2.5.3.2. Origen y Dispersión Geográfica	14
2.5.3.3. Condiciones Edáficas.....	14
2.5.4. Kudzú (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	15
2.5.4.1. Morfología	15
2.5.4.2. Origen y Dispersión Geográfica	15
2.5.4.3. Condiciones Edáficas.....	16
2.6. Efecto Ambiental Sobre la Productividad de las Leguminosas	16
2.6.1. Sobre la Producción de Materia Seca	16
2.6.2. Sobre el Valor Nutritivo	18
2.7. Efecto de la edad de Rebrote en las Leguminosas	19
2.7.1. Sobre el Rendimiento de Materia Seca	19
2.7.2. Sobre el Valor Nutritivo	19
2.8. Factores Anti-nutricionales de las Leguminosas.....	20
2.8.1. Los taninos	21
2.8.1.1. Clasificación	21
2.8.2. Concentración de Taninos Condensados en las Plantas	22
2.8.2.1. Efecto de los Taninos Condensados en la Producción	
Animal.....	23
2.9. Conclusión de la Revisión de Literatura.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Condiciones Ambientales y Especies forrajeras	28
3.2. Edades de Rebrote	29
3.3. Variables de Respuesta.....	30
3.3.1. Contenido de Materia Seca (CMS), Rendimiento de Materia Seca (RMS) y Proporción de hoja en la biomasa aérea total.....	30
3.3.2. Valor Nutritivo	30
3.3.3. Compuestos Fenólicos	31

3.3.3.1. Determinación de polifenoles totales (PFT)	31
3.3.3.2. Determinación de fenoles no taninos	32
3.3.3.3. Determinación de taninos condensados (proantocianidinas)	32
3.4. Análisis de Datos	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
4. 1. Contenido de Materia Seca (CMS), Rendimiento de Materia Seca (RMS) y Proporción de Hoja en la Biomasa Aérea	35
4.2. Valor Nutritivo	39
4.2.1. Proteína.....	39
4.2.2. Degradabilidad <i>in situ</i> de la Materia Seca	42
4.2.3. Fibra Detergente Neutro (FDN)	42
4.2.4. Fibra Detergente Ácida (FDA)	46
4.2.5. Cenizas.....	46
4.3. Compuestos Fenólicos	54
4.3.1. Fenoles Totales	54
4.3.2. Fenoles no Taninos	58
4.3.3. Taninos Totales	58
4.3.4. Taninos Condensados.....	59
4.3.5. Taninos Hidrosolubles	61
5. CONCLUSIONES	63
6. LITERATURA CITADA	64

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Concentración de polifenoles en algunas especies leguminosas (Olivares *et al.*, 2005)
- Cuadro 2.** Curva de calibrado para polifenoles totales con ácido gálico.
- Cuadro 3.** Medias y cuadrados medios para diferentes fuentes de variación en cuatro leguminosas forrajeras en la época seca y lluviosa del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Cuadro 4.** Efecto de cuatro edades de rebrote sobre el valor productivo y de calidad de cuatro leguminosas forrajeras en la época seca del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Cuadro 5.** Efecto de cuatro edades de rebrote sobre el valor productivo y de calidad de cuatro leguminosas forrajeras en la época lluvias del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Cuadro 6.** Correlaciones (N= 16) entre diferentes fuentes de variación para cuatro leguminosas forrajeras en la época seca y de lluvias (en *itálicas*) del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Cuadro 7.** Medias y cuadrados medios para diferentes compuestos fenólicos en cuatro leguminosas forrajeras en la época seca y lluviosa del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Cuadro 8.** Fenoles y sus diferentes fracciones de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante dos épocas contrastantes del año. Huimanguillo, Tabasco.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** *Arachis pintoi*
- Figura 2.** *Stylosanthes guianensis*
- Figura 3.** *Clitoria ternatea*
- Figura 4.** *Pueraria phaseoloides*
- Figura 5.** Proceso de formación de taninos condensados (TC) o proantocianidinas
- Figura 6.** Datos promedio de precipitación pluvial y temperatura durante el período de evaluación en 2013. Huimanguillo, Tabasco.
- Figura 7.** Contenido de materia seca y rendimiento de materia seca, proporción de hoja de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante la época seca (A, C, E) y lluviosa (B, D, F) del año, en Huimanguillo, Tabasco.
- Figura 8.** Contenido de proteína y degradabilidad *in situ* de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C) y de Lluvias (B, D) del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Figura 9.** Contenido de Fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y de cenizas de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C, E) y de Lluvias (B, D, F) del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Figura 10.** Fenoles totales, fenoles no taninos y taninos condensados de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C, E) y de Lluvias (B, D, F) del año. Huimanguillo, Tabasco.
- Figura 11.** Taninos condensados y taninos hidrosolubles de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C) y de Lluvias (B, D) del año. Huimanguillo, Tabasco.

INDICE DE ABREVIATURAS

mm	Milímetros	FDN	Fibra Detergente Neutro
kg	Kilogramos	FDA	Fibra Detergente Acida
m	Metros	min	Minutos
cm	Centímetros	PH	Proporción de hojas
pH	potencial de hidrogeno	C	Cenizas
msnm	metros sobre el nivel del mar	MV	Materia verde
ELN	Extracto libre de nitrógeno	DIMS	Digestibilidad <i>Ín situde</i> la materia seca
gdp	Ganancia diaria de peso	AOAC	Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.
EM	Energía Metabolizable	CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
g	Gramos	EE	Extracto Etéreo
P	Fósforo	CMS	Contenido de materia seca
Ca	Calcio	RMS	Rendimiento de Materia Orgánica
N	Nitrógeno	MS	Materia Seca
Ha	Hectárea	PC	Proteína Cruda
t	Tonelada	FNT	Fenoles no totales
FT	Fenoles totales	TC	Taninos condensados
		TT	Taninos totales

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con 33 millones de cabezas de ganado bovino, con producciones anuales de 1.7 millones de toneladas de carne y 10 mil millones de litros de leche (SIAP, 2009). Estas producciones importantes de carne y leche, junto con las producciones provenientes de otras especies de animales, no son suficientes para alimentar a los 112 millones de habitantes (INEGI, 2010), por lo que el país requiere incrementar sus rendimientos. Pero estos incrementos deben de estar dentro de un contexto de desarrollo sustentable, lo que implica asegurar el bienestar social, la rentabilidad de la explotación y sobre todo el respeto al ambiente.

La región tropical en México (trópico seco y húmedo) ocupa una superficie de 12 millones de hectáreas de praderas, que producen 81 millones de toneladas de materia seca, las cuales mantienen a un tercio del hato ganadero del país, bajo el sistema de pastoreo y en menor grado en estabulación (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2010). Tabasco es un estado del trópico húmedo cuya producción animal (carne, leche, becerro) se obtiene principalmente del pastoreo de praderas permanentes. Por esta razón, el dominio del manejo de praderas (carga animal, sistemas de pastoreo, fertilización de praderas) y el uso de pastos de mayor producción de materia seca y calidad, son un factor importante para la productividad y sustentabilidad de los sistemas de producción pecuaria en esta entidad. Sin embargo, las gramíneas forrajeras tropicales son comúnmente de bajo valor nutritivo, particularmente en proteína. Dependiendo de la época del año, edad de rebrote, y especie, el contenido de proteína en los pastos varía de 60 a 140 g kg⁻¹ MS, y en algunos casos contienen menos de 60 g kg⁻¹ MS (Juárez-Hernández *et al.*, 2004).

Esta baja concentración en proteína afecta la productividad animal, por requerir el rumen un mínimo de 7% de este nutriente para su óptimo funcionamiento (Van Soest, 1984). Si lo anterior se agrega a la estacionalidad de producción de forraje

dado a las tres diferentes épocas del año (época seca, de febrero a mayo; lluvias, de junio a septiembre; y nortes, de octubre a enero) que se presentan en Tabasco, limita considerablemente la sustentabilidad de la productividad animal a través del año (Fulkerson *et al.*, 2007).

Una alternativa para mejorar la alimentación del animal en pastoreo y mantener la sustentabilidad del sistema de producción animal, es introduciendo leguminosas forrajeras en la pradera, sea en asociación o en bancos de proteína (Martens *et al.*, 2012). Efectivamente, las leguminosas proporcionan nitrógeno proteínico y proteína de sobrepaso (proteína protegida para que llega hasta el intestino delgado) a la dieta del animal, logrando incrementos considerables del 20 al 30% en la producción de carne y leche, con respecto a las gramíneas de monocultivo (Villanueva, 2010). Las leguminosas además fijan nitrógeno al suelo, lo cual puede beneficiar a las gramíneas asociadas, y proporcionar entonces un alimento de alta calidad y económico. El contenido de proteína y de minerales de las leguminosas es muy superior al de las gramíneas (Onyeonagu y Eze, 2013), aunque también se ha observado que presentan variaciones en sus contenidos al comparárseles entre áreas secas y húmedas (Adjolohoun *et al.*, 2013).

Existe información suficiente sobre el rendimiento de materia seca de las leguminosas forrajeras tropicales al final de un periodo y a diferentes intervalos de corte (Hare *et al.*, 2007; Phengsavanh *et al.*, 2013). Sin embargo, es escasa la información disponible sobre el momento óptimo de cosecha considerando la mayor cantidad y calidad del forraje, dado que el primero aumenta y el segundo declina con la edad de la planta (Hiep *et al.*, 2008). Pero no solo el contenido de proteína, la digestibilidad, o los contenidos de paredes celulares, modifican el valor nutritivo del pasto, las variaciones en calidad de las leguminosas tropicales, específicamente la baja digestibilidad y la baja utilización por los animales en pastoreo, se debe también a la presencia de polifenoles (Galindo *et al.*, 2005). Los polifenoles son metabolitos secundarios relacionados con el sabor, olor y color que tienen efectos antimicrobianos; pueden modificar la fermentación ruminal

aumentado o inhibiendo la eficiencia de utilización del alimento, y reducir la emisión de gas metano (Evans y Martin, 2000; García-González *et al.*, 2006).

Uno de los principales compuestos fenólicos ligados con la gustosidad del pasto debido a su efecto positivo o negativo sobre su valor nutritivo, lo son los taninos (Gebrehiwot *et al.*, 2002). Los taninos son compuestos fenólicos que forman complejos con las proteínas y otras macromoléculas, y en altas concentraciones las hacen menos disponibles para el animal (Mole *et al.*, 1993). Su efecto depende de la cantidad ingerida por los animales, de la fuente y del tipo (Patra *et al.*, 2006). Dentro de los taninos se encuentran los taninos condensados que son estables al calor y se encuentran en concentraciones elevadas en leguminosas, pueden reducir la palatabilidad y la absorción de proteínas. Generalmente no son tóxicos. En contraste, los taninos hidrosolubles pueden causar daño al hígado y al riñón (Makkar, 2007). Contrariamente, los taninos son antioxidantes y pueden mejorar la resistencia al estrés por calor (Liu *et al.*, 2011). En Tabasco, las praderas son abundantes, compuestas esencialmente de gramíneas de bajo contenido proteico, y en asociación con leguminosas podría incrementar su calidad. Pero también las leguminosas pueden ser suplementadas; sin embargo la mayoría de los estudios se basan solo en el valor nutritivo sea de la pradera, o de la leguminosa, no incluyendo además la evaluación de compuestos fenólicos, que podrían beneficiar o reducir el valor nutritivo de la pradera o el suplemento.

1.1. Objetivo General

Conocer el efecto de la especie y edad de rebrote, sobre el rendimiento, valor nutritivo y presencia de polifenoles en cuatro leguminosas forrajeras, en dos épocas del año contrastantes en disponibilidad de humedad.

1.1.1. Objetivos Particulares

- i)* Conocer el efecto de especie y edad de rebrote, sobre el contenido de materia seca, rendimiento de materia seca y proporción de hoja en la biomasa aérea total de cuatro leguminosas forrajeras en la época seca y de lluvias.
- ii)* Conocer el efecto de especie y edad de rebrote, sobre el valor nutritivo de cuatro leguminosas forrajeras en la época de seca y de lluvias.
- iii)* Conocer el efecto de especie y de edad de rebrote, en el contenido de polifenoles de cuatro leguminosas forrajeras en la época de seca y de lluvias.

1.2. Hipótesis

La especie y edad de rebrote influyen en las variaciones del contenido y por hectárea, en la proporción de hoja en la biomasa aérea total y en el valor nutritivo de las cuatro leguminosas por época del año.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de las Leguminosas

En las regiones tropicales de México, la producción animal (carne, leche, becerro) se obtiene principalmente en pastoreo de praderas permanentes a lo largo del año. Por ello, el uso de pastos de mayor calidad, son un factor importante en la productividad y sustentabilidad de los sistemas de producción pecuaria del trópico. Sin embargo, las gramíneas forrajeras tropicales son comúnmente de bajo valor nutritivo, en particular en su contenido de proteína. En efecto, dependiendo de la edad de corte, época del año y especie, las gramíneas pueden variar de 6 a 14% de proteína, y en ocasiones llegan a tener menos del 6% (Juárez *et al.*, 2004), cuando no hay dominio del manejo de la pradera. La baja concentración de proteína en plantas forrajeras afecta la productividad animal, ya que el rumen requiere un mínimo de 7% de proteína para su óptimo funcionamiento (Van Soest, 1994).

Hay un creciente interés internacional en la adopción de leguminosas, en sistemas de producción de forraje, debido por su potencial para la producción animal sostenible (Sprent y Mannelje, 1996; Rochon *et al.*, 2004), debido a su alta concentración de proteína. El contenido de proteína de las leguminosas es muy superior al de las gramíneas (Onyeonagu y Eze, 2013) y por su concentración de taninos condensados, también ejercen efecto benéfico nutricional (Wilkins y Jones, 2000). Las leguminosas también fijan nitrógeno al suelo, lo cual puede beneficiar a la gramínea asociada. Existe literatura suficiente desde años atrás (Mannelje, 1991; Thomas *et al.*, 1992; Pezo, 1995) que documenta el potencial de las leguminosas tropicales como fijadoras de nitrógeno y mejoradoras de la producción animal basada en pasturas; sin embargo, su menor tolerancia al pastoreo, comparado con las gramíneas, sea la razón de su baja adopción por los ganaderos de América Tropical.

2.2. Descripción General de las Leguminosas

El nombre de leguminosa proviene de legumbre, nombre que se le da en otras latitudes a la vaina, la cual es una característica principal de todas las leguminosas (la producción de vainas). Una vaina es un fruto monocarpelar, que contiene una sola hilera de semillas y que hace su dehiscencia a lo largo de dos suturas o costillas. A medida que crece la planta leguminosa, las bacterias simbióticas que forman las nudosidades de las raíces, pueden utilizar el nitrógeno del aire (fijación de nitrógeno) y multiplicarse dentro de las nudosidades. La planta dispone a su vez del nitrógeno, que ayuda a su nutrición y crecimiento. Las leguminosas son dicotiledóneas. Pueden ser anuales, bianuales o perennes (CIAT, 1991).

La familia *Leguminosae*, en los últimos tiempos denominada *Fabaceae*, se divide en tres subfamilias; la *Papilionaceae* compuesta por 476 géneros y 13,860 especies, la *Caesalpinaceae* con 160 géneros y aproximadamente 1,900 especies y la *Mimosaceae* compuesta 82 géneros y 3,300 especies. Otras leguminosas están distribuidas en las tribus: *Cercideae* y *Detarieae*. La primera compuesta por árboles y lianas con 4 a 12 géneros y aproximadamente 265 especies, dentro de las cuales el género más representado es *Bauhinia*, mientras que la segunda tribu incluye aproximadamente 80 géneros compuestos por numerosas especies de árboles tropicales, entre ellos algunos maderables que se distribuyen en África y Sudamérica.

2.3. Características de las Leguminosas

2.3.1. Proceso de la Fijación de Nitrógeno al Suelo

La actual demanda de alimentos ha impulsado al sector agrícola y ganadero a ser más eficiente con sus recursos, y a potenciar la producción de alimentos a nivel mundial. Para lograrlo, se ha requerido el uso excesivo de fertilizantes, en particular los fertilizantes nitrogenados (Urzúa, 2005). Una alternativa para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados, y así contaminar menos el suelo, es utilizando el nitrógeno atmosférico; sin embargo, a pesar de su abundancia en la atmósfera (78%) no es aprovechable directamente por las plantas, pero puede reaccionar con otros compuestos y convertirse en productos asimilables. Las plantas

absorben el nitrógeno del suelo principalmente en formas orgánicas como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). En el caso del amonio, existen plantas que pueden adquirirlo de la reducción de N_2 atmosférico a amonio, que llevan a cabo algunos microorganismos a través de relaciones simbióticas con plantas (Urzúa, 2005). Este proceso recibe el nombre de fijación biológica de nitrógeno (FBN), y las plantas pertenecientes al grupo de las leguminosas son las que mayoritariamente establecen esta asociación (Graham y Vance, 2000).

Según Azcon-Bieto y Talon (1999), la simbiosis fijadora de nitrógeno más conocida, es la que se establece entre raíces de leguminosas y bacterias de los género *Rhizobium*, Para la FBN, deben existir en el suelo estos rizobios, y que infecten y colonicen las raíces de las plantas, provocando deformaciones conocidas como nódulos. En los nódulos se transforma el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio por acción de la enzima nitrogenasa (Urzúa, 2005).

2.3.2. Valor Nutritivo

Existe información suficiente en la literatura disponible sobre el mayor valor nutritivo de las leguminosas, en particular en proteína, con respecto a las gramíneas. Godoy *et al.* (2012), en *Arachis pinto* encontró valores de proteína superiores a 24% a la edad de 30 días. Este valor es alto, si consideramos que Purata *et al.*, (2009) en la gramínea humidícola casi a la misma edad (35 días) registró valores de 11% en promedio en proteína. También en *Arachis*, pero en pleno estado de maduración Duchi (2003) reportó un contenido de proteína de poco más de 13%. Éste valor, sigue siendo superior al reportado en Humidicola en edad joven por Purata *et al.* (2009). En otras leguminosas, también a los 30 días de rebrote, Phengsavanh y Frankow-Lindberg (2013), reportaron valores de proteína de 21% en *Canavalia* y en *Stylosanthes* CIAT 184.

Rosales (1998) y Olivares *et al.* (2005) señalan que las leguminosas presentan factores antinutricionales que pueden causar trastornos en los animales que las consumen. Uno de los compuestos más comunes son los taninos, pero, sus consecuencias en la alimentación animal no son bastante claras, tienen como

característica la de formar complejos químicos no sólo con proteínas sino también con polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas.

2.3.3. Productividad Animal

Actualmente se tiene el reto importante de nutrir a más de 20 billones de habitantes (contra 7 billones de hoy) que se tendrán en el año 2050. Pero este reto deberá basarse en un sistema sustentable, es decir, que sea rentable y que no contamine el medio ambiente (Schmeer *et al.*, 2014). En el ámbito pecuario, las leguminosas forrajeras cumplen con este requisito, ya que son de mayor valor nutritivo que las gramíneas, induciendo a una mayor producción de carne y leche, en comparación con las gramíneas en monocultivo (como se verá más adelante), y fijan nitrógeno, por lo que se requiere menos fertilización nitrogenada, y en consecuencia, menos gasto y contaminación del suelo. En cuanto a contaminación, las leguminosas también contribuyen a que el ganado emita menos gas metano, gracias a la presencia de los taninos condensado en estas plantas (Tavendale *et al.*, 2005; Animut *et al.*, 2008).

2.3.3.1 Producción de Carne

Existe suficiente información en la literatura que demuestra que el ganado pastoreando asociaciones de gramíneas con leguminosas, obtiene mayor ganancia de peso diario que si solo pastorea una pradera de gramínea en monocultivo. Años atrás, Garza *et al.*, (1972) demostró que la ganancia diaria de peso (GDP) obtenida en vaquillas pastoreando Pangola (*Digitaria decumbens*) asociado con Clitoria durante 112 días fue superior en 70 y 52 % a la obtenida en praderas de pangola solo y asociado con Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), con ganancias de 402 vs 237 y 279 g, respectivamente. También en una asociación Pangola con Clitoria, otros autores (Córdoba *et al.*, 1987 y 1993) observaron GDP por animal de más de 700 g en sistemas de pastoreo con diferentes días de ocupación y descanso. Resultados similares se han obtenido en la asociación de Bermuda con Clitoria, con GDP también superiores a los 700 g en becerras (Hernández *et al.*, 1991). En condiciones ambientales más secas, en el estado de Yucatán, se reportaron ganancias de peso de hasta 560 g diarios por animal en una asociación Estrella con Leucaena (Armendáriz-Yañez, 1998),

cuando la GDP en pastoreando solo Estrella fue alrededor de 400 g diarios por animal. Sin embargo, en un estudio realizado para medir la calidad de la carne (Jaturasitha *et al.*, 2009), no se observó diferencias en suavidad de la carne de ganado que consumió pasto Guinea (*Panicum máximum*) con el que consumió Guinea asociado con Stylo (*Stylosanthes guianensis*), pero si hubo una diferencia del contenido de la grasa intramuscular (marmoleo), siendo mayor en la asociación (4.3%) que en el monocultivo (3.4%).

2.3.3.2 Producción de leche

Los sistemas de producción de leche en pastoreo de asociaciones de gramíneas y leguminosas, ofrecen un alto potencial en los trópicos, incrementando el rendimiento lechero de los animales (Lascano, 2000; García, 2003; Milera, 2013). Por ejemplo, en vacas mestizas de Holstein x Cebú, se alcanzaron producciones superiores a 9.0 kg de leche/vaca/día y más de 2000 kg/ha/año al pastorear asociaciones gramínea-leguminosa (Sánchez, 2008). Bustamante *et al.* (2002), observaron que al incrementar el nivel de heno de Clitoria en la dieta de bovinos, hubo mayor consumo de materia seca, y al utilizar el 100% de esta leguminosa en la dieta, la producción de leche fue similar a la obtenida con el uso de concentrados, sin detrimento de la condición corporal del animal. En este sentido Villanueva *et al.* (1996), reportan que al incluir 50% de heno de Clitoria en el alimento balanceado de vacas en lactación, redujeron en 30% el costo de producción por concepto de alimentación. En una evaluación en producción de leche con vacas Jersey, alimentadas con forraje de corte *Pennisetum purpureum* y suplementadas con forraje de *Clitoria ternatea*, *Gliricidia 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, respectivamente, mejores que cuando suplementaron con Gliricidia en la que se obtuvieron 4.8 kg día⁻¹ (Juma *et al.*, 2006)

En sistemas silvopastoriles, con la leguminosa arbustiva Leucaena cv Perú, Simón (2010) reportó producciones de leche que variaban de 8 a 10 kg/vaca/día, con más de 2100 kg/ha/año, además de obtenerse una reducción de los costos. Estos efectos se explican por la mayor disponibilidad de aminoácidos intestinales

(metionina y lisina, principalmente), los que se relacionan con una mayor síntesis de glucosa y concentración de lactosa en la leche (Frutos *et al.* 2004). Adicionalmente, el aumento de la producción de leche en pasturas mixtas ha demostrado estar más relacionado con un aumento en la ingesta de forraje que a una mejora del valor nutritivo del forraje (Harris *et al.*, 1998; Ribeiro Filho *et al.*, 2003).

2.4. Principales Leguminosas Explotadas en el Trópico Mexicano.

En México, se tienen 134 géneros y 1724 especies de leguminosas (Dorado *et al.*, 2006). Entre las leguminosas más destacadas para las condiciones tropicales se encuentran: Guaje (*Leucaena leucocephala*), Coccoite (*Gliricidia sepium*), Cacahuatillo (*Arachis pinto*), Stylo (*Stylosanthes guianensis*) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) (Castillo *et al.*, 2005). Estas leguminosas destacan por su mayor persistencia en condiciones ambientales del trópico de México (Enríquez-Quiroz *et al.*, 2005; Enríquez y Quero, 2006). Otras leguminosas con relevancia para el trópico de México incluyen *Cratilia argénte*a (Desv.) Kuntze, *Desmanthus virgatus* (L.) Willd., *Clitoria ternatea* L. (Suárez *et al.*, 2008).

2.5. Presentación de las leguminosas en estudio

2.5.1. Cacahuatillo (*Arachis pinto*)

2.5.1.1. Morfología.

Es una planta herbácea, perenne de crecimiento rastrero y estolonífero con adaptación a las tierras bajas del trópico húmedo, cubriendo totalmente el suelo donde se establece. Alcanza alturas de 15 a 20 cm cuando se encuentra en monocultivo y 40 cm cuando tiene competencia por sombreo con otras plantas. Las hojas son alternas compuestas, con cuatro folíolos ovados, de color verde claro a oscuro. El tallo es ramificado, circular, ligeramente aplanado, con entrenudos cortos y estolones que pueden alcanzar una longitud de 1.5 m. Su raíz es pivotante y crece hasta 30 cm de profundidad. La floración es indeterminada y

continua, con escasa producción de flores en invierno, las inflorescencias son axilares en espigas, con un tubo calcinal (hipanto) de color rojizo, las flores son de color amarillo.



Figura 1. *Arachis pintoii*

2.5.1.2 Origen y Dispersión Geográfica

El género *Arachis*, al cual pertenece también el maní común (*Arachis hypogaea*), tiene su origen en Brasil, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay (Valls y Simpson, 1994); pero el *Arachis pintoii* es una especie identificada apenas en 1954, cuando el Prof. Geraldo Pinto la colectó por primera vez en el Estado de Minas Gerais, Brasil (Valls y Pizarro, 1994). Como parte de las acciones de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), actualmente esta leguminosa se encuentra dispersa en todos los países de América Central, México y el Caribe (Argel, 1994).

2.5.1.3. Condiciones Edáficas

Es una leguminosa que crece mejor a la sombra que a plena exposición de la luz, y se desarrolla de manera exitosa en suelos con pH entre 4.5 y 7.2. Aunque su potencial de crecimiento se expresa en suelos de media a alta fertilidad (Materia Orgánica superiores a 3%). No tolera sales, pero sí tolera la saturación de aluminio y el encharcamiento. Puede sobrevivir en zonas con precipitación anual inferior a 1000 mm, pero crece mejor en regiones con lluvia anual entre 1200 y 3000 mm.

2.5.2. Stylo, *Estylosanthes* (*Stylosanthes guianensis* Aubl.)

2.5.2.1. Morfología

Es una especie perenne, erecta a postrada y muy ramosa de hasta un metro de altura, con hojas trifoliadas, raíces gruesas e inflorescencia en espiga terminal, con aproximadamente 40 flores de coloración amarillenta más o menos anaranjadas o púrpura y con rayas. Presenta semillas color castaño claro o casi de color negro. Vainas con una sola semilla de color amarillo y pardo.



Figura 2. *Stylosanthes guianensis*

2.5.2.2 Origen y Dispersión Geográfica

Especie originaria de América del sur y difundida en la mayor parte de los países de América Central y el Caribe.

2.5.2.3. Condiciones Edáficas

El *S. guianensis* es una especie tropical que se adapta bien a suelos ácidos de baja fertilidad, a estrés hídrico y tolera el pastoreo intenso pero no la salinidad. Algunas especies de este género son susceptibles al sombrío y crecen a una tasa menor que las gramíneas tropicales en condiciones favorables. Se adapta muy bien en las sabanas tropicales, donde predominan los suelos Oxisoles y Ultisoles. En cuanto a fertilización, todas las especies de este género poseen extrema capacidad de extracción de fósforo, de ahí su adaptación a los suelos de Sabana. El *Sytlosanthes* es una leguminosa muy resistente a las bajas temperaturas y a los largos períodos de sequía, aunque se cultiva en zonas con precipitación entre 600 y 2,000 milímetros de lluvia anual. Produce entre 5 y 10 t de MS ha⁻¹.

2.5.3. Tehuana, Clitoria, Campanita morada, Conchita (*Clitoria ternatea*)

2.5.3.1. Morfología

Presenta tallos finos de 0.5 a 3 m de largo, hojas pinnadas de cinco a siete foliolos oblongo-lanceolados de 1.5 a 7.0 cm de largo y de 0.3 a 4.0 cm de ancho, ligeramente pubescentes. Flores simples o pareadas, con pedicelos gemelos ubicados a 180° y con forma de embudo invertido, blancas o azuladas de 2.5 a 5.0 cm de longitud. Las vainas son alargadas y planas, de 6 a 12 cm de largo y de 0.7 a 1.2 cm de ancho, con más de 10 semillas (negras, verde olivo, café o moteadas) de 4.7 a 7.0 mm de largo y 3 mm de ancho (Bogdan, 1997). Sus raíces son fuertes y profundas (Córdoba *et al.*, 1987).

En la variedad mejorada, la flor es de simetría bilateral, hermafrodita y epigínea, la corola es de color azul intenso en los bordes hasta en un 60% de su superficie y amarillo pálido en su parte central. El cáliz es tubular de color verde pálido y dentado con cinco sépalos y con dos pequeñas brácteas en su parte exterior. Los órganos sexuales –anteras y estigma- están cubiertos por dos capas protectoras: una exterior de los mismos colores de la corola –de donde por su apariencia se deriva su nombre científico- y otra interior más pequeña y de color totalmente blanco; ambas capas emergen de la base de la corola. El fruto es una vaina de 8 a 10 cm de longitud, encerrando en su interior de 5 a 8 semillas. La planta de porte semi-erecto, en el caso de la variedad mejorada, posee aún zarcillos para la adherencia y sostén. Llega a medir 60 cm de altura en su máximo crecimiento. Su tallo es de color café además de ser resistente. El sistema radicular es típico o pivotante existiendo una raíz principal de donde se derivan las secundarias y terciarias.



Figura 3. *Clitoria ternatea*

2.5.3.2. Origen y Dispersión Geográfica

Es originaria de América Tropical (Skerman, 1977). Aunque, también se menciona como centro de origen Asia Tropical (Garza *et al.*, 1972; Humphreys, 1980; Córdoba *et al.*, 1987). A México se introdujo proveniente de Australia en 1968, al Campo Experimental del Istmo de Tehuantepec, identificándose como IPINIA 1984, cultivar “Tehuana”. La leguminosa *Clitoria ternatea* está ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Bogdan, 1977; Gohl, 1982), desde los 20° LN hasta los 24° LS (Skerman, 1977), donde se puede encontrar naturalmente o en forma cultivada (Hall, 1985). En México se le encuentra en forma silvestre en Tabasco y sur de Veracruz, principalmente (Flores, 1983). Prospera bien desde el nivel del mar hasta los 1,600 m de altitud (Bogdan, 1977; Flores, 1983) o inclusive hasta los 1,800 msnm. Requiere precipitaciones mínimas de 400 mm, para un mejor desempeño productivo.

2.5.3.3. Condiciones Edáficas

Requiere de suelos moderadamente livianos a pesados, de mediana a alta fertilidad, buen drenaje interno y pH desde alcalino a medianamente ácido, aunque su mejor desarrollo se logra en suelos luvisoles de textura ligera (Houérou, 1991; Sosa *et al.*, 1996), aún en ciertas condiciones de salinidad (Houérou, 1991) en altitudes de 0 a 1,800 msnm, con precipitación anual de 800 a 4,000 mm y en zonas de riego con 400 mm y temperaturas de 19 a 32 °C (Agrosoft; Sosa *et al.*, 1996). No prospera en sitios muy húmedos; tolera ligeramente la sombra y es muy susceptible a heladas (Agrosoft). Es tolerante a la sequía (Flores, 1983). Esta es una de las más productivas y persistentes en el trópico. Sin embargo, presenta un

crecimiento lento y una baja persistencia en suelos de baja fertilidad (Hall, 1985). En México se adapta muy bien en suelos de buena fertilidad, profundos y húmedos (Peralta, 1988).

2.5.4. Kudzú (*Pueraria phaseoloides*)

2.5.4.1. Morfología

Es una leguminosa herbácea perenne, vigorosa, voluble y trepadora. Sus tallos principales tienen alrededor de 0.6 m de diámetro y pueden alcanzar hasta 6 m de largo. Las hojas son largas y trifoliadas y nacen sobre peciolo de 5 a 10 cm de longitud, cubiertas con pubescencias ascendentes. Las flores varían de un color púrpura y blanco a un púrpura intenso y se presentan en pares. La vaina es ligeramente curva, pubescente de 8 a 10 cm de largo con 10 a 20 semillas. Estas son oblongas de canto rodado, color marrón a marrón oscuro de 3 mm de largo. El sistema radicular es profundo y vigoroso.



Figura 4. *Pueraria phaseoloides*

2.5.4.2. Origen y Dispersión Geográfica

Se le considera originaria del sur de China, Taiwán, Bangladesh, India, Nepal, Sri Lanka, Camboya, Laos, Tailandia, Vietnam, Brunei, Indonesia, Filipinas, Malasia, Papua Nueva Guinea y las islas Salomón. Naturalizadas en los trópicos húmedos.

El Kudzú llegó a la costa sureste de los EEUU desde Japón en 1876 para la Philadelphia Centennial Exposition y dos décadas después ya se había perdido el control sobre las plantaciones habiéndose extendido por todo el sureste del país. Está incluida en la lista de las 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En

México tiene más de 50 años de emplearse principalmente en las regiones que presentan un clima tropical húmedo como es Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas principalmente, aunque también ha sido empleado y cultivado en otros estados. En el trópico americano, se ha difundido debido principalmente, a los resultados obtenidos en las estaciones experimentales de Puerto Rico, en donde esta planta ha mostrado ser una buena mejoradora del suelo, así como una excelente forrajera.

2.5.4.3. Condiciones Edáficas

El Kudzú presenta una amplia adaptación a diversos tipos de suelo, pero no se desempeña bien en suelos arcillosos, y en suelos arenosos tiene un comportamiento regular. El cultivar comercial se adapta bien a suelos bien drenados, pero puede sobrevivir a encharcamientos eventuales. Prospera en suelos ácidos de hasta un pH de 4, con una alta saturación de aluminio. Requiere de fósforo y magnesio para un buen desarrollo vegetativo. No tolera suelos salinos. Prefiere zonas con regímenes de precipitación anual superiores a 1500 mm, crece en el trópico sub-húmedo con rangos de lluvia de 1,000 a 1,500 mm/año, y puede sobrevivir a temporadas secas de 4 a 5 meses.

2.6. Efecto Ambiental Sobre la Productividad de las Leguminosas

2.6.1. Sobre la Producción de Materia Seca

La producción de forraje generalmente se presenta de manera estacional y se refiere a la producción de forraje obtenida en cada estación del año, y su importancia se fundamenta en asegurar la cosecha y manejo del mismo. La producción estacional se determina mediante mediciones en la velocidad de crecimiento de la pastura, utilizando el concepto de tasa de crecimiento o producción, y es referida a la cantidad de materia seca en kilogramos, acumulada por unidad de superficie (ha) y tiempo (día); las estaciones cálidas son las más favorables para el crecimiento vegetal, porque en éstas se presentan las lluvias y alta luminosidad, conjugando la mayoría de los factores que determinan el crecimiento de las plantas (Lascano *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2005).

El trópico húmedo de Tabasco se caracteriza por contar con tres épocas del año: Nortes (de mediados de Septiembre a mediados de febrero) caracterizado por bajas temperaturas y exceso de humedad, Seca (mediados de febrero a mediados de junio) caracterizado por altas temperaturas y baja precipitación pluvial, y la época de lluvias (mediados de junio a mediados de septiembre) caracterizada por altas temperaturas y también por la alta precipitación pluvial. Independientemente de que los pastos tropicales, principal fuente de alimento para los rumiantes en pastoreo (Garmendia, 1998; González y Rodríguez, 2003), sean deficientes en proteína y de relativa baja digestibilidad de la materia seca (Enríquez *et al.*, 1999; Garcés y Canudas, 2000); la producción estacional de la materia seca durante el año, es otro factor que limita la productividad animal en pastoreo (Bolaños-Aguilar, *et al.*, 2010), y esta producción estacional está determinada por las condiciones climáticas (precipitación pluvial, temperatura, y duración del día), lo que propicia excedentes de producción de materia seca en la época de lluvias, y déficit productiva en las épocas de secas y nortes (Ruiz, 1994).

Este cambio en la disponibilidad de forraje durante el año, además de los cambios de calidad del mismo, afecta la productividad de los rumiantes en pastoreo, reflejado en las variaciones de su crecimiento, y en la pérdida o mantenimiento del peso vivo, o crecimiento rápido. Existen períodos con buenas ganancias de peso, seguidos por otros en donde una alta proporción de esta ganancia de peso se pierde (Ruiz, 1994). En términos generales se han alcanzado ganancias de 0.8 a 1.2 kg animal⁻¹ d⁻¹, con pastos mejorados, en períodos cortos o épocas de crecimiento del pasto. Sin embargo, cuando las ganancias diarias de peso (GDP) se miden en años completos o períodos de ceba, raramente sobrepasan 0.6 kg animal⁻¹ d⁻¹, existiendo registros promedio de 0.4 a 0.5 kg animal⁻¹ d⁻¹ (García-Trujillo, 1980).

A causa de estas variaciones climáticas durante el año, los pastos también varían en producción y valor nutritivo.

2.6.2. Sobre el Valor Nutritivo

La maduración de la planta tiene una influencia sobre el valor nutritivo de los pastos que ningún otro factor, pero los factores ambientales modifican el impacto de la edad de la planta sobre la calidad del forraje (Buxton, 1996). Año tras año existen variaciones de clima, por lo que plantas cosechadas a la misma edad pero en años distintos pueden presentar calidades diferentes, dado, entre otros factores, a alteraciones de la proporción hoja/tallo (Buxton y Fales, 1994). Lo anterior debido a que los tallos presentan mayor cantidad de paredes celulares, lo que le da la fibrosidad y menor digestibilidad a la planta cuando esta relación disminuye. Además, los tallos proveen menor concentración de proteína que las hojas (Bolaños y Lagunes, 2011). En hojas de *Leucaena leucocephala*, se registraron variaciones significativas en sus concentraciones de proteína, FDN, FDA, cenizas, y MO, entre dos épocas del año contrastantes en disponibilidad de agua en el suelo, resaltando las altas concentraciones de celulosa y hemicelulosa en las hojas de la *Leucaena* en verano y otoño (Foroughbakhch *et al.*, 2007). Ya varios años atrás, Villarreal (1994), al evaluar once leguminosas forrajeras tropicales, observó una mayor concentración en la época de mínima precipitación pluvial que en la de máxima precipitación, observándose una tasa de reducción semanal de proteína del 1.2% en el período lluvioso, y menor a esta tasa en la época seca. Esto se explica por la mayor tasa de dilución de la proteína en la planta, en la época de máxima precipitación pluvial, debido a la rápida acumulación de materia seca en la planta (Juárez *et al.*, 2011).

En un estudio de once accesiones de la leguminosa *Vicia sativa* (leguminosa de zona templada), no se observaron diferencias significativas en el contenido de proteína de esta planta (156 a 258) al evaluarse en un período seco y en otro lluvioso (variación de 156 a 258 g kg⁻¹ MS en período lluvioso, y 153 a 267 g kg⁻¹ MS en sequía); empero la digestibilidad mostró mayor sensibilidad al expresarse ligeramente más alto en el período lluvioso (603 a 670 g kg⁻¹ MS en período lluvioso, en periodo seco de 565 a 648 g kg⁻¹ MS) que en la época seca (Larbi *et al.*, 2010). Este estudio demostró que aun cuando los contenidos de proteína y de

digestibilidad en la planta con frecuencia están estrechamente ligadas, no siempre se manifiestan de la misma manera.

2.7. Efecto de la edad de Rebrote en las Leguminosas

La edad de la planta influye en el rendimiento y valor nutritivo más que ningún otro factor, pudiendo su impacto solo ser modificado por el clima o por prácticas agronómicas.

2.7.1. Sobre el Rendimiento de Materia Seca

La literatura indica que conforme avanza la edad de rebrote de los pastos, el rendimiento de materia seca se incrementa hasta un punto a partir del cual comienza su declinación. Kabi y Bareeba (2007), al estudiar mensualmente el incremento de biomasa en *Morus alba* y *Calliandra calothyrsus* (leguminosas arbustivas), observaron que la primera especie declinó a partir del segundo mes alcanzando un rendimiento de 18.4 t ha⁻¹, y la segunda a partir del cuarto mes con un rendimiento de 45.9 t ha⁻¹. Esto indica que aun cuando se trate de especies de hábitos de crecimiento semejantes, su dinámica de crecimiento puede diferir de manera importante. En especies de crecimiento rastrero, Mahala *et al.*, (2012), al estudiar el efecto de la edad sobre el rendimiento de materia seca en *Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus* y *Clitoria ternatea*, no registraron una declinación del rendimiento dentro del periodo que ellos evaluaron hasta la edad de 75 días, sin registrarse entre las tres especies, diferencias en su rendimiento a esta edad (promedio de 4.8 t ha⁻¹). Lo anterior indica que estas especies requieren de mayor tiempo de crecimiento para iniciar su senescencia.

2.7.2. Sobre el Valor Nutritivo

Desde años atrás se han realizado trabajos del efecto de la edad de la planta sobre su valor nutritivo, observándose en la mayoría de ellos una alta correlación entre la edad del forraje y el contenido de proteína y la digestibilidad, ambas disminuyendo con la edad pero siendo su tasa de decrecimiento dependiente de su localidad geográfica (Rusell *et al.*, 1992). Villarreal (1994), en un estudio sobre 11 leguminosas, registró una tasa de reducción semanal de la proteína, dependiendo de la especie, de 0.44 a 1.21% en un período lluvioso de evaluación;

y para la digestibilidad esta reducción semanal fue de 0.6% hasta 1.64%, lo anterior al pasar de 3 a 12 semanas de edad de las plantas. En *Clitoria ternatea*, Mahala (2012) no observó una declinación significativa de la proteína con la edad, al pasar de 45 a 75 días de rebrote; sin embargo, *C. tetragonoloba* y *L. purpureus*, las otras dos leguminosas evaluadas, si tuvieron una disminución más marcada, no obstante las tres leguminosas tuvieron un incremento marcado del contenido de fibra, pasando de un promedio de 22% a 30%. Lo anterior se puede explicar por el cambio de la proporción hoja-tallo. Con la edad, el contenido de proteína disminuye en hojas y tallos, y porque en tallos hay menos proteína y cubre una mayor proporción de la planta con la edad, es decir disminuye la relación hoja-tallo (Minson, 1990). Las tres leguminosas tuvieron una disminución significativa de cenizas, las cuales están constituidas principalmente por calcio, potasio y magnesio (Onyeonagu y Eze, 2013) principalmente *Clitoria*, pasando de 12.7 a 7% de los 45 a los 75 días de edad. En este mismo estudio se observó un decrecimiento del Calcio, pasando de 1.2 a 0.8% en *Clitoria*, pero siempre siendo superior este contenido al que se observa en las gramíneas.

2. 8. Factores Anti-nutricionales de las Leguminosas

Las leguminosas forrajeras tienen gran importancia en la alimentación animal, debido a su alto contenido de proteínas; sin embargo, las leguminosas presentan también factores compuestos secundarios a veces tóxicos o antinutritivos que las hacen poco aptas o con baja gustosidad para los animales. Los compuestos fenólicos son algunas de las sustancias tóxicas más abundantes en las leguminosas forrajeras. Estos compuestos polifenólicos también están relacionados con el sabor, olor y color con efectos antimicrobianos; pueden modificar la fermentación ruminal aumentando o inhibiendo la eficiencia de utilización del alimento, y reducir la emisión de gas metano (Evans y Martin, 2000; García-González *et al.*, 2006). Dentro de este grupo, los taninos condensados son los más perjudiciales, desde el punto de vista nutricional, porque reducen el crecimiento y la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos (Martínez *et al.* 2000). Además, provocan alteraciones en la absorción de azúcares y en la

inhibición de enzimas digestivas, debido a que forman fácilmente complejos fuertes y selectivos con las proteínas y otras macromoléculas, como los carbohidratos y almidones de la pared celular (Blytt *et al.* 1988, Stewart *et al.* 2000 y Villalba *et al.* 2002).

2.8.1. Los taninos

Los taninos son compuestos fenólicos de alto peso molecular (500-3000 Daltons) que forman complejos con las proteínas y otras macromoléculas, y en altas concentraciones las hacen menos disponibles para el animal (Mole *et al.*, 1993). Su efecto depende de la cantidad ingerida por los animales, de la fuente y del tipo (Patra *et al.*, 2006).

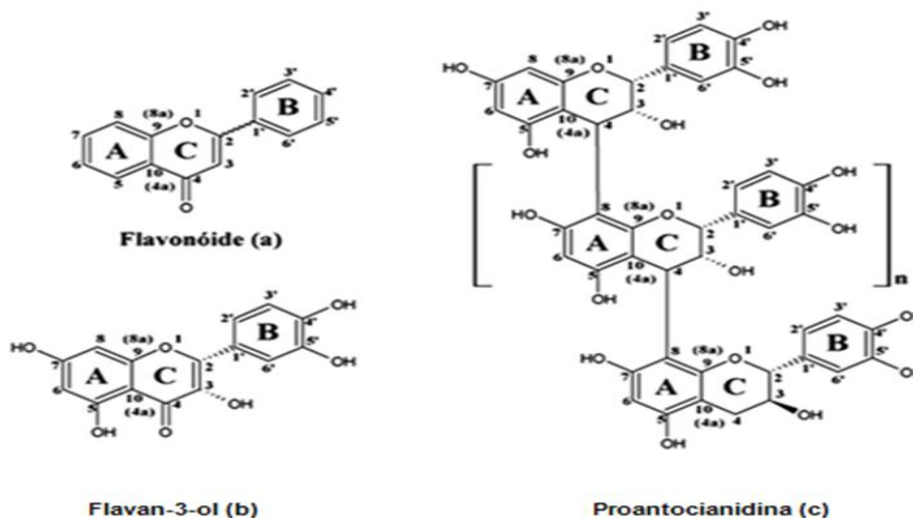


Figura N° 5 Proceso de formación de taninos condensados (TC) o proantocianidinas

2.8.1.1. Clasificación

Dentro de los tipos de taninos se tienen: taninos condensados (TC) o proantocianidinas, taninos hidrolizables (TH), y florotaninos. Esta revisión se abocará principalmente al tema de taninos condensados por ser los más comunes en leguminosas.

Los taninos condensados o proantocianidinas, son más comunes y se encuentran difundidos en concentraciones elevadas en leguminosas principalmente, en árboles y arbustos, pero también se encuentran en otras especies, como el sorgo y el maíz, empleadas con frecuencia en la alimentación de bovinos (Provenza *et al.*, 2000; Min *et al.*, 2003; Otero e Hidalgo, 2004). Pueden reducir la palatabilidad y la absorción de proteínas (Provenza *et al.*, 2000), incrementando el nitrógeno contenido en las heces y reducen la excreción del nitrógeno urinario (Waghorn y McNabb, 2003). Son estables al calor y pueden mejorar la resistencia al estrés por calor (Liu *et al.*, 2011).

En Tabasco, las praderas son abundantes, compuestas esencialmente de gramíneas de bajo contenido proteico, y asociación con leguminosas podría incrementar su calidad.

2.8.2. Concentración de Taninos Condensados en las Plantas

Diversos factores influyen en la cantidad y clase de taninos que una planta puede sintetizar; la genética, las condiciones climáticas como la temperatura, la fertilidad del suelo, el estado de desarrollo, el cultivo, el corte pero principalmente dichas concentraciones varían tanto con la especie, así como con la edad de la planta ya que se ha encontrado que el contenido de taninos se incrementa consistentemente con la etapa de maduración de las plantas (Khazaal y Orskov, 1994b; Makkar y Singh, 1991). De acuerdo con los resultados de diversos estudios, se ha demostrado la notable variabilidad del contenido de taninos en las plantas, siendo mayor en forrajes leguminosos templados que en forrajes tropicales (Norton, 1999).

El contenido de taninos en todas las *fabaceas* es asociado con el color de la capa de la semilla, encontrándose rangos de 0.75 a 2 % (Van der Poel *et al.*, 1992). Además de variar también con la estación del año ya que en estaciones en las que el clima es adverso, el contenido de taninos tiende a aumentar en las plantas (Bums y Cope, 1974; Solano, 1994).

2.8.2.1. Efecto de los Taninos Condensados en la Producción Animal

En general, existen evidencias de que los TC mejoran la ganancia de peso, la producción de lana y la eficiencia reproductiva en ovinos alimentados con forrajes de regiones templadas y reducen el impacto del parasitismo gastrointestinal (Nguyen *et al.*, 2005; Alonso *et al.*, 2008). Estos impactos han orientado las investigaciones a definir la estructura química de los TC, identificar las rutas sintéticas y, especialmente, entender la regulación de la expresión de los TC en los follajes (Warghorn, 2007). Sin embargo, la respuesta de los animales a la ingestión de TC depende del contenido de éstos en las plantas, pues plantas con concentraciones de TC entre el 5% y 10% de la MS reducen el consumo y la digestibilidad del forraje, mientras que concentraciones comprendidas entre 2% y 4% de la MS favorecen la absorción intestinal de las proteínas debido a la disminución de la proteólisis por parte de la microflora ruminal (Otero e Hidalgo, 2004).

El efecto de los TC sobre la producción y calidad de lana está muy bien documentado y demostrado. Los estudios son concluyentes en el sentido de que la acción de los TC en la producción de lana depende del contenido y el tipo de TC. Se ha observado que la producción de lana se incrementa en un 10% en animales a los que se les ha suministrado entre 22 y 38 g/kg MS de *L. corniculatus*; mientras que al suministrar más de 50 g/kg MS de *L. pedunculatus* la respuesta ha sido negativa. Sin embargo, cuando los contenidos fueron inferiores a 22 g/kg MS, la respuesta fue variable, lo cual sugiere que los efectos positivos de *L. corniculatus* para la producción de lana están en el rango 22-38g/kg MS (Min *et al.*, 2003). Min *et al.* (2003) reportan que en un estudio usando vacas de leche alimentadas con *L. corniculatus*, el incremento en la producción de leche fue de 60% superior a la producción de leche en vacas alimentadas con rye-grass perenne, obteniéndose también incrementos del 10% en el contenido de proteína de la leche. De la misma manera (Min *et al.*, 2003) reportaron incrementos en la producción de leche, de lactosa y proteínas en 21%, 12% y 14% en la mitad y final de la lactación de vacas alimentadas con *L. corniculatus*, aunque no se observaron incrementos en la fase temprana de la lactancia.

2.8.2.1.1. Efectos Nutricionales

Los compuestos anti-nutricionales pueden actuar de diferentes formas al ser consumidos por el animal, debido a la constitución del forraje y al medio ruminal, así, como por la cantidad consumida (Odenyo *et al.*, 2003). Algunos tienen efectos anti-timpánicos, como los taninos. En ocasiones, las leguminosas contienen altos porcentajes de proteína, que son envueltos por taninos, evitando así su absorción total en rumen (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008). En algunas especies tropicales, donde se han reportado taninos condensados en hojas jóvenes, con rangos entre 4 a 43% y 4 a 27% para hojas maduras, se ha observado que los taninos en hojas jóvenes protegen a las proteínas que llegan al rumen, ya que correlacionaron la alta digestibilidad con la edad de la hoja y el contenido de este compuesto (Ramírez, 2003). En *G. sepium* y *Calliandra calothyrsus* Meinsn, se han registrado concentraciones de taninos de 18 y 18.5 g kg⁻¹ de MS (Smith *et al.*, 2005), a medida que aumenta el nivel de taninos en la dieta animal, mejora la eficiencia de utilización de Nitrógeno absorbido y se incrementa la excreción fecal de nitrógeno. De igual manera, se ha utilizado a los taninos como antiparasitarios en ovejas, después de consumir durante 36 días de 0.5 a 4.9 g kg⁻¹ día⁻¹ de taninos condensados (TC), el contenido de larvas disminuyó hasta 70%, respecto a un testigo que no consumió TC (Athanasiadou *et al.*, 2001). Otros beneficios de los TC, es el aumento en la producción de leche, tasa de ovulación, crecimiento de lana y porcentaje de partos (Rojas *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Concentración de polifenoles en algunas especies leguminosas (Olivares *et al.*, 2005)

Leguminosas	Fenoles totales g kg MS ⁻¹	Taninos Condensados g kg MS ⁻¹
<i>Gliricidia sepium</i>	75	1.8
<i>Calliandra calothyrsus</i>	430	18.5
<i>Leucaena leucocephala</i>	3.01	128.46
<i>Acacia pennatula</i>	28.72	39.7
<i>Acacia milleriana</i>	35.03	73.72
<i>Sesbania goetsia</i>	-----	4.8a 8%

2.8.2.1.2. Efectos Anti-nutricionales

Los aspectos que suelen verse afectados por compuestos anti-nutricionales en ganado incluyen: mal desarrollo de órganos, baja fecundidad, respiración, la digestión, músculos y movilidad, así como el sistema nervioso, incluyendo transducción de señales y percepción (Wink, 2003).

Los compuestos anti-nutricionales causan baja digestibilidad, timpanismo, abortos, bajos niveles reproductivos y muerte, al consumir leguminosas que contienen flavonoides, ácido fítico, isoflavonas, oxalatos y taninos (Serratos *et al.*, 2008), este último grupo, es el más estudiado por encontrarse en la mayoría de las plantas y en todas las partes de ésta; aunque se ha reportado que se acumula en semilla y hojas jóvenes (Baloyi *et al.*, 2001). La unión de taninos con proteínas se da por enlaces hidrofóbicos y puentes de hidrógeno, esto es influenciado por estructura y peso molecular de taninos y proteínas (Rojas *et al.*, 2006). La astringencia, es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y glicoproteínas salivales, el cual, aumenta la salivación y reduce la aceptabilidad del forraje, provocando menor ganancia de peso (Reed, 1995).

Otros efectos que causan los taninos, es disminución en absorción de los alimentos, al afectar a la microflora del rumen (Launchbaugh *et al.*, 2001).

La cantidad consumida de taninos determina el efecto del compuesto (García *et al.*, 1996); entre los efectos se incluyen falta de apetito y trastornos digestivos propiciados por taninos, glúcidos cianogénicos, saponinas, aminoácidos no proteínicos, fitohemoglutinas (lectinas), alcaloides y ácido oxálico (Campbell y Hewitt, 2005; Ramírez, 2003). En cabras, los taninos condensados han provocado diarrea e infección, abortos y muerte de crías a 24 horas del parto (Church y Pond, 1990).

En las leguminosas, una mayor concentración de taninos provoca una alta producción de gas, reducción en la motilidad del rumen, modifica la tasa de pasaje y la digestibilidad del alimento (Kabasa *et al.*, 2004). Los taninos tienen actividad inhibitoria del crecimiento y desarrollo de *Butyrivibrio fibrisolvens* A38 y

Streptococcus bovis 45s1, bacterias necesarias para la digestión (Stürm *et al.*, 2007; Jones *et al.*, 1994).

Al determinar los fitoquímicos en *Albizia lebbbeck* se encontró que en comparación con otros compuestos, la presencia de taninos fue abundante (González *et al.*, 2005).

2.8.2.1.3. Efectos sobre el valor nutritivo de los forrajes

En general los forrajes con una elevada concentración de taninos condensados se asocian con la baja palatabilidad, bajo consumo y un escaso desempeño productivo de los animales afectados. Si bien el bajo consumo puede ser consecuencia de una disminución de la palatabilidad, también podría ser debido a un desmejoramiento de la función ruminal, o a una disminución del apetito originada por una baja concentración de nitrógeno (Cadahia, 1995).

Los taninos también inhiben la proteína en el rumen disminuyendo los contenidos de amonio, lo que indica una inhibición de enzimas proteolíticas. Hay indicaciones de que los taninos forman enlaces con carbohidratos (celulosa, hemicelulosa, almidón y pectina), pero éstos no son dependientes del pH. En algunos estudios se demostró que la formación de ácidos grasos volátiles y de gas en condiciones ruminales fue menor con alto contenido en taninos, por lo que la degradación de la materia seca fue menor.

2. 9. Conclusión de la Revisión de Literatura

La revisión de literatura refleja que existe información limitada, en comparación con la información disponible de estudios en gramíneas forrajeras, sobre los efectos ambientales y de edad de la planta sobre las características productivas y nutricionales de las leguminosas forrajeras tropicales. En la revisión realizada se observó que algunos trabajos dan respuestas contrarias, sobre todo en calidad de la planta, a los reportados en otros estudios, sobre todo por efecto ambiental. Esto indica la necesidad de seguir evaluando y sobre todo en condiciones en las cuales se pretendan explotar los resultados obtenidos. En este caso, se requieren mayores estudios dentro de las condiciones ambientales del trópico húmedo, dado

que la mayoría de los trabajos encontrados en la literatura, son realizados en los trópicos sub-húmedos o secos. Por otra parte, también es notoria la limitada información de trabajos realizados para medir o determinar las variaciones dentro de la planta de compuestos fenólicos, cuando estos compuestos son importantes por inducir variaciones en su aceptabilidad por el ganado, además de que pueden ayudar a asimilar mejor la proteína consumida, y en consecuencia a incrementar la producción animal, llámese carne o leche.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. 1. Condiciones Ambientales y Especies forrajeras

El presente estudio, se realizó bajo condiciones de campo durante las épocas Seca (marzo, abril y mayo) y de Lluvias (junio, julio y agosto) de 2013 en el jardín de recursos genéticos forrajeros del Campo Experimental Huimanguillo (17°50' N, 93°23' O), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Tabasco. El suelo fue de textura franca con 41.1% de arena, 24.5% de arcilla y 34.4% de limo, pH 7.0 y 21.5 me 100 g⁻¹ de C.I.C. No se aplicó fertilización, ni se dispuso de irrigación en el período seco del año.

La temperatura y precipitación pluvial para las dos épocas evaluadas del año, se presentan en la figura 6. Durante los meses de marzo, abril y mayo que conforman la época seca se registraron la mayor temperatura y la menor precipitación promedio con respecto a la época de lluvias. Durante la época seca, el mes de marzo fue el que registró la menor temperatura, 3.7 °C menos con respecto al promedio de los meses de abril y mayo. Estos dos últimos meses tuvieron 1 °C más que la temperatura promedio registrada en la época de Lluvias. Fue marcada la diferencia en precipitación pluvial entre las dos épocas, registrándose un promedio de 190 mm más de lluvia por mes en la época lluviosa con respecto al promedio mensual de la época seca. En la época seca, el mes de mayo tuvo 98 mm más de lluvia que el promedio registrado en cada uno de los meses de marzo a abril.

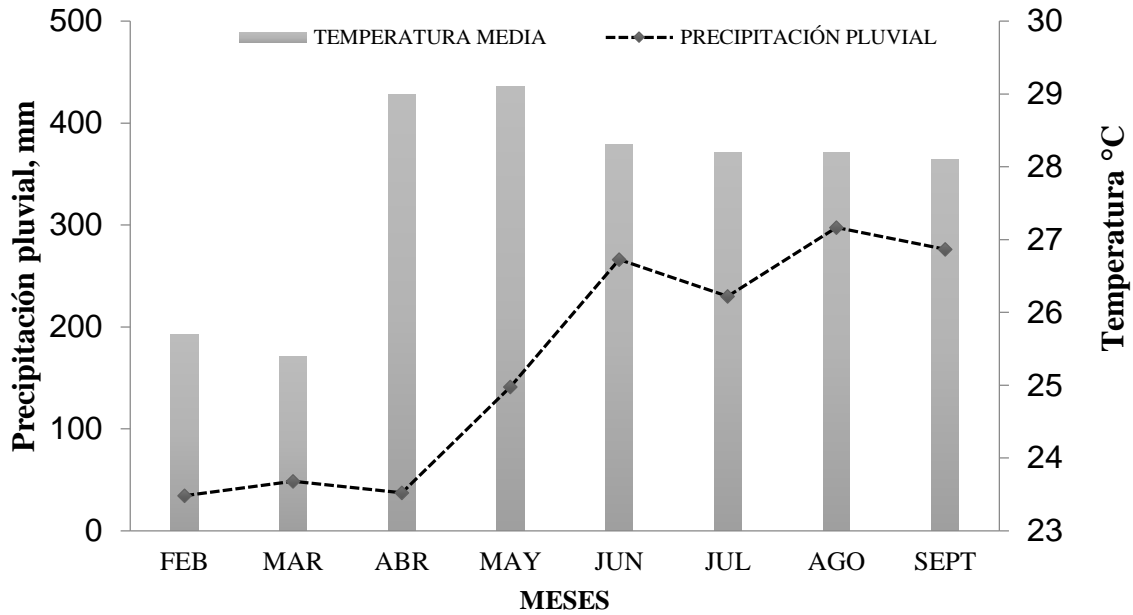


Figura 6. Datos promedio de precipitación pluvial y temperatura durante el período de evaluación en 2013. Huimanguillo, Tabasco.

El material biológico lo constituyeron cuatro especies de leguminosas forrajeras herbáceas: Cacahuatillo (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory), Stylo (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.), Clitoria, Conchita o Tehuana (*Clitoria ternatea* L.) y Kudzú (*Pueraria phaseoloides* Roxburgh Bentham). Estas especies se sembraron el 8 de agosto de 2012 en parcelas de 2 x 4 m, a una densidad de siembra de 5 kg de semilla ha⁻¹ distribuidos en 5 líneas trazadas a lo largo de cada parcela y separadas a 50 cm, excepto Cacahuatillo por no contar con semillas. Este último se sembró por material vegetativo (tallos con raíces) a una distancia de 25 cm entre tallo y tallo. Las parcelas se distribuyeron en campo al azar con tres repeticiones por especie.

3. 2. Edades de Rebrote

Cada parcela fue dividida en cuatro subparcelas de 2 x 1 m, y a cada subparcela se le asignó, en forma aleatoria, una de las cuatro edades de rebrote: 21, 42, 63 y

84 días. Los días de las edades de rebrote se contaron a partir del corte de uniformidad. El corte de uniformidad se realizó a todas las parcelas el 26 de febrero para la época Seca, y el 20 de mayo para la época de Lluvias, de 2013. De esta manera las cosechas se realizaron los días 18 de marzo, 08 y 29 de abril y 20 de mayo, para la época Seca, y 10 de junio, 01 y 22 de julio y 12 de agosto para la época de lluvias.

3. 3. Variables de Respuesta

3.3.1. Contenido de Materia Seca (CMS), Rendimiento de Materia Seca(RMS) y Proporción de hoja en la biomasa aérea total.

En cada subparcela (edad de rebrote), se cosechó toda la biomasa aérea o materia verde (MV) con cortes a 10 cm del nivel del suelo para Stylo, y a 5 cm para las leguminosas restantes. El material colectado se pesaba en báscula electrónica portátil con capacidad de 10 kg +/- 1 g. Para determinar el contenido (CMS, g kg⁻¹ MS) y el rendimiento de materia seca (RMS, t ha⁻¹), se separaron submuestras de 300 g de MV, las que se secaron en estufa de aire forzado a 63°C por 72 h. El RMS por especie dentro de cada edad de rebrote se calculó en base al contenido de MS obtenida de los 300 g de MV, y al rendimiento de MV total cosechada de cada subparcela. Para la proporción de hojas en la biomasa aérea total (g kg⁻¹ MS), se tomó una submuestra adicional de 100 g de MV, en la que se separaron hojas de tallos, y ambos se secaron por separado en estufas de aire forzado a 63°C por 72 h. Así, la proporción de hojas en la biomasa aérea total, fue determinada en base seca y de acuerdo a Duru *et al.*, 1994. Calculada como: Hojas, g/ (Hojas, g + Tallos, g).

3.3.2. Valor Nutritivo

Los contenidos de proteína (g kg⁻¹ MS), de fibra detergente neutra (FDN, g kg⁻¹MS) y fibra detergente ácido (FDA, g kg⁻¹MS) y cenizas (g kg⁻¹ MS) se cuantificaron en las muestras secas de 300 g de MV, que fueron previamente molidas a un tamaño de partícula de 2 mm. El contenido de proteína se determinó por el método Kjeldhal, multiplicando % Nitrógeno x 6.25 (AOAC, 2000). La FDN por la metodología de Van Soest (1994). La degradabilidad *in situ* de la MS (g kg⁻¹

MS) fue determinada a 36 h de incubación de acuerdo a la técnica de las bolsas de nylon (Orskov, 1992), con las recomendaciones de Villalobos *et al.*, (2000) y Ayala *et al.*, (2003), con toros de cruza *Bos Taurus* x *Bos indicus* con fístula ruminal. La fórmula para el cálculo de Degradabilidad *in situ*, fue:

$$\text{Degradabilidad } in\ situ = (\text{g MS inicial} - \text{g MS residual}) / \text{g MS inicial} * 100.$$

El contenido de cenizas se realizó por AOAC (2000).

3.3.3. Compuestos Fenólicos

3.3.3.1. Determinación de polifenoles totales (PFT)

Para la extracción se pesaron, por duplicado, 100 mg de cada muestra desengrasada y se colocaron en un tubo Eppendorf de 1.5 mL; se extrajeron por agitación (1 min en vortex) con 1 ml de metanol al 80%. Seguidamente la muestra se colocó en baño María por 15 min a 50 °C. La mezcla fue centrifugada a 10 000 rpm o 10956 xg durante 15 min, recuperando el sobrenadante en otro micro tubo. El residuo fue nuevamente lavado con 500 µl de metanol al 100% y nuevamente agitado y centrifugado. El extracto total recuperado se ajustó a un volumen de 1.5 ml, se almacenó protegiéndose de la luz a -20 °C hasta su uso.

Para la cuantificación, a 200 µl del extracto obtenido se le agregaron 1500 µl de agua destilada. La reacción se llevó a cabo, agregando a las soluciones estándar y muestras 100 µl de reactivo fenol-Folin-Ciocalteau y 200 µL de carbonato de sodio anhidro al 15%. Las muestras y estándares se mezclaron en vortex y se dejaron reposar por 30 min en oscuridad. La absorbancia fue medida a 765 nm en un espectrómetro (Thermoelectron, Genesys 10 UV). El ácido gálico fue utilizado como estándar. La reacción se realizó por duplicado.

Se preparó una solución stock de 0.1 mg de ácido gálico mL⁻¹ para crear la curva de calibración (Cuadro 2) y determinar CFT como equivalentes de ácido gálico (mg g⁻¹) con el reactivo de fenol-Folin-Ciocalteau ($Y=1.068x$, $r^2 = 0.998$) (Makkar *et al.*, 1993).

Cuadro 2. Curva de calibrado para polifenoles totales con ácido gálico.

No.	Ácido gálico (mg/mL)	Ácido gálico (μ L)	Agua destilada (μ L)
Blanco	0	0	200
1	0.02	40	160
2	0.04	80	120
3	0.06	120	80
4	0.08	160	40
5	1	200	0

3.3.3.2. Determinación de fenoles no taninos

Para la preparación del extracto con PVPP (Polyvinylpolypyrrolidona): En un tubo de Eppendorf protegido de la luz se colocaron, por duplicado, 50 mg de PVPP , 500 μ L de extracto obtenido como se describe en la determinación de fenoles totales y 500 μ L de agua destilada. La mezcla se agitó en vortex y se incubó durante 15 min en oscuridad a 4 °C. Transcurrido ese tiempo, la mezcla se agitó nuevamente y se centrifugó a 10 000 rpm o 10956 xg a 25 °C por 10 min. El sobrenadante se decantó y se tomó una alícuota de 37.5 μ L, se colocó en un tubo Eppendorf y se le adicionó 250 μ L de agua destilada.

Para la cuantificación, se colocaron por duplicado en un tubo de ensaye 50 μ L del extracto de PVPP aforando a 500 μ L con agua destilada, enseguida se añadieron 250 μ L del reactivo de Folin-Ciocalteu, se mezcló y se dejó reposar durante 8 min. Luego se agregaron 1.25 mL de carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3) al 5%, se mezcló y se incubó durante 30 min en oscuridad. Se midió la absorbancia a 725 nm en un espectrómetro (Thermoelectron, Genesys 10V). Los estándares fueron preparados a partir de una solución stock de ácido gálico de 0.5 mg ml^{-1} (Cuadro 2).

3.3.3.3. Determinación de taninos condensados (proantocianidinas)

Se utilizó la técnica de Butanol en medio ácido (Porter *et al.*, 1986). Por duplicado, en un tubo de ensayo se mezclaron 250 μ L del extracto metanólico obtenido como se describió en la determinación de fenoles totales, 1500 μ L de butanol: HCl (95:5,

v/v) y 50 µL de reactivo férrico (Sulfato de amonio férrico al 2% en HCL 2N) luego, se cubrió el tubo con una canica, se evaporó en baño María durante 1 h y se dejó enfriar a temperatura ambiente. El blanco se preparó de igual forma y sin calentar (Shangkhom *et al.*, 2011). Se midió la absorbancia a 550 nm por espectrometría (Espectrómetro Thermoelectron, Genesys 10 UV). El contenido de taninos condensados como leucocianidina equivalente fue calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TC \text{ (g kg}^{-1}\text{MS)} = (A_{550 \text{ nm}} \times 78.26 \times \text{Factor de dilución}) / \text{RMSP (g kg}^{-1}\text{MS)}$$

En esta fórmula 78.26 es un Factor de corrección establecido. Se asume que el coeficiente de extinción molar ($E_{1\%,1 \text{ cm}, 550\text{nm}}$) de leucocianidinas es 460.

3.4. Análisis de Datos

El análisis de varianza aplicado a todas las variables de respuesta fue en base al procesador GLM del SAS (2010). El experimento se analizó bajo un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas, siendo la parcela principal la especie y la parcela secundaria la edad de rebrote. Estos factores más sus interacciones fueron incluidos en el modelo. Como resultado de la interacción significativa entre época del año x especie x edad de rebrote para todas las variables evaluadas, el efecto de especie, de edad de rebrote y de la interacción especie x edad de rebrote fue analizado separadamente por época del año. La comparación entre medias fue por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) y las correlaciones entre las variables con el procesador CORR, calculadas a partir de las medias de los datos obtenidos en campo, para cada combinación especie x edad de rebrote.

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{i(k)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, 4; j = 1, 2, \dots, 4; k = 1, 2, \dots, 3.$$

Donde:

μ = media general

α_i = es el efecto del i -ésimo nivel del factor A (especie)

$\delta_{i(k)}$ = es el error de parcela grande.

β_j = es el efecto del j -ésimo nivel del factor B (edad de rebrote)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = es el efecto de interacción AB en la combinación ij

\mathcal{E}_{ijk} = el error experimental de la subparcela.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4. 1. Contenido de Materia Seca (CMS), Rendimiento de Materia Seca (RMS) y Proporción de Hoja en la Biomasa Aérea

Hubo interacción especie x edad de rebrote en ambas épocas del año para la CMS (Cuadro 3). En ambas épocas, el patrón cronológico del CMS en la planta fue similar entre especies hasta la edad de 63 días, excepto en *Stylo* el cual presentó mayor CMS que el resto de las leguminosas durante su crecimiento en la época de lluvias.

Cuadro 3. Medias y cuadrados medios para diferentes fuentes de variación en cuatro leguminosas forrajeras en la época Seca y Lluviosa del año. Huimanguillo, Tabasco.

Carácter	Media	Especie (S)	Edad de Rebrote (E)	S x E
<i>Época Seca</i>				
Contenido de MS (CMS), g Kg ⁻¹ MS	223.7	597.0	12686.4 ***	776.6 *
Rendimiento de MS, t ha ⁻¹	2.35	9.48 **	28.04 ***	1.522 ***
MS de Hojas, g Kg ⁻¹ MS	575.5	141134.7 **	86612.9 ***	1484.0
Proteína, g Kg ⁻¹ MS	156.7	8853.2 **	11633.2 ***	748.6 ***
Degradabilidad, g Kg ⁻¹ MS	686.6	98850.6 ***	71995.1 ***	6534.0 ***
Cenizas, g Kg ⁻¹ MS	53.3	1807.5 *	4268.1 ***	707.8 ***
Fibra Detergente Neutro, g Kg ⁻¹	654.1	56240.3 ***	50564.5 ***	100.5 ***
Fibra Detergente Ácido, g Kg ⁻¹	463.4	89405.1 ***	101630.9 ***	10052.9 ***
<i>Época de Lluvias</i>				
Contenido de MS (CMS), g Kg ⁻¹ MS	192.2	6986.1 ***	5646.9 ***	443.99 **
Rendimiento de MS, t ha ⁻¹	3.68	8.94 ***	61.50 ***	2.41 **
MS de Hojas, g Kg ⁻¹ MS	587.5	78030.8 ***	250800.9 ***	11367.1 **
Proteína, g Kg ⁻¹ MS	153.1	8052.9 **	7001.9 ***	1638.0 ***
Degradabilidad, g Kg ⁻¹ MS	664.8	84345.9 ***	98726.9 ***	6263.2 ***
Cenizas, g Kg ⁻¹ MS	965.7	128.83	246.99 **	143.64 **
Fibra Detergente Neutro, g Kg ⁻¹	634.6	20901.1 **	44491.24 ***	3352.2 **
Fibra Detergente Ácido, g Kg ⁻¹	427.4	28180.4 ***	47435.9 ***	3030.3 ***
G.L.		3	3	9

*, **, *** Significancia a un nivel de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente.

El CMS siempre fue ascendente con la edad, con un rango promedio de variación de los 21 a los 84 días de 184.3 a 263.6 g kg⁻¹ MS en la época seca, y de 168.2 a

220 g kg⁻¹ MS en la época lluviosa del año. Lo anterior evidencia, y como se muestra en la figura 7a y b, un mayor CMS en la época seca que en la de lluvias. En la época seca, a los 84 días de edad, Cacahuatillo tuvo la menor concentración, con 40.9 g de MS menos que el promedio de Stylosanthes, Clitoria y Kudzú. La menor concentración de MS en Cacahuatillo pudo deberse a una mayor presencia de rebrotes en esta especie al final del período de evaluación.

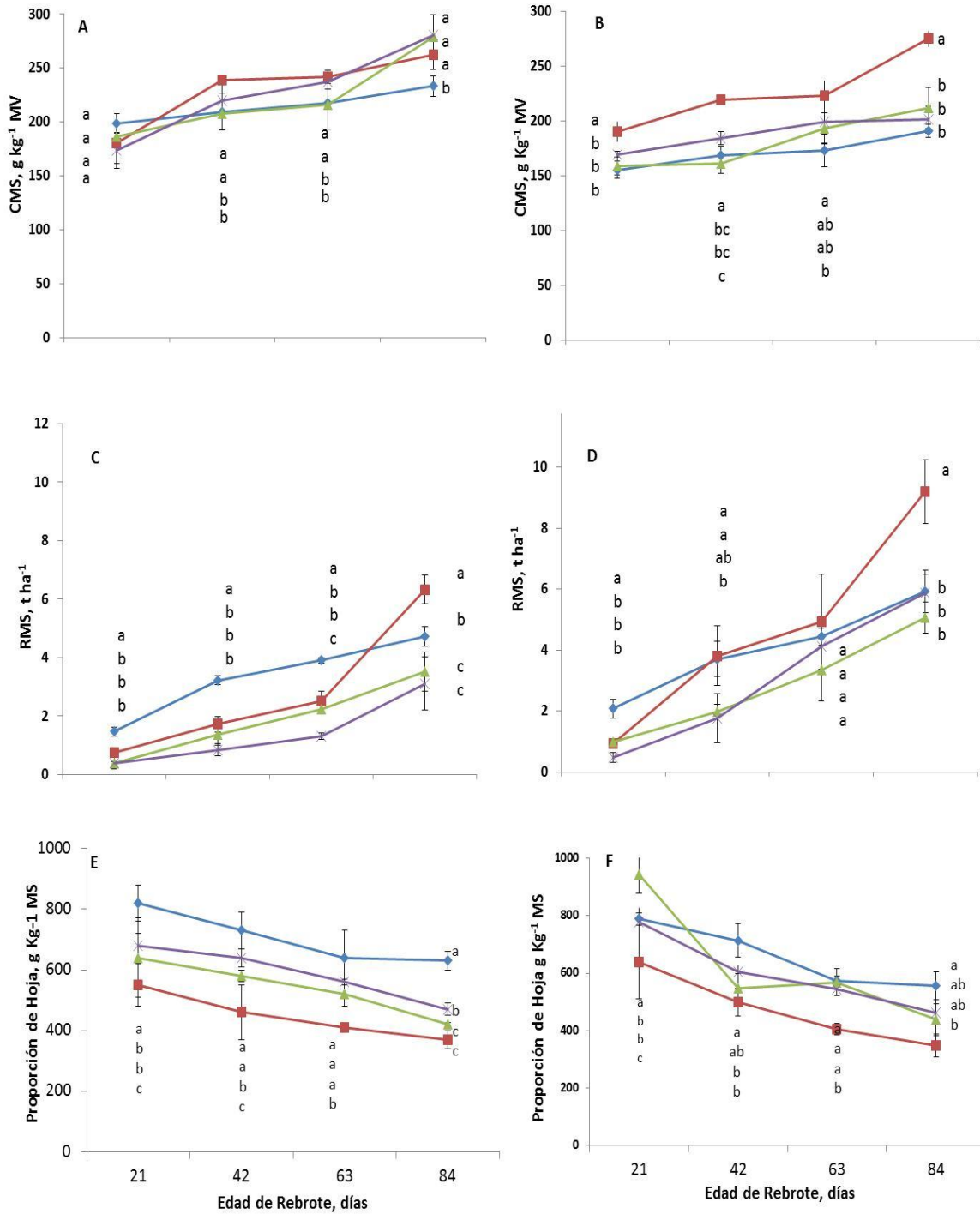


Figura 7. Contenido y Rendimiento de Materia Seca y proporción de hoja en la biomasa aérea de cuatro leguminosas forrajeras (— Cacahuatillo, — Stylo, — Clitoria y — Kudzú) en cuatro edades de rebrote durante la época seca (A, C, E) y lluviosa (B, D, F) del año, en Huimanguillo, Tabasco.

Hubo interacción especie x edad de rebrote en ambas épocas del año para el RMS (Cuadro 3). En la época seca, Stylo fue la especie que mayormente contribuyó en dicha interacción al incrementar su RMS en 3.7 t ha^{-1} , al pasar de los 63 a los 84 días de rebrote (Figura 7c). Este incremento significativo cambió el status productivo de Stylo con respecto al resto de las especies, y coincidió con el aumento importante en precipitación pluvial del mes de mayo (Figura 6). Este resultado muestra el alto potencial de respuesta de Stylo a las condiciones favorables de humedad. Kudzú fue la especie que mantuvo los menores rendimientos durante toda la época seca, pero a los 21 y 84 días registró rendimientos semejantes a Clitoria, con valores promedios de 0.39 y 3.56 t ha^{-1} , respectivamente.

En la época de lluvias la interacción especie x edad de rebrote fue originada por las cuatro especies, las cuales cambiaron su status productivo según la edad de rebrote (Figura 7d), y en Stylo se registró nuevamente un alto RMS a los 84 días de rebrote, lo cual coincidió con el registro del mes más lluvioso (agosto) dentro de ésta época de lluvias. En ésta época, nuevamente Clitoria y Kudzú son las especies con los menores rendimientos a lo largo del crecimiento de la planta, con valores semejantes a Stylo a los 21 días (0.865 t ha^{-1} , promedio de las tres especies), y a Cacahuatillo a los 84 días (5.61 t ha^{-1} en promedio). En ambas épocas del año, el RMS tuvo un incremento progresivo con la edad de rebrote, con una variación promedio, de las cuatro especies, de 0.749 a 4.37 t ha^{-1} al pasar de los 21 a los 84 días en la época seca. En la época de lluvias éste incremento fue de 1.17 a 6.52 t ha^{-1} en el mismo período de crecimiento.

La interacción especie x edad de rebrote estuvo presente solo en la época de lluvias para la proporción de hojas (Cuadro 3). En la época seca, las cuatro especies mantuvieron su status en proporción de hoja en las diferentes edades de rebrote (Figura 7e), siendo Cacahuatillo y Stylo las especies con mayor y menor proporción de hoja en las diferentes edades de rebrote, respectivamente. La interacción presente en la época de lluvias, fue inducida por Clitoria al cambiar su status de especie de mayor proporción de hoja a los 21 días de rebrote, a especie

de menor proporción (junto con Stylo) a los 42 días, para posteriormente remontar nuevamente su proporción de hoja con el avance de la edad de rebrote (Figura 7f). Cacahuatillo y Stylo fueron también las especies de mayor y menor proporción de hojas, respectivamente, en las diferentes edades de rebrote en ésta época (excepto en lluvias a los 21 días). En ambas épocas, se registró un patrón decreciente en la proporción de hoja con el avance de la edad de rebrote, siendo más acentuado en Kudzú tanto en la época seca como de lluvias (Cuadros 4 y 5). Sin embargo, para el resto de las leguminosas, no se observaron diferencias a partir de los 42 días de edad para este carácter entre edades de rebrote, en las dos épocas. En la época seca, la proporción de hoja promedio de las especies disminuyó de 676 a 480.4 g kg⁻¹ al pasar de los 21 a los 84 días de edad de rebrote, y de 786.64 a 450.9 g kg⁻¹ de MS en la época de lluvias en el mismo período de crecimiento.

4.2. Valor Nutritivo

4.2.1. Proteína

En ambas épocas del año hubo interacción especie x edad de rebrote (Cuadro 3), inducida por las cuatro especies en la época seca, al entrecruzarse sus registros de proteína en cada edad de rebrote (Figura 8a y b). En la época de lluvias, la interacción es dada por Cacahuatillo al cambiar su status de especie de mayor concentración de proteína a los 21 días, a la especie de menor concentración junto con Stylo y Kudzú (124.3 g kg⁻¹ de MS promedio de las tres especies) a los 84 días (Figura 8b). En ambas épocas el contenido de proteína, promedio de las cuatro especies, disminuye con la edad de rebrote variando de 186 a 133.8 g kg⁻¹ de MS, al pasar de 21 a 84 días en la época seca, y de 174.64 a 134.44 g kg⁻¹ MS, en la época de lluvias en el mismo período. No obstante, el contenido de proteína muestra su mayor disminución después de los 42 días de edad, en la mayoría de las especies evaluadas.

En ambas épocas de año Cacahuatillo y Clitoria mantienen la mayor concentración de proteína con la edad de rebrote, observándose también que Cacahuatillo y Kudzú no variaron su concentración de proteína a partir de los 42

días de rebrote en la época seca (Cuadro 4). Estas dos últimas especies también mantuvieron estabilidad en la proporción de hoja en la época seca, lo que pudo influir en su concentración de proteína dada la relación estrecha que existió entre el contenido de proteína y proporción de hoja (Cuadro 6). Stylo, por el contrario, fue la especie que registró los menores contenidos de proteína (lo cual coincide con su menor proporción de hoja) en las diferentes edades de rebrote en ambas épocas (excepto a los 21 días en la época seca). En ésta leguminosa, se observan contenidos de proteína en la época de lluvias superiores a las registradas en la época seca a partir de los 42 días de edad.

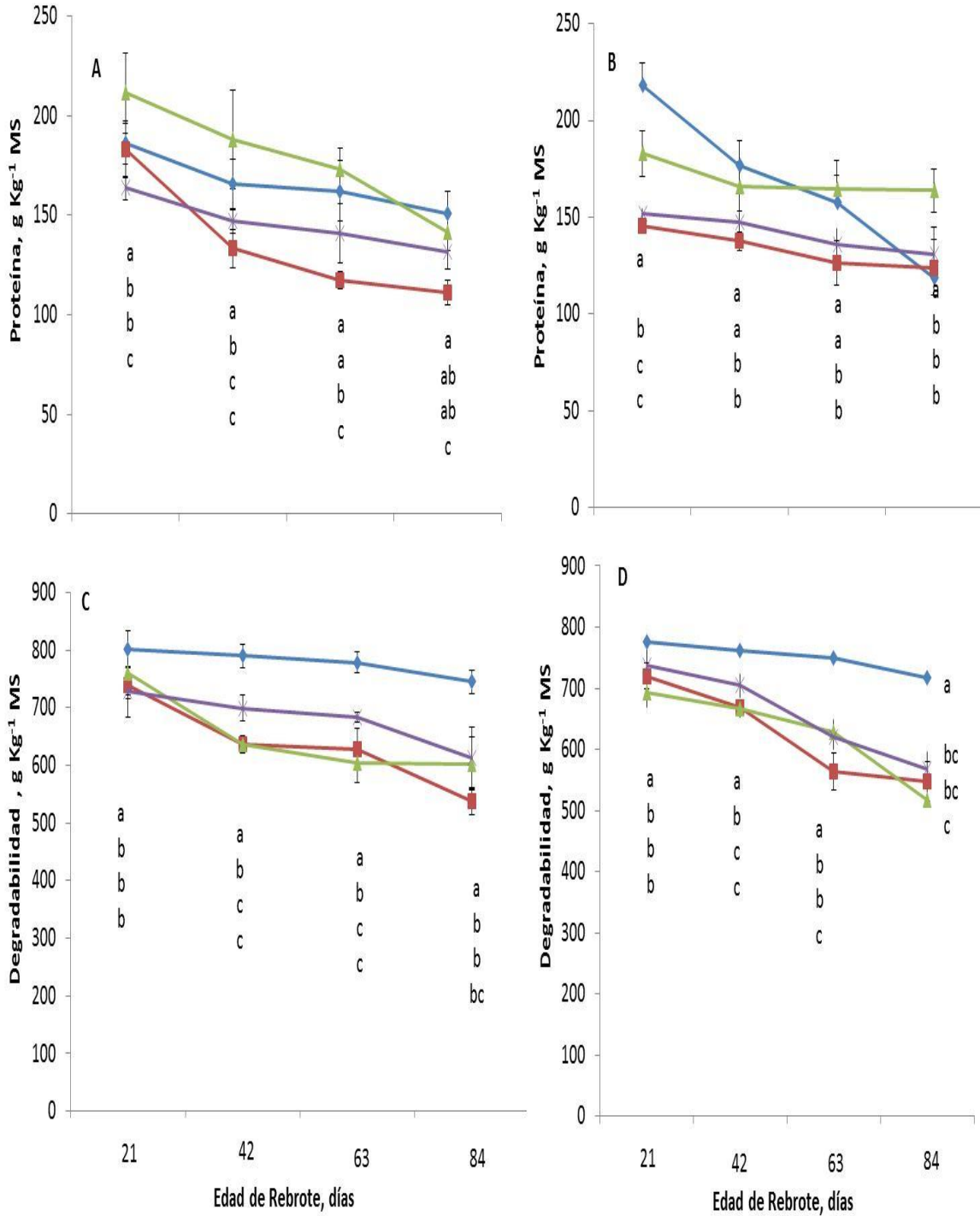


Figura 8. Contenido de proteína y degradabilidad *in situ* de cuatro leguminosas forrajeras (— Cacahuatillo, — Stylo, — Clitoria y — Kudzú) en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C) y de Lluvias (B, D) del año. Huimanguillo, Tabasco.

4.2.2. Degradabilidad *in situ* de la Materia Seca

La interacción especie x edad de rebrote en ambas épocas del año, estuvo originada por el cambio de status, con la edad de rebrote, de las especies Stylo, Clitoria y Kudzú (Figura 8c y d). En ambas épocas, la degradabilidad de la MS mantuvo un patrón decreciente con la edad. En la época seca, disminuyó de 757.48 a 624.99 g kg⁻¹ de MS al pasar de los 21 a los 84 días de rebrote, respectivamente, y en la época de lluvias, de 731.72 a 587.29 g kg⁻¹ de MS, en el mismo período. En ambas épocas, Cacahuatillo registró los valores más altos de degradabilidad en las diferentes edades de rebrote (con valores por arriba de los 700 g kg⁻¹ de MS en las diferentes edades), y mostró mayor estabilidad al disminuir su degradabilidad en solo 57 g kg⁻¹ de MS de los 21 a los 84 días de rebrote en la época seca (Cuadro 4), y en 59 g kg⁻¹ de MS en lluvias en el mismo período (Cuadro 5). Lo anterior, está relacionado con la mayor proporción de hojas que también presentó Cacahuatillo en ambas épocas, dado que éstas presentan menor concentración de fibra, y en consecuencia mayor degradabilidad, razón por la cual, las variaciones en degradabilidad estuvieron altamente relacionadas con las variaciones en proporción de hoja (Cuadro 6). El resto de las leguminosas (Stylo, Clitoria y Kudzú) presentaron valores de degradabilidad por debajo de los 650 g kg⁻¹ de MS a partir de los 42 días de edad de rebrote en ambas épocas del año.

4.2.3. Fibra Detergente Neutro (FDN)

Hubo interacción especie x edad de rebrote para FDN dada por el cambio de estatus en la época seca de Cacahuatillo, Clitoria y Kudzú al avanzar la edad de rebrote, y de las cuatro especies en lluvias (Figura 9c y d). En ambas épocas se registró un ligero incremento de la FDN con la edad de la planta, a excepción de Stylo en la época seca (Cuadro 4). En ésta época, Stylo mantuvo los valores más altos en cada una de las edades de rebrote, con una concentración promedio de 724 g kg⁻¹ de MS. Como promedio de las cuatro especies, la FDN aumentó de 590 a 687.51 g kg⁻¹ de MS de los 21 a los 84 días de rebrote en la época seca, y de 586.87 a 683.38 g kg⁻¹ de MS en la época de lluvias en el mismo período. Cacahuatillo fue la especie que registró los valores más bajos en todas las edades

de rebrote, excepto a los 21 días en la época seca del año. En general, el contenido de FDN estuvo inversamente relacionado con la proporción de hojas, el contenido de proteína y la degradabilidad de la materia seca (Cuadro 6).

Cuadro 4. Efecto de cuatro edades al corte sobre el valor productivo y de calidad de cuatro leguminosas forrajeras en la época Seca del año. Huimanguillo, Tabasco.

Especies	Edad de rebrote	CMS g kg ⁻¹	RMS T ha ⁻¹	Hoja g kg ⁻¹	Proteína g kg ⁻¹	Degrad. g kg ⁻¹	Cenizas g kg ⁻¹	FDN g kg ⁻¹	FDA g kg ⁻¹
Cacahuatillo	21	198.3 a	1.47 d	822.6 a	185.9 a	801.9 a	51.7 ab	593.9 b	356.9 b
	42	209.3 a	3.22 c	736.2 ab	165.7 b	789.8 a	57.6 a	608.0 b	446.3 a
	63	217.7 a	3.90 b	648.8 b	162.1 b	778.3 ab	36.9 b	620.5 ab	467.5 a
	84	233.0 a	4.71 a	639.0 b	150.8 b	744.8 b	39.1 b	672.4 a	469.9 a
Stylosanthes	21	180.1 b	0.75 b	554.2 a	183.1 a	739.6 a	79.8 a	704.7 a	360.9 c
	42	238.4 a	1.72 b	461.7 ab	133.2 b	636.9 b	77.3 a	720.9 a	441.2 b
	63	241.6 a	2.51 b	410.4 ab	117.3 c	628.9 b	44.0 c	730.1 a	449.9 ab
	84	262.3 a	6.30 a	379.9 b	111.2 c	538.5 c	60.2 b	741.3 a	478.5 a
Clitoria	21	186.5 b	0.39 c	641.2 a	211.3 a	760.0 a	79.6 a	473.2 c	248.1 c
	42	207.3 b	1.35bc	586.4 ab	188.1 ab	635.5 b	37.9 c	634.7 b	450.9 b
	63	215.5 b	2.24 b	522.6 ab	173.3 b	604.6 b	45.6bc	668.3 ab	486.8 b
	84	278.8 a	3.85 a	425.2 b	141.5 c	603.0 b	51.8 b	704.8 a	537.2 a
Kudzú	21	173.5 c	0.37 b	686.1 a	163.6 a	728.3 a	75.6 a	588.0 b	515.5 b
	42	219.5 b	0.84 b	648.1 ab	147.0 b	699.2 a	42.4 b	664.1 a	550.0 ab
	63	236.8 b	1.31 b	568.2 b	141.0 b	682.8 a	38.1bc	669.0 a	559.2 ab
	84	280.6 a	3.28 a	477.5 c	131.7 b	613.5 b	34.5 c	671.4 a	594.7 a

Para el mismo carácter y para la misma especie, medias seguidas por diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

CMS= Contenido de MS; RMS= Rendimiento de MS; Degrad= Degradabilidad; FDN= Fibra detergente Neutro, FDA= Fibra detergente ácido.

Cuadro 5. Efecto de cuatro edades al corte sobre el valor productivo y de calidad de cuatro leguminosas forrajeras en la época de Lluvias del año. Huimanguillo, Tabasco

Especies	Edad de rebrote	CMS g kg ⁻¹	RMS T ha ⁻¹	Hoja g kg ⁻¹	Proteína g kg ⁻¹	Degrad. g kg ⁻¹	Cenizas g kg ⁻¹	FDN g kg ⁻¹	FDA g kg ⁻¹
Cacahuatillo	21	155.4 b	2.09 c	788.23 a	218.42 a	775.97 a	38.16 a	548.18 c	363.55 c
	42	168.8 ab	3.71 b	713.33 a	176.98 b	761.0 ab	30.62 ab	591.91bc	387.0 bc
	63	172.9 ab	4.45 b	574.40 b	157.79 b	749.79 b	28.41 b	618.04ab	420.6 ab
	84	190.9 a	5.92 a	555.83 b	119.04 c	716.93 c	27.77 b	644.61 a	457.18 a
Stylosanthes	21	190.3 c	0.94 c	638.90 a	145.40 a	720.19 a	41.11 a	570.72 b	449.94 c
	42	219.5 b	3.82 b	498.4 ab	137.81ab	669.04 b	30.53 b	590.44 b	473.3 bc
	63	222.9 b	4.93 b	405.17 b	126.36 b	563.21 c	30.49 b	673.30 a	481.1 ab
	84	275.0 a	9.21 a	347.57 b	124.02 b	547.77 c	31.43 b	714.15 a	505.39 a
Clitoria	21	158.9 b	0.99 c	942.23 a	182.86 a	693.45 a	42.00 a	570.18 b	359.52 b
	42	163.3 b	1.99 bc	561.97 b	166.03ab	666.25 a	39.57 ab	604.83 b	378.18 b
	63	193.3 ab	3.35 b	548.13 b	164.68 b	627.70 b	33.23 bc	654.89 a	424.51 a
	84	211.6 a	5.07 a	438.20 b	163.82 b	517.57 c	31.57 c	684.47 a	451.60 a
Kudzú	21	169.5 b	0.64 c	777.20 a	151.87 a	737.29 a	39.97 a	658.44 b	349.29 b
	42	184.3 ab	1.78 c	604.50 b	147.72 a	704.41 a	37.36 ab	664.69 b	369.83 b
	63	199.3 ab	4.14 b	544.0 bc	136.18 b	620.27 b	30.92 b	675.69ab	466.62 a
	84	201.0 a	5.86 a	462.00 c	130.87 b	566.90 c	21.16 c	640.29 a	501.84 a

Medias con diferente literal en la misma columna son diferentes ($p < 0.05$).

CMS=Contenido de MS; RMS= Rendimiento de MS; Degrad= Degradabilidad; FDN= Fibra detergente Neutro, FDA= Fibra detergente ácido.

4.2.4. Fibra Detergente Ácida (FDA)

Al igual que la FDN, la FDA se incrementó con la edad de rebrote en las dos épocas del año (Figura 9a y b); observándose una mayor concentración de las especies en la época seca del año (Cuadro 4), con una variación de 370.5 a 520.2 g kg⁻¹ MS, al pasar de los 21 a los 84 días de rebrote. En la época de lluvias (Cuadro 5) este incremento fue menor del orden de 380 a 478.5 g kg⁻¹ MS. En la época seca Kudzú fue la especie con la mayor concentración de FDA durante todo el período de evaluación (555.1 g kg⁻¹ MS en promedio de las cuatro edades de rebrote), sin registrarse diferencias importantes entre el resto de las especies (434.0 g kg⁻¹ MS, promedio de las tres especies restantes), excepto en Clitoria a la edad de 21 días de rebrote, la cual registró menos de 250 g kg⁻¹ MS a esta edad. En la época de lluvias fue Stylo la especie con mayor FDA hasta los 42 días de rebrote, con una concentración a esta edad de 461.5 g kg⁻¹ MS, mientras que el contenido promedio del resto de las leguminosas a los 42 días fue de 375 g kg⁻¹ MS.

4.2.5. Cenizas

El contenido de cenizas disminuyó con la edad de rebrote en las dos épocas del año (Figura 9e y f), y las especies mostraron mayor concentración en la época seca (promedio de las cuatro edades de 53.3 g kg⁻¹ MS), con respecto a la época de lluvias (promedio de 33.4 g kg⁻¹ MS). Las más altas contenidos de cenizas en las especies se registraron durante los primeros 42 días de rebrote en la época seca del año (Cuadro 4).

A los 21 días en el período seco del año, Stylo junto con Clitoria y Kudzú promediaron 78.3 g kg⁻¹ MS de cenizas, siendo Cacahuatillo el de menor concentración con 51.7 g kg⁻¹. En cambio, en la época de lluvias a los 21 días el promedio de las cuatro especies inició con 40.3 g kg⁻¹ MS. A los 42 días Stylo mantiene las más altas contenidos en cenizas con 77.3 g kg⁻¹ MS, sin darse diferencias entre especies en las tres edades restantes. Posteriormente, de los 63 a los 84 días, los contenidos disminuyen significativamente, sobre todo en la época seca. A los 63 días, el contenido de cenizas de las cuatro especies fue de

41.1 y de 30.8 g kg⁻¹ MS con respecto a la época seca y de lluvias, y en este mismo orden de épocas a los 84 días el registro fue inferior de 46.4 y de 28.0 g kg⁻¹. En la época seca el decrecimiento promedio de las cuatro especies fue de 71.6 a 46.4 g kg⁻¹ MS, al pasar de los 21 los 84 días de edad de rebrote, mientras que en la época de lluvias la disminución de cenizas fue menos pronunciada, variando de 40.3 a 30.0 g kg⁻¹ MS, en el mismo período.

La interacción especie x edad de rebrote estuvo presente para todos los caracteres evaluados, lo que muestra la respuesta diferencial en crecimiento de las especies evaluadas al ambiente (Kretschmer, 1988), principalmente a la humedad del suelo, y posiblemente al fotoperíodo (Pitman, 2011), lo que les hace más difícil mantener una estabilidad de respuesta a las diferentes condiciones ambientales que se suscitan a lo largo del periodo de crecimiento. Además la intensidad y calidad de luz, así como el estrés hídrico inciden en la composición química de la planta (Pertbandt *et al.*, 2010; Evers, 2011) y la respuesta puede variar entre leguminosas forrajeras (Fenning *et al.*, 2009). Esto se reflejó principalmente en las diferencias en RMS de las especies entre las épocas evaluadas, lo que tiene implicaciones en la disponibilidad del forraje entre especies por época del año para el ganado. Por otro lado, la madurez de la planta influye en la disponibilidad y calidad del forraje (Evers, 2011).

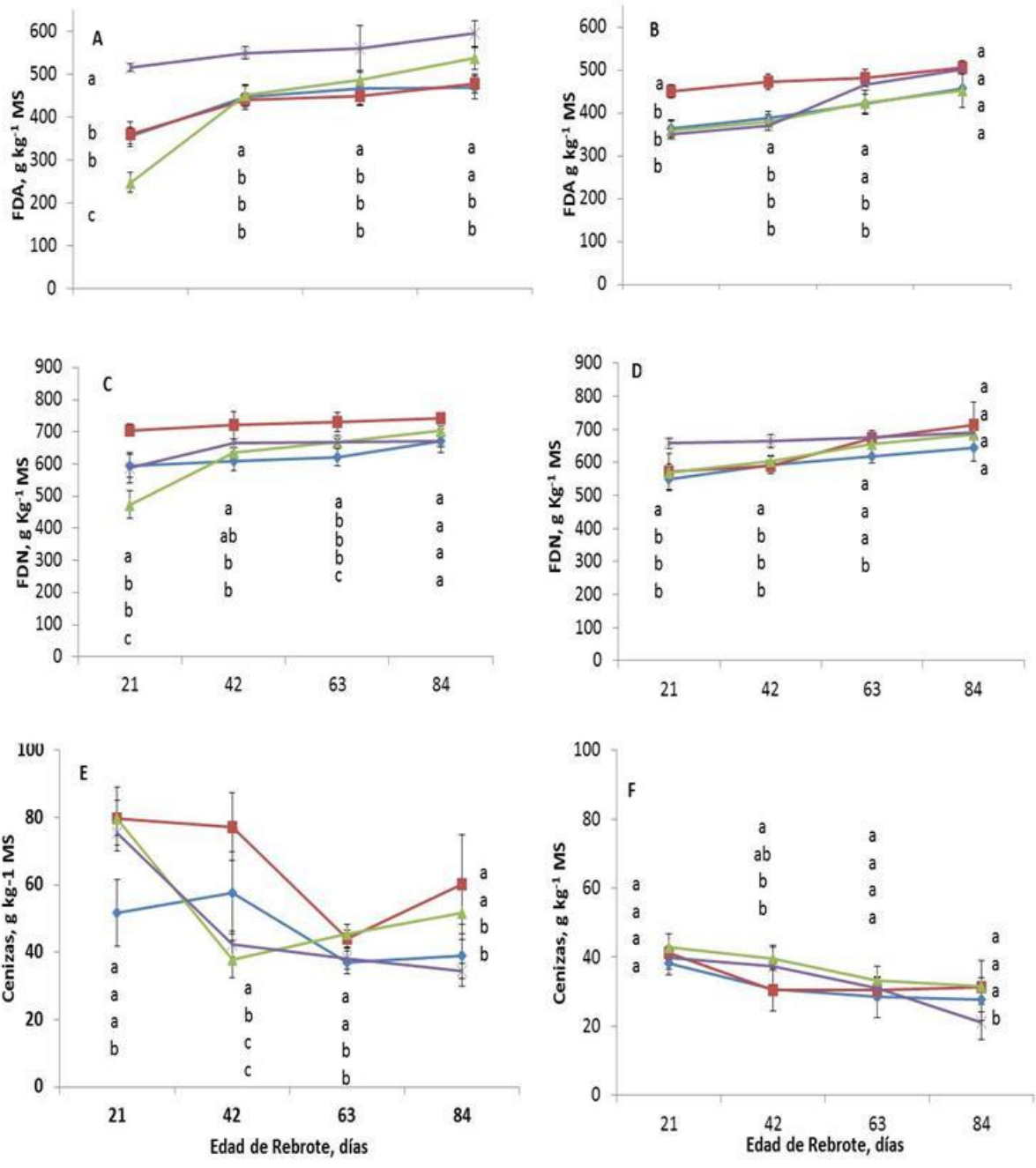


Figura 9. Fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y cenizas de cuatro leguminosas forrajeras (— Cacahuatillo, — Stylo, — Clitoria y — Kudzú) en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C) y de Lluvias (B, D) del año. Huimanguillo, Tabasco.

Cuadro 6. Correlaciones (N= 16) entre diferentes fuentes de variación para cuatro leguminosas forrajeras en la época Seca y de llluvias (en *itálicas*) del año. Huimanguillo, Tabasco.

	RMS	Hoja	Proteína	Degrad	Cenizas	FDN	FDA
CMS	0.641 ** <i>0.786 ***</i>	- 0.692 ** <i>-0.806 ***</i>	- 0.778*** <i>-0.682 **</i>	- 0.684 ** <i>-0.742 **</i>	- 0.480 <i>-0.444 *</i>	0.619 * <i>0.663 **</i>	0.604 * <i>0.826 ***</i>
RMS		- 0.383 <i>-0.770 ***</i>	- 0.568 * <i>-0.549 *</i>	- 0.352 <i>-0.613 *</i>	- 0.350 <i>-0.770 ***</i>	0.460 <i>0.642 **</i>	0.275 <i>0.789 ***</i>
Hoja			0.665 ** <i>0.686 **</i>	0.890 *** <i>0.744 ***</i>	0.029 <i>0.636 **</i>	- 0.719 ** <i>-0.698 **</i>	- 0.325 <i>-0.828 ***</i>
Proteína				0.619 * <i>0.481</i>	0.292 <i>0.507 *</i>	- 0.785 *** <i>-0.665 **</i>	- 0.665 ** <i>-0.734 **</i>
Degrad					0.169 <i>0.417</i>	- 0.659 ** <i>-0.744 ***</i>	- 0.474 <i>-0.697 **</i>
Cenizas						- 0.223 <i>-0.517 *</i>	- 0.585 * <i>-0.713 **</i>
FDN							0.515 * <i>0.540 *</i>

*, **, *** niveles de significancia a 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. Hoja= Proporción de hoja en la biomasa aérea total; RMS= Rendimiento de materia seca; FDN= Fibra detergente Neutro, FDA= Fibra detergente ácido.

El CMS, el RMS, la FDN y FDA, se incrementaron con la edad de rebrote en todas las especies evaluadas, y la proporción de hojas, proteína, degradabilidad y cenizas disminuyeron, y de manera más acentuada después de los 42 días. Cacahuatillo y Stylo siempre mostraron respuestas divergentes en todos los caracteres evaluados, producto posible de sus contrastantes hábitos de crecimiento: postrado y erecto, respectivamente. Los mayores RMS en las especies se obtuvieron a los 84 días, lo que coincide con otros estudios realizados al norte de Veracruz (Valles *et al.*, 1992), siendo Cacahuatillo y Stylo los que sobresalieron. En la época seca, Cacahuatillo mostró rendimientos por arriba de las 3 t ha⁻¹ a partir de los 42 días de rebrote, a pesar que en la literatura se le presenta como especie poco tolerante a sequía (Meléndez, 2012). De hecho esta respuesta se esperaba de Stylo en base a reportes de su tolerancia a sequía (Bogdan, 1997). Esto posiblemente se debió a que en los meses del período seco hubo lluvias ligeras cercanas a los 50 mm por mes, siendo el mes de mayo excepcional con cerca de 150 mm, lo que favoreció el crecimiento de Cacahuatillo ya que la disponibilidad de agua influye en la división celular, elongación y diferenciación de órganos foliares (Fenning *et al.*, 2009). Por el contrario, Stylo registró un alto potencial de respuesta a las condiciones favorables de humedad, siendo esta especie la de mayor RMS en la época lluviosa en las diferentes edades de rebrote, y superando a Cacahuatillo en el mes más húmedo de la época seca (mes de mayo), en 1.6 t ha⁻¹. Existe información en la literatura disponible (Phengsavanh y Frankow-Lindberg, 2013) que apoya esta alta capacidad de respuesta de Stylo a las condiciones favorables de humedad al comparársele con otras leguminosas.

Las variaciones en la proporción de hojas en la biomasa aérea total, fue un factor clave en las variaciones del valor nutritivo, en particular en proteína, dado que una gran proporción del nitrógeno en las partes aéreas es derivado de las reservas de N que son movilizadas de las bases de los tallos o raíces a los tallos y hojas en desarrollo (Volenc *et al.*, 1996; Erice *et al.*, 2011), además de que la humedad favorece la mineralización del N del suelo y su disponibilidad (Dewhurst *et al.*, 2009). Por ello, Cacahuatillo especie con las mayores proporciones de hojas en

las diferentes edades de rebrote, fue también la de mayor concentración de proteína, degradabilidad, y de menor concentración de FDN y FDA, en la mayoría de las edades de rebrote de las dos épocas estudiadas. Los contenidos de proteína obtenidas en este estudio, son satisfactorias para la nutrición de ganado maduro de productor de carne, concentración que debe ser mayor a $70 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, pero fue inferior para las necesidades de vacas lecheras ($190 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) (NRC, 1989), excepto en Cacahuatillo y Clitoria a los 21 días en ambas épocas. Los contenidos de proteína y de degradabilidad en Cacahuatillo son semejantes a las encontradas en esta misma especie en estudios realizados en Sud-América (Godoy *et al.*, 2012). Por el contrario, Stylo que es una planta de crecimiento erecto o semi-erecto con un tallo principal semi-leñoso, que le sirve de sostén, y de ramificaciones cortas, presentó la menor proporción de hojas y concentración de proteína en ambas épocas del año, y la mayor concentración de FDN y FDA en las dos últimas edades de corte en lluvias.

Esta menor concentración de proteína en Stylo se le ha atribuido a su gran proporción de tallos (Phengsavanh y Frankow-Lindberg, 2013; Bogdan, 1997), que incrementa el contenido de paredes celulares (FDN y FDA) de esta leguminosa, siendo estas fracciones de fibra reportados con una relación negativa con la degradabilidad (Buxton, 1996), tal y como se observó en este estudio; sin embargo, las fibras del forraje son necesarias para un funcionamiento normal del rumen. En heno de alfalfa se ha considerado una concentración superior a los $370 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ en FDA como un heno de baja calidad (Bath y Marble, 1989). En este estudio, los valores menores a este rango solo se obtuvieron a los 21 días de rebrote, en las dos épocas del año, excepto en Stylo en la época de lluvias, el cual fue mayor. En este estudio, la FDA fue, en general, 100 g kg^{-1} más bajo que FDN, en las diferentes edades evaluadas. El contenido de paredes celulares tuvo una alta influencia en la digestibilidad de estas leguminosas (Cuadro 5). Kudzú fue la especie con menor adaptación a la época seca, con RMS por debajo de 1 t ha^{-1} hasta los 42 días de edad, potencializándose su respuesta en el mes de mayo (84 días de edad), debido al incremento de la precipitación pluvial.

Si bien existen reportes de alta adaptación de esta especie a sequía (Bogdan, 1997), ésta adaptación va en detrimento de su producción de forraje, en particular en su producción de hojas. Aun cuando esta especie registró una proporción de hoja cercana a la de Cacahuatillo (por arriba de los 600 g kg⁻¹ de MS hasta los 42 días, y alrededor de los 500 g kg⁻¹ de MS a partir de los 63 días en ambas épocas), fue superado por Clitoria en concentración de proteína en las diferentes edades de rebrote. Existen reportes (Meléndez, 2012), que señalan la baja concentración de proteína en Kudzú, aun cuando presenta una gran cantidad de hojas. Sin embargo, la degradabilidad del Kudzú fue intermedia, con respecto al resto de las leguminosas en la época seca, e igual a las registradas en Stylo y Clitoria, y superior a Stylo, en las diferentes edades de rebrote en lluvias. Clitoria fue una especie con respuesta intermedia en los caracteres RMS y proporción de hoja en ambas épocas. Aun cuando no fue una especie con altas proporciones de hojas, registró las mayores concentraciones de proteína en la época seca, con valores semejantes a Cacahuatillo a los 84 días de rebrote, y con valores apenas por debajo de los 200 g kg⁻¹ de MS a partir de los 42 días de rebrote en ambas épocas del año. Ya desde muchos años atrás, se reportaron valores de proteína de hasta 314 g kg⁻¹ de MS en Clitoria (Bogdan, 1997), siendo el contenido más alta que en las otras leguminosas estudiadas.

También fue interesante observar que el contenido de cenizas disminuyen con la edad, lo cual coincide con lo encontrado en otros estudios con leguminosas tropicales (Mahala *et al.*, 2012), registrándose la mayor concentración de cenizas hasta los 42 días de rebrote. Las cenizas están compuestas principalmente por calcio, potasio y magnesio (Onyeonagu y Eze, 2013), las cuales son elementos esenciales principalmente becerros en desarrollo y vacas en gestación (Dudouet, 2010), por lo que es importante conocer que a partir de los 42 días de rebrote de las leguminosas, estos minerales disminuyen en la planta.

Las leguminosas forrajeras no solo contienen mayor concentración de proteína, o de elementos como calcio, magnesio, potasio (contenido en las cenizas), con respecto a las gramíneas, las leguminosas contienen también metabolitos

secundarios, o compuestos fenólicos (taninos condensados, hidrosolubles, totales), que tienen efectos antimicrobianos y pueden inhibir (por disminución de la gustosidad del alimento) o aumentar la eficiencia de utilización del alimento (Evans y Martin, 2000; García-González *et al.*, 2006) protegiendo a la proteína de su pérdida por degradación en rumen. Efectivamente, 75% de la proteína del forraje es degradado en rumen, y solo cerca del 25% se escapa a la fermentación ruminal y pasa a intestino (Minson, 1990). La proteína que escapa de su degradación en rumen y pasa a intestino para que ahí sea asimilado con mayor eficiencia, se le conoce como proteína de escape (Broderick, 1994). Especies vegetales con moderada concentración de taninos, tienen una mayor proporción de proteínas de escape con respecto a aquellas especies sin o con niveles muy bajos de estos compuestos fenólicos (Buxton, 1996). Por ello, es importante incluir en estudios de producción y calidad de leguminosas, las evaluaciones de compuestos fenólicos, que podrían beneficiar o reducir el valor nutritivo de la pradera o del suplemento.

4.3. Compuestos Fenólicos

El análisis de varianza (ANVA) para todos los compuestos fenólicos estudiados por época del año, se presentan en el Cuadro 7. El cuadro ANVA muestra interacción entre especie x edad de rebrote para todos los compuestos fenólicos evaluados en las dos épocas del año.

Cuadro 7. Medias y cuadrados medios para diferentes compuestos fenólicos en cuatro leguminosas forrajeras en la época Seca y lluviosa del año.

Huimanguillo, Tabasco.

Carácter	Media	Especie (S)	Corte (C)	S x C
<i>Época Seca</i>				
Fenoles totales, g Kg ⁻¹ MS	78.33	34535.6 ***	8306.80 ***	1676.32 ***
Fenoles no taninos, g Kg ⁻¹ MS	23.62	1127.96 ***	397.21 ***	110.69 ***
Taninos condensados, g Kg ⁻¹ MS	10.27	118.240 *	251.88 ***	129.52 ***
Taninos totales, g Kg ⁻¹ MS	54.76	24922.7 ***	5375.79 ***	1761.65 ***
Taninos hidrosolubles, g Kg ⁻¹ MS	44.84	22838.7 ***	4293.70 ***	1615.92 ***
<i>Época de Lluvias</i>				
Fenoles totales, g Kg ⁻¹ MS	72.18	22446.4 ***	181.45	2702.35 ***
Fenoles no taninos, g Kg ⁻¹ MS	25.31	1262.76 ***	208.87 ***	200.210 ***
Taninos condensados, g Kg ⁻¹ MS	9.80	408.510 ***	123.43 ***	16.270 ***
Taninos totales, g Kg ⁻¹ MS	46.86	14695.4 ***	331.94	1789.65 ***
Taninos hidrosolubles, g Kg ⁻¹ MS	37.20	10830.5 ***	736.43 *	1613.08 ***
G.L.		3	3	9

*, **, *** Significancia a un nivel de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente.

4.3.1. Fenoles Totales

En la época Seca, la interacción especie x edad de rebrote fue inducida principalmente por Cacahuatillo, al pasar de ser la segunda especie, junto con Kudzú, con mayor concentración de fenoles totales a los 21 días de edad (promediando 50.5 g kg⁻¹ MS ambas especies), a la de menor concentración, junto con Stylo (ambas promediando 37g kg⁻¹ MS), a los 84 días después del corte de uniformidad (Figura 10a). Clitoria fue la especie con mayor concentración de fenoles totales en las diferentes edades de corte, con una concentración máxima a los 42 días (155.4 g kg⁻¹ MS). Por el contrario, Stylo fue la especie que registró las menores concentraciones en todas las edades de rebrote. Todas las especies mostraron la mayor concentración de fenoles totales a los 42 días, edad de rebrote

en la cual no hubo diferencias en concentración de fenoles totales entre Cacahuatillo, Stylo y Kudzú (promedio de 79 g kg⁻¹ MS). A partir de la edad de 42 días, el contenido de fenoles totales disminuyeron en las cuatro especies evaluadas, sin registrarse diferencias significativas entre edades de rebrote, excepto en Cacahuatillo especie en la cual los fenoles totales disminuyeron en 36 g kg⁻¹ MS, al pasar la edad de rebrote de los 63 a los 84 días (Cuadro 8).

En la época de lluvias, Kudzú fue la principal especie causante de la interacción especie x edad de rebrote, por entre cruzarse con todas la especies por el aumento de su concentración de polifenoles con el aumento de la edad de rebrote (Figura 10b), pasando de ser una especie con menor concentración a los 21 días, junto con Stylo (43.8 g kg⁻¹ MS, en promedio), a la especie de mayor concentración (109.27 g kg⁻¹ MS) a los 84 días de edad. En esta época de Lluvias, Clitoria mostró también las mayores concentraciones de polifenoles en las diferentes edades de corte, excepto a los 84 días, y Stylo resultó ser la especie con las menores concentraciones de polifenoles, en todas las edades estudiadas.

Cuadro 8. Fenoles y sus diferentes fracciones de cuatro leguminosas forrajeras en cuatro edades de rebrote durante dos épocas contrastantes del año. Huimanguillo, Tabasco.

Especies	Edad de Rebrote	Fenoles Totales <i>g kg⁻¹ de MS</i>		Fenoles no Taninos <i>g kg⁻¹ de MS</i>		Taninos Condensados <i>g kg⁻¹ de MS</i>		Tanino Hidrosolubles <i>g kg⁻¹ de MS</i>		Taninos totales <i>g kg⁻¹ de MS</i>	
		<i>Días</i>		Época Seca	Época Lluviosa	Época Seca	Época Lluviosa	Época Seca	Época Lluviosa	Época Seca	Época Lluviosa
Cacahuatillo	21	53.49 b	76.90 a	23.84 b	22.90 a	06.96 a	07.85 a	22.68 c	46.14 a	29.64 c	53.99 a
	42	80.51 a	57.8 ab	21.59 b	29.43 a	06.43 a	08.43 a	52.48 a	20.00bc	58.91 a	28.43bc
	63	71.04 a	45.98 b	24.24 b	29.50 a	10.61 a	08.51 a	36.18 b	07.96 c	46.80 b	16.47 c
	84	35.06 c	66.61ab	33.65 a	31.78 a	07.99 a	07.99 a	00.00 d	26.82 b	02.17 d	34.82 b
Stylosanthes	21	31.75 b	36.80 a	11.20 c	11.46 c	04.62 c	03.66 b	15.92 b	21.67 a	20.54 b	25.33 a
	42	62.76 a	31.94 a	18.59 a	21.96 a	06.07bc	10.69a	38.09 a	01.56 b	44.17 a	09.97 b
	63	37.90 b	38.74 a	14.98 b	15.82 b	15.38 a	06.00 ab	07.54 b	16.91 a	22.92 b	22.92 a
	84	39.07 b	34.74 a	15.78ab	14.12bc	10.50ab	06.36 ab	12.78 b	14.24 a	23.28 b	20.61ab
Clitoria	21	80.78 b	132.3 a	23.30 c	39.74 a	08.64 b	14.59 b	48.82 b	78.03 a	57.47 b	92.63 a
	42	155.4 a	121.7ab	40.10 a	39.63 a	16.91 a	20.10a	98.46 a	61.98 a	115.37a	82.09 a
	63	138.7 a	91.93bc	30.47bc	27.91 b	07.65 b	14.99 b	101.78a	49.02 a	108.30a	64.02 a
	84	146.9 a	81.77 c	32.03ab	24.21 b	08.60 b	13.82 b	106.35a	43.73 a	114.96a	57.56 a
Kudzú	21	47.45 b	50.94 c	13.45 b	16.31 c	05.35 c	04.57 d	29.59 c	30.05 c	33.99 b	34.63 c
	42	93.83 a	81.43 b	27.51 a	26.80ab	11.63 b	12.55 a	58.00 a	42.07bc	66.32 a	54.63bc
	63	84.53 a	95.85ab	24.01 a	23.02 b	19.14 a	09.70 b	41.37bc	63.12ab	60.52 a	72.82ab
	84	93.95 a	109.27 ^a	23.14 a	30.38 a	20.21 a	06.97 c	48.64ab	71.91 a	70.80 a	78.88 a

Medias en la misma columna y dentro de cada sección seguidas por letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

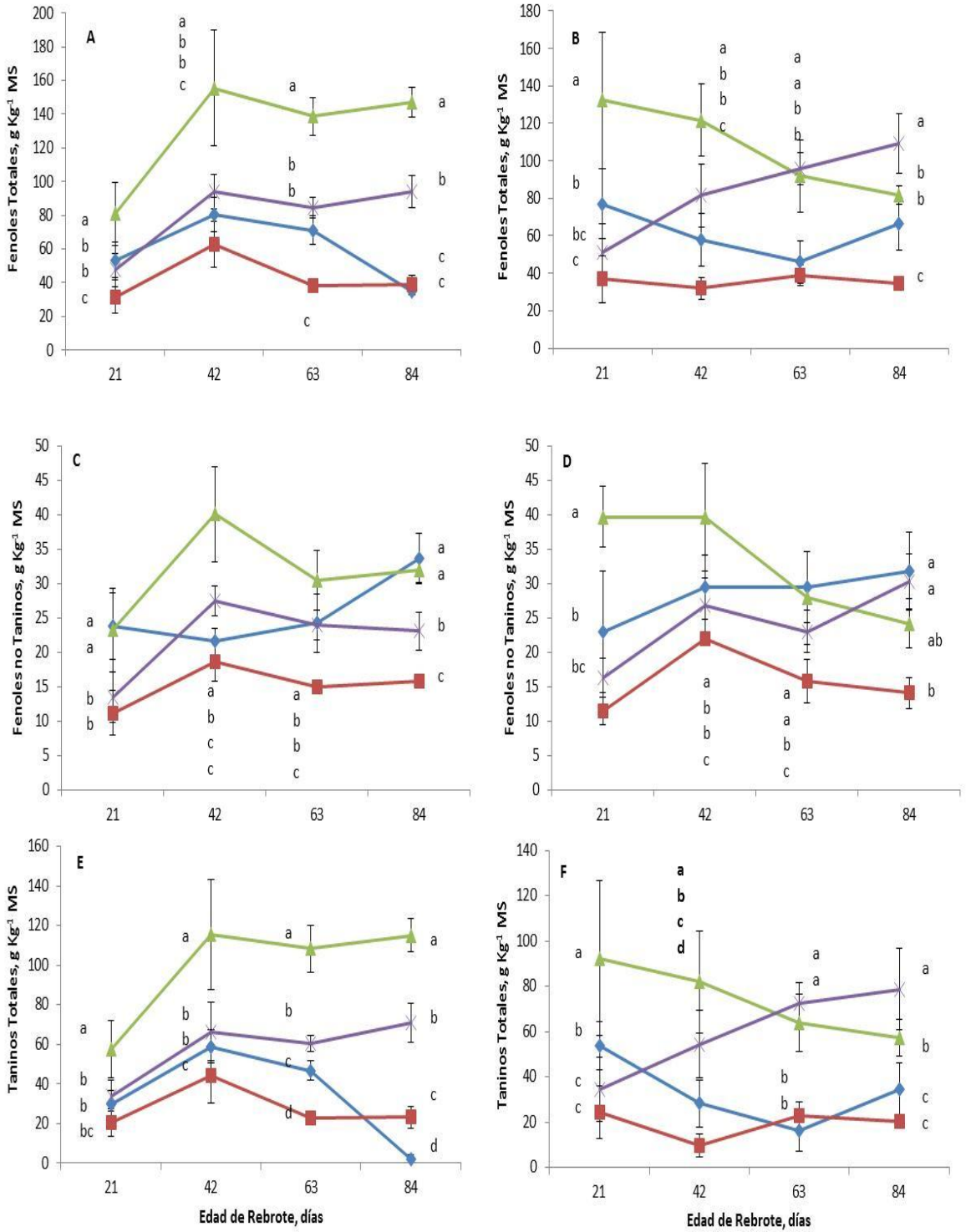


Figura 10. Fenoles totales, fenoles no taninos y taninos condensados de cuatro leguminosas forrajeras (— Cacahuatillo, — Stylo, — Clitoria y — Kudzú) en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C, E) y de Lluvias (B, D, F) del año. Huimanguillo, Tabasco.

4.3.2. Fenoles no Taninos

En cuanto a fenoles no taninos (prolinas, saponinas, alcaloides, etc.), en la época Seca, la interacción especie x edad de corte estuvo originada principalmente por Cacahuatillo, por mantener esta especie su concentración de fenoles no taninos de los 21 a los 63 días de edad en $23.22 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, en promedio; mientras que el resto de las leguminosas registraron un incremento de los 21 a los 42, mostrando a esta edad de 42 días sus máximas concentraciones de fenoles no taninos. Lo anterior indujo al entrecruzamiento entre el Cacahuatillo con las demás leguminosas, y en consecuencia, la interacción en mención (Figura 10c). Clitoria muestra las mayores concentraciones de fenoles no taninos, con un máximo a los 42 días ($40.10 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), compartiendo este sitio con Cacahuatillo a los 21 y 84 días al corte. Por el contrario, Stylo mantiene las menores concentraciones de este compuesto fenólico en las diferentes edades de rebrote, con su registro más alto ($18.6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) a los 42 días de edad, compartiendo este puesto de especie con la menor concentración con Kudzú a los 21 días, y con Cacahuatillo a los 42 días de edad (Cuadro 8).

En la época de lluvias, la interacción especie x edad de corte es originada por Clitoria, al mostrar un descenso importante en su concentración de fenoles no taninos a partir de los 42 días de edad (disminuyendo el contenido de fenoles no taninos en $15.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de los 42 a los 84 días de edad), ocasionando un entrecruzamiento con Cacahuatillo y Kudzú (Figura 10d). Clitoria es la especie con las mayores concentraciones de fenoles no taninos, excepto a los 84 días, donde Cacahuatillo y Kudzú tiene la mayor concentración ($31 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, promedio de las dos especies), siendo Stylo la especie con los menores registros de fenoles no taninos en todas las edades de corte.

4.3.3. Taninos Totales

En la época seca, la interacción especie x edad de corte está originada por Cacahuatillo al cambiar su status de la segunda especie, junto con Kudzú ($62.6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ en promedio), con mayor concentración de taninos totales, a ser la especie con la menor concentración ($2.17 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) a los 84 días de edad al corte. Todas las especies mostraron su máxima concentración de taninos totales a

los 42 días de edad, sin haber diferencias entre Stylo, Cacahuatillo y Kudzú con 56.4 g kg⁻¹ MS, mientras que Clitoria el registro fue de 115.37 g kg⁻¹ MS (Figura 10e). Clitoria fue la especie con las mayores concentraciones a lo largo de su crecimiento, sin presentarse diferencias en sus concentraciones de taninos totales de los 42 a los 84 días de edad al corte, promediando 112.87 g kg⁻¹ MS. Por el contrario. Stylo mantuvo las menores concentraciones junto con Cacahuatillo a los 21, 42 y 84 días de edad al corte.

En la época de lluvias, hubo un cambio de status en cuanto a sus concentraciones de taninos totales entre todas las especies con la edad al corte (Figura 10f), inducida principalmente por Kudzú por mantener un incremento con la edad, aumentando de 30 g a 71.91 g kg⁻¹ MS al pasar de los 21 a los 84 días al corte (Cuadro 8). Clitoria, fue la especie con la mayor concentración junto con Kudzú de los 42 a los 84 días, manteniendo una concentración promedio de 74.0 g kg⁻¹ MS a lo largo de su crecimiento (Cuadro 8). Por el contrario, Stylo registró las menores concentraciones, junto con Kudzú a los 21 días y con Cacahuatillo a los 63 y 84 días de edad al corte.

4.3.4. Taninos Condensados

En la época seca, la interacción especie x edad al corte fue originada por todas las especies al cambiar su status en su concentración de taninos condensados con el avance de los días al corte (Figura 11a). La mayor concentración de taninos condensados en las especies se tienen a los 63 días de edad al corte, excepto en Clitoria la cual presenta su mayor concentración a los 42 días (16.91 g kg⁻¹ MS), para después disminuir. Kudzú presentó un crecimiento constante con la edad al corte, presentando su máxima concentración a los 62 y 84 días al corte, sin haber diferencias entre estas dos edades (Cuadro 8), con 19.67 g kg⁻¹ MS en promedio. En la época de lluvias, la interacción especie x edad al corte está dada por Cacahuatillo al entrecruzarse con el resto de las especies con el avance de la edad de corte (Figura 11b). Cacahuatillo no presenta cambios en su concentración de taninos condensados con la edad al corte, registrando un promedio de 8.2 g kg⁻¹ MS (Cuadro 8). El resto de las especies tienen su máxima concentración a los 42 días de edad, con 20.10 g kg⁻¹ MS para Clitoria, y un promedio de 11.62 g kg⁻¹ MS

para Stylo y Kudzú. Posterior a esta edad, todas las especies disminuyen su concentración de taninos condensados, siendo Clitoria la especie que mantuvo la mayor concentración en todas las edades al corte.

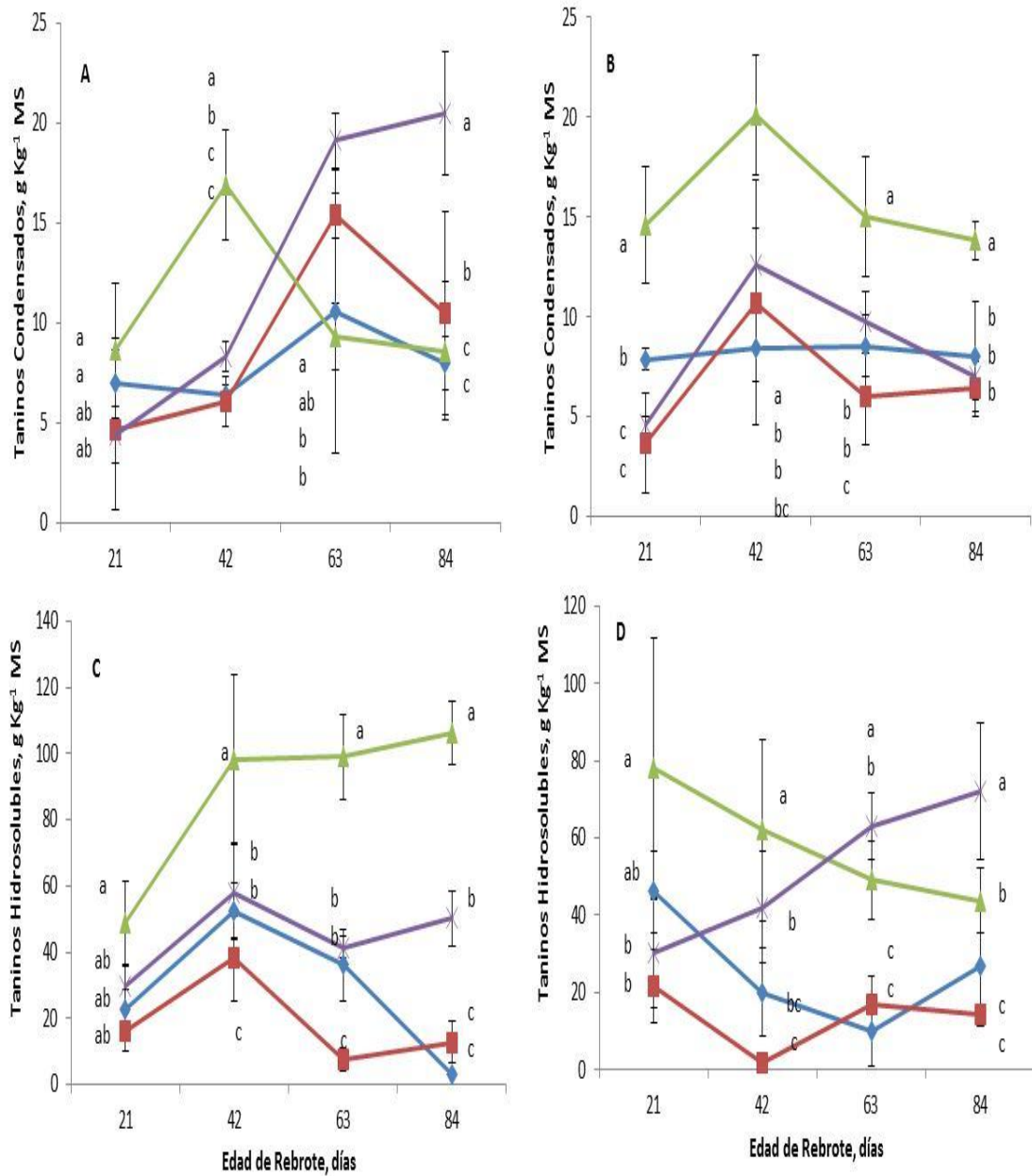


Figura 11. Taninos condensados y taninos hidrosolubles de cuatro leguminosas forrajeras (— Cacahuatillo, — Stylo, — Clitoria y — Kudzú) en cuatro edades de rebrote durante la época Seca (A, C) y de Lluvias (B, D) del año. Huimanguillo, Tabasco.

4.3.5. Taninos Hidrosolubles

En la época seca, la interacción especie x edad al corte, fue dada por el entrecruzamiento entre las especies Cacahuatillo y Stylo a los 84 días de edad al corte (Figura 11c). Todas las especies presentaron su mayor concentración de taninos hidrosolubles a los 42 días de edad, para después disminuir, a excepción de Clitoria la cual mantiene su concentración en $102.2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, en promedio, de los 42 a los 84 días al corte (Cuadro 8). A los 42 días Stylo, Cacahuatillo y Kudzú contienen, en promedio, $49.5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, para después también disminuir. Clitoria fue la especie que siempre mantuvo la mayor concentración de taninos hidrosolubles a lo largo de las diferentes edades al corte, por el contrario, Stylo fue la especie con las menores concentraciones, compartiendo este lugar con Kudzú y Cacahuatillo a los 21 y 42 días y solo con Cacahuatillo a los 84 días al corte. En la época de Lluvias, hubo un entrecruzamiento entre todas las especies en las diferentes edades de corte (Figura 11d), originada principalmente por Kudzú, la cual siempre mantuvo un incremento con la edad, incrementándose de 30 g a $71.91 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ al pasar de los 21 a los 84 días al corte. Clitoria, fue la especie con la mayor concentración, compartiendo este sitio con Kudzú de los 42 a los 84 días, manteniendo una concentración promedio de $58.2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ a lo largo de su crecimiento (Cuadro 8). Por el contrario, Stylo tuvo las menores concentraciones, junto con Kudzú a los 21 días y con Cacahuatillo a los 63 y 84 días de edad al corte.

Los resultados de este estudio, evidenciaron el marcado efecto de edad de la planta en el contenido de compuestos fenólicos, siendo en ambas épocas del año, similar el patrón de respuesta en todos los compuestos evaluados. Sin embargo, siempre estuvo presente la interacción especie x edad de la planta para todas las variables evaluadas, lo que remarca las respuestas diferenciales de las especies a la edad de corte. Entre especies, el factor edad mostró un efecto significativo sobre el contenido de todos los compuestos fenólicos en las dos épocas del año. En general, los compuestos fenólicos mostraban su mayor concentración en la planta a los 42 días de edad al corte, para posteriormente disminuir ligeramente. Las mayores y menores concentraciones de los compuestos fenólicos se

manifestaban en Clitoria y en Stylo, respectivamente, en las dos épocas del año; sin embargo, estas concentraciones no alcanzaron los niveles tóxicos considerados por algunos autores. Los niveles más altos encontrados en taninos condensados fueron del orden de 16.91 y 20.1 g kg⁻¹ MS registrados en Clitoria a la edad de 42 días en las épocas seca y de lluvias, respectivamente, siendo considerada el contenido de 60 g kg⁻¹ MS como el nivel a la cual la fermentación en rumen comienza a ser afectada (Makkar, 2003). Así también, el contenido de taninos hidrosolubles no superaron los 200 g kg⁻¹ MS, considerada como nivel tóxico para el ganado (Mole *et al.*, 1993), teniéndose la máxima concentración en Clitoria a los 42 días (98.46 g kg⁻¹ MS) en la época seca y a los 21 días (78.03 g kg⁻¹ MS) en la época de lluvias.

Lo anterior indica que la edad de rebrote de 42 días de las leguminosas evaluadas, sería la más apropiada para aprovechar el potencial benéfico que proporcionan los compuestos fenólicos de las leguminosas al ganado, como lo es principalmente el proteger a la proteína de su degradación en rumen para que pase a intestino y sea mayormente utilizado por el animal, traduciéndose en una mayor producción de carne, leche o becerro.

5. CONCLUSIONES

La interacción significativa especie x edad de rebrote para todos los caracteres evaluados dentro de cada época del año, evidencia la respuesta diferencial de las especies al factor edad de la planta.

La edad de rebrote fue el factor que mayormente afectó al valor nutritivo, estando ligados principalmente con la proporción de hoja en la biomasa aérea total.

La edad de rebrote de 42 días, en las dos épocas del año, fue a partir de la cual el valor nutritivo disminuye, así como el contenido de compuestos fenólicos, sin alcanzar estos compuestos los niveles tóxicos para el animal.

Stylosanthes y Cacahuatillo, fueron las dos especies que siempre registraron respuestas contrastantes en los caracteres evaluados (Cacahuatillo con mayor calidad y menor concentración de polifenoles), excepto en el RMS donde fueron semejantes.

6. LITERATURA CITADA

- Adjolohoun, S., Bindelle J., Adandedjan C., Toleba S. S., Houinato M., Sinsin B. 2013. Variety and environmental effects on crude protein concentration and mineral composition of *Arachis pinto* (Kaprovicak & Gregory) in Benin (West Africa). *J App Biol Biotech*. Vol. 1(03), pp. 024-028.
- Aguilera-Carbo, A., Augur C., Prado-Barragan L.A. 2008. Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. *Appl Microbiol Biotechnol* 78: 189–199.
- Agrosoft. Campanita *Clitoria ternatea* L. Medellín, Colombia. [sin fecha]. Disponible en: agrosoft@epm.net.co
- Alonso, M.A., Torres, J.F., Sandoval, C.A., Aguilar, A.J., Hoste, H. 2008. *In vitro* larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniferous plant extracts. *Veterinary Parasitology* 153: 313-319.
- Animut, G., Puchala R., Goetsch A. L., Patra A. K., Sahlu T., Varel V. H., Wells J. 2008. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. *Animal Feed Science and Technology*. 144: 212-227.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C., USA.
- Argel, P. A. 1994. Regional experiences with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: P.C. Kerridge y B. Hardy (eds). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. Pp.134-143
- Armendariz-Yañez, I. R. 1998. Indigenous fodder legume trees: their influence on soil fertility and animal production on tropical pastures of Yucatan, Mexico. PhD Thesis. University of London, Wye College.
- Athanasiadou, S., Kyriasakis, I., Jackson, F. Coop, R.L. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. *Veterinary Parasitology* 99: 205-219
- Ayala B, A. J., Rosado R. C. M., Capetillo L. C. M., Sandoval C. C. A. 2003. Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación ruminal *in situ*. *Téc. Pec. De Méx* 41:337-342.
- Azcon-Bieto, J. y M. Talón. 1999. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Ediciones Interamericana McGraw-Hill. Cap. 16.
- Baloyi, J. J., Ngongoni, N. T., Topps, J. H., Acamovic, T., Hamudikuwanda, H. 2001. Condensed tannin and saponin content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes guianensis* and *Stylosanthes scabra* grown in Zimbabwe. *Trop. Anim. Health Prod.*, 33 (1): 57-66
- Bath, D. L., Marble, V. L. 1989. Testing alfalfa for its feed value. Leaflet 21457, Cooperative Extensions, University of California, Oakland, C.A.

- Blytt, H. J., Guscar, T.K., Butler, L.E. 1988. Antinutritional effects and ecological significance of dietary condensed tannins may not be due to binding and inhibiting digestive enzymes. *J. Chem. Ecol.*14:1455.
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje (Pastos y leguminosas). Primera edición. México, DFAGT Editor SA.
- Bolaños-Aguilar, E. D., Emile J.C., Enríquez-Quiroz J. F. 2010. Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. *Fourrages*; Vol. 204. pp. 277-282.
- Bolaños-Aguilar, E. D., Lagunes-Espinoza, L. C., 2011. Comparación morfológica y contenido de proteína de los pastos Taiwán, King Grass, CT-115 y Maralfalfa. p. 84. En: XXIII Reunión Científica Tecnológica y Agropecuaria Tabasco, 24 y 25 de Noviembre. Villahermosa, Tabasco.
- Broderick, G. A. 1994. Quantifying forage protein quality. In: G.C. Fahey, Jr. *et al.*, (Editors), *Forage quality, evaluation and utilization*. American Society of Agronomy, Madison WI, pp. 200 – 228.
- Bums, J. C., Cope W. A. 1974. Nutritive value of crown vetch forage as influenced by structural constituents and phenolic and tannin compounds. *Agron. J.* 66: 150
- Bustamante, G. J. J., Ávalos V. F. J., Cárdenas B. A. J., Ceja R. V. J. 2002. Utilización del heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) en la alimentación de vacas pardo suizo en lactación. *Revista Técnica Pecuaria México* 42(3):477-487.
- Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology*. Vol. 59. 37-49.
- Cadahia, F. E. 1995. Estudio de la composición tánica de madera, corteza y hojas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. rudis* [tesis doctoral]. Madrid: Complutense.
- Campbell, T. A., Hewitt, D. G. 2005. Nutritional value as a Component of Male White-Tailed deer diets. *Rangeland Ecology Management* 58 (1): 58-64.
- Castillo, G. E., Valles de la M. B., Mannelje L. t. y Schunemaann, A. A., 2005. Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables de los suelos de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Técnica Pecuaria en México*. 43 (2): 287-295.
- Churh, D. C., Pond, W. G. 1990. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Noriega, Limusa. México D. F 403 p.
- CIAT. 1991. Informe sobre las situaciones reales de la mecanización agrícola en el Dpto. de Santa Cruz (Colonia Okinawa). Pp. 79.
- Córdoba, A., Peralta, A., Ramos A. 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens* / *Clitoria ternatea* con tres cargas animales y dos

- sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales*. CIAT. Cali, Colombia. 9(1):27-31.
- Córdoba, A., Ramos, A. 1993. Efecto del intervalo de pastoreo y de la carga animal sobre la persistencia de la asociación *Pangola Digitaria decumbens / Clitoria ternatea* Linn. bajo riego [resumen]. Reunión nacional de investigación pecuaria.
- Dewhurst, R. J., Delaby L., Moloney A., Boland T., Lewis E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48:167–187
- Dorado, O., Arias, D., Ramírez, R., Sousa, M. 2006. Leguminosas de la sierra de Huautla. Universidad Autónoma de Morelos. Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla (CEAMISH). Cuernavaca, Morelos. pp 92 – 94
- Duchi, N. 2003. Valoración nutritiva de subproductos no tradicionales para la alimentación de rumiantes. ESPOCH - PRONSA - IQ-CV-024. Riobamba, Ecuador
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez, N .F., Bolaños, A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejos de forrajes tropicales de México. INIFAP – Produce. Libro técnico N° 7. División pecuaria. México. 263 p.
- Enríquez, Q. J. F., Hernández G. A., Quero C. A. R. 2005. Agronomic evaluation of twenty ecotypes of *Leucaena* spp. for acid soil conditions in Mexico. In: F. P. O´mara, R. J. Wilkins, L. ´tMannetje, D. K. Lovett, P.A. M. Rogers, and T. M. Boland (eds.). Proc. XX International Grassland Congress. Dublin, Ireland. P. 337.
- Enríquez, Q. J. F., Quero C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ISBN 968-5580-72-3. 109p.
- Erice, G., Sanz S. G. A., Aranjuelo I., Irigoyen J. J., Aguirreolea J., Avice J. C., Sánchez D. M. 2011. Photosynthesis, N₂ fixation and taproot reserves during the cutting regrowth cycle of alfalfa under elevated CO₂ and temperature. *Journal of Plant Physiology* 168: 2007-2014.
- Evans, J. D. Martin S.A. 2000. Effects of Thymol on Ruminant Microorganisms. *Current Microbiology*. 41: 336-340.
- Evers, G. W. 2011. Forage legumes: Forage quality, fixed nitrogen, or both. *Crop Science* 51:403-409
- Fenning, J. O., Quansah C., Sarfo K. A. 2009. Response of three forage legumes to soil moisture stress. *Journal of Science and Technology* 29:24-30
- Flores, M. I. 1983. *Bromatología animal*. 3ª edición. México, DF: Editorial Limusa.
- Foroughbakhch, R., Hernández P. J. L., Alvarado M. A., González de León O. A., Rocha A., Badii M. H. 2007. Seasonal Dynamics of the Leaf Nutrient Profile

- of 20 Native Shrubs in Northeastern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6(8):1000-1005.
- Frutos, P., Raso M., Hervas G., Mantecon, A. R., Pérez V., Giraldez F.J. 2004. Is there a detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim. Res.* 53: 127-136.
- Fulkerson, W. J., Neal J. S., Clark C. F., Horadagoda A., Nandra K. S., Barchia I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science*. Vol. 107. pp. 253-264.
- Galindo, J., Delgado D., Pedraza R., García D. E. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes*, 28 (1): 59-68.
- Garcés, Y. P., Canudas, L. E. 2000. Potencial de producción de carne en sistemas de pastoreo para el trópico. En: 2° Simposium internacional sobre bovinos de carne. Veracruz, México.
- Garmendia, J. 1998. Suplementación estratégica en la producción de vacas de doble propósito. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. Centro de transferencia de tecnología en pasto y forraje. La Universidad del Zulia.
- García, G. R., López S., Fernández M., González J.S. 2006. Effects of the addition of some medicinal plants on methane production in a rumen simulating fermenter (*RUSITEC*). *Int. Congr. Ser.* 1293:172–175.
- García, L. R. 2003. Conferencia sobre manejo y utilización de los pastos para la producción de leche en el trópico. Universidad de Tabasco, México.
- García, T. R. 1980. Utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *Pastos y forrajes*. 3:503.
- Garza, T. R., Portugal G.A., Ballesteros W.H. 1972. Establecimiento de tres leguminosas tropicales en un potrero de zacate Pangola. *Téc Pecu Méx*; 22:5-11.
- Garza, T. R., Portugal G.A, Ballesteros W.H. 1972. Evaluación en pastoreo de asociaciones de zacates y leguminosas utilizando vaquillas de razas europeas en clima tropical. *Téc Pecu Méx*; 23:7-11.
- Gebrehiwot, L., Beuselinck P. R., Craig A. R. 2002. Seasonal variations in condensed tannin concentration of three *Lotus* species. *Agron.J*, Vol. 94. pp. 1059-1065.
- Godoy, E. V., Barrera A. A., Vivas M. R., Quintana Z. J., Peña G. M., Villota G. L., Casanova F. L., Avellaneda C. J. 2012. Evaluación fenológica y digestibilidad *in vivo* de la leguminosa forrajera (*Arachis pinto*) en diferentes edades de corte. *Ciencia y Tecnología* 5(2): 7-16.
- Gohl, B. 1982. Piensos tropicales, resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. FAO. Producción y Sanidad Animal. Roma, Italia. 550 p.

- González, G., Rodríguez, A. A. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability, and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *A. Dairy Sci.* 86: 926 -933.
- González V, E. A., Hussey M. A., Ortega-S. J. A. 2005. Nutritive value of *Desmanthus* with Kleingrass during the establishment year. *Rangeland Ecol Manage.* 58(3):308-314.
- Graham, P. H., Vance, C. P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Res.* 35: 93-106.
- Hall, T. J. 1985. Adaptation agronomy of *Clitoria ternatea* L. in northern Australia. *Tropical Grasslands.* 19(14):156-163.
- Hare, M. D., Tatsapong P., Phengphet S., Lunpha A. 2007. *Stylosanthes* species in north-east Thailand: dry matter yields and seed production. *Tropical Grassland.* Vol. 41, 253-259.
- Harris, S. L., Auld, M. J., Clark, D. A., Jansen, E. B., 1998. Effects of white clover content in the diet on herbage intake, milk production and milk composition of New Zealand dairy cows housed indoors. *J. Dairy Res.* 65, 389–400.
- Hernández T. I., Pulido V. M., Rodríguez C., Espinosa A. J. 1991. Evaluación de la productividad animal de una pradera mixta bajo pastoreo directo en el valle de Apatzingán, Michoacán. En: 10 Años de investigación pecuaria en el estado de Michoacán. INIFAP – SARH – PIPEM. Morelia, Mich. 1991:48.
- Hiep, N. V., Wiktorsson H., Man N.V. 2008. The effect of cutting interval on foliage yield and chemical composition of tropical Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) cultivated as cover-crop in rubber plantation. *Livest Res Rural Dev* 20 (Suppl), available from URL:<http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/hiep1.htm> [consultado 27 julio 2014].
- Houérou, L. 1991. Tropical feeds ver. 2.1. Software development by Oxford Computers Journals. FAO. *Clitoria ternatea* L. Legume Index. [En línea] <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/Data/pf000021.HTM>
- Humphreys S, L. R. 1980. A guide to be better pastures for the tropics and sub-tropics. Published by Wright Stephenson and Co. (Australia) Pty. Ltd. Revised 4th. Edition. 94 p.
- INEGI, 2010. www.censo2010.org.mx/
- Jaturasitha, S., Norkeaw R., Vearasilp T., Wicke M., Kreuzer, 2009. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maximum*) or Guinea grass-legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. *Meat Science.* 81: 155-162.
- Jones, G. A., McAllister T. A., Muir A. D., Cheng K. J. 1994. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Appl Environ Microb.* 60 (4): 1374-1378.

- Juárez-Hernández, J., Bolaños-Aguilar E. D., Reinoso M. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. *Época de Nortes. Rev. Cub. de Cienc. Agric* 38:423-430.
- Juárez, J. E., Bolaños E. D., Vargas L. M., Medina S., Martínez H. P.A. 2011. Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, Número 3.
- 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.
- Kabasa, J. D., Opuda-Asibo J., Thinggaard G., ter Meulen U. 2004. The role of bioactive tannins in the postpartum energy retention and productive performance of goats browsed in a natural rangeland. *Trop Anim Health Prod.* 36: 567-579.
- Kabi, F., Bareeba F. B. 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: 178-190.
- Khazaal, K. and Ørskov, E.R. The *in vitro* gas production technique: an investigation on its potential use with insoluble polyvinylpyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1994; 47: 305–320
- Kretschmer, A. E. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. *CIAT. Pasturas Tropicales* 10:28-33.
- Larbi, A., Hassan S., Kattash G., Abd El-Moneim A.M., Jammal B., Nabil H., Nakkul H., 2010. Annual feed legume yield and quality in dryland environments in north-west Syria: 1. Herbage yield and quality. *Animal Feed Science and Technology.* 160: 81 – 89.
- Launchbaugh, K. L., Provenza F. D., Pfister. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. *J Rang Manage* 54(4):431-440.
- Lascano, C. E. 2000. Calidad de las pasturas tropicales. XII Congreso de ALPA, Uruguay.
- Lascano, C. E., Hess H. D., Kreuzer M., Nösberger J., Wenk C. 2002. Effect of sward attributes on legume selection by oesophageal-fistulated and non-fistulated steers grazing a tropical grass-legume pasture. *Tropical Grasslands. Volume* 36, 227–238
- Liu, H. W., Dong X. F., Tong J. M. Zhang Q. 2011. A comparative study of growth performance and antioxidant status of rabbits when fed with or without chestnut tannins under high ambient temperature. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164:89–95.

- Mahala, A. G., Amasiab S. O., Monera A. Y., Elsadig A. 2012. Effect of Plant age on DM yield and nutritive value of some leguminous plants (*Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus* and *Clitoria (Clitoria ternatea)*). International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science. Vol. 2(12) pp. 502-508.
- Makkar, H. P. S., Singh, B., 1991. Distribution of condensed tannins (proanthocyanidins) in various fibre fractions in young and mature leaves of some oak species. Anim. Feed Sci. Technol. 32, 253-260.
- Makkar, H. P. S., Bluemmel M., Borowy N. K., Becker K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlation with chemical and protein precipitation methods. J. Sci. Food Agric. 61:161-165.
- Makkar, H. P. S. 2003 Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds: review. Small Ruminant Research 49:241-256.
- Makkar, H. P. S. 2007. Plant secondary metabolites as antinutrients in monogastric nutrition. In P. Leterme, A. Buldgen, E. Murgueitio, y C. Cuartas (Eds.), Fodderbanks for sustainable pig production systems(pp.67–85). CIPAV. Cali, Colombia.
- Mannetje, L. ´t. 1991. Productividad y persistencia de las leguminosas y su adopción en pasturas tropicales. In: Contribución de las Pasturas Mejoradas a la Producción Animal en el Trópico. CIAT, Documento de Trabajo N° 80. CIAT, Cali, Colombia. Pp. 25-38.
- Martens, S. D., Tiemann, T. T., Bindelle, J., Peters, M., Lascano, C.E. 2012. Alternative plant protein sources for pigs and chickens in the tropics – nutritional value and constraints: a review. J. Agric. Rural Dev. Tropics and Subtropics 113 (2):101–123.
- Martínez, I., Periaga, M.J. & Gaspar, R. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Arch. Latinoam. Nutr. 50:5
- Meléndez, N.F. 2012. Principales forrajes para el trópico. 1st ed. Tabasco, México.
- Milera, Milagros. 2013. Fundamentos del Premio Nacional del MINAGRI acerca de los principios de manejo y utilización de gramíneas, leguminosas y otras forrajeras para la producción de leche y carne vacuna en Cuba. Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey*, Matanzas, Cuba.
- Min, B.R., Barry, T.N., Atwood, G.T., McNabb, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. Animal Feed Science and Technology 106: 3-19.
- Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, Inc., San Diego.
- Mole, S., Roglers, J. C., Butler, L. G. 1993. *Growth reduction by dietary tannins: different effects due to different tannins*. Biochem. Syst. Ecol. 21:667-677.

- Norton, B. W. 1999. The significance of Tannins in Tropical Animal Production. CIAR Proceedings No. 92, Canberra, Australia, 14-23.
- Nguyen, T. M., Van, D., Orskov, E.R., 2005. Effect of foliages containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites Veterinary Parasitology 121: 77-87.
- NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. edn, National Academy Press, Washington, DC.
- Olivares, P. J., Jiménez G. R., Rojas H. S., Martínez H. P. A. 2005. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. IV. No. 5. P. 19.
- Ondenyó, A. A., Osuji P. O., Reed J. D., Smith A. H., Mackie R. I., McSweeney C. S., Hanson J. 2003. *Acacia angustissima*: Its anti-nutrients constituents toxicity and possible mechanisms to alleviate the toxicity – a short review. Agroforestry Systems. 59: 141 -147.
- Onyeonagu, C. C., Eze, S. M. 2013. Proximate compositions of some forage grasses and legumes as influenced by season of harvest. African Journal of Agricultural Research. Vol. 8 (29), pp. 4033-4037.
- Orskov, E. R. 1992. Protein nutrition in ruminants 2nd Ed. Academic Press. London, England.
- Otero, M. J., Hidalgo L. G. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. Livestock Research for Rural Development 16 (2)
- Patra, A. K., Kamar D. N., Agarwal N. 2006. Effect of plant extracts on *in vitro* methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. Anim Feed Sci Technol 128:276–291.
- Peralta, M. A. 1988. Leguminosas en la producción de carne y leche en el trópico. Revista Cebú. 14(5):35-52.
- Perbandt, D., Fricke T., Wachendorf M. 2010. Effects of changing simulated sky cover on hyperspectral reflectance measurements for dry matter yield and forage quality prediction. Computers and Electronics in Agriculture 73:230–239.
- Pérez, P. J., Ramírez R. O., Hernández G. A. 2005. Valor nutricional de la asociación gramínea-leguminosa y su efecto en la producción de bovinos en pastoreo. En: Memorias del Congreso Los forrajes en México. Presente y futuro. Programa de Ganadería. IREGEP. Montecillo, Edo. De México. Pp. 88-111.
- Pezo, D. 1995. Avances sobre el uso de leguminosas forrajeras en la producción de leche y carne en el trópico húmedo de América Central. In: N. Madrid-Bury y E. Soto Belloso (eds.). Manejo de la Ganadería de Doble Propósito.

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. pp. 247-261.

- Phengsavanh, P., Frankow-Lindberg B. E. 2013. Effect of harvesting interval on biomass yield and nutritive value of five tropical forage legumes (*Aeschynomene histrix* 'BRA 9690', *Canavalia brasiliensis* 'CIAT 17009', *Stylosanthes guianensis* 'CIAT 184' and 'Composite' and *Vigna unguiculata* 'CIAT 1088-4') in Lao PDR. *Grassland Sci* 59:80–86.
- Pitman, W. D. 2001. Environmental constraints to tropical forage plant adaptation and productivity. In: Sotomayor-Ríos A and Pitman WD Editors. *Tropical Forage Plants. Development and Use*. CRC Press, Boca Raton Florida. USA 17-23.
- Porter, L. H., Hrstich L. N., Chan B. C. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyaniding and delphinidin. *Phytochemistry* 25:223-230.
- Provenza, F. D., Burritt, E.A., Perevolotsky, A., Silanikove, N. 2000. Self-regulation of intake of polyethylene by sheep fed diets varying in tannin concentrations. *Journal Animal Science* 78: 1206-1212.
- Purata R, A., Bolaños-Aguilar E. D., Hernández S. D., Aranda Ibáñez E.M., Izquierdo Reyes F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto Humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 25(3):213-224.
- Ramírez L, R. G. 2003. Nutrición de rumiantes. *Sistemas extensivos*. Ed. Trillas. México D. F. 303 p.
- Reed, J.D., 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73, 1516-1528.
- Ribeiro Filho, H. M. N., Delagarde R., Peyraud J. L. 2003. Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. *Animal Science* 77:499-510
- Rochón, J. J., Doyle C. J., Greef J. M., Hopkins A., Molle G., Sitzia M., Scholefield D., Smith C. J. 2004. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*. Volume 59, Issue 3, pp. 197-214.
- Rojas, D. K., López, J., Tejada, I., Vásquez, V., Shimada, A., Sánchez, D., Ibarra, F. 2006. Impacto of condensed tannins from tropical forages on *Haemonchus contortus* burdens in Mongolia gerbils (*Meriones unguiculatus*) and pelibuey lambs. *Animal Feed Science and Technology* 128: 218-228.
- Rosales, M. M. 1998. Mezcla de forrajes, uso de la biodiversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. *Memorias de una Conferencia Electrónica. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. FAO-CIPAV. Cali, Colombia.
- Ruiz, M. E. 1994. Subproductos y residuos en la alimentación de bovinos. En. *Memoria del IV curso "Producción e investigación en pastos tropicales"*.

Facultad de Agronomía, Universidad de Zúlia, La Sociedad Venezolana de Pastizales y Forrajes. Capítulo Zuliano y el Banco de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela. P. 69-87.

- Rusell, J. R., Irleck N. A., Hallauer A.R., Buxton D. R. 1992. Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38: 11-24.
- Sánchez, T. 2008. Producción de leche con vacas Mambí de Cuba en pastoreo y complementando en bancos de proteínas. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.
- Schmeer, M., Loges R., Dittert K., Senbayram M., Horn R., Taube F. 2014. Legume-based forage production systems reduce nitrous oxide emissions. *Soil and Tillage Research*, 143: 17-25
- Serratos A, J. C., Carreón A. J., Castañeda V. H., Garzón de la M. P., García E. J. 2008. Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota. *Interciencia* 33: 850-854.
- SIAP. Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (2009) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En: www.sagarpa.gob.mx
- Simón, L. 2010. La tecnología de silvopastoreo. Folleto para la transferencia de tecnologías en ganadería vacuna, segunda versión. AGRORED, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- Skerman, P. J. 1977. Tropical forage legumes. Plant Production and Protection Series No. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma. 609 p.
- Smith, A. H., Zoetendal E. G., Mackie R. I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microb Ecol*, 50: 197-205.
- Solano, V. H., 1994. Dinámica estacional del contenido de minerales y taninos del forraje de 15 plantas arbustivas nativas del Estado de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.A.N.L.
- Sosa, R. E., Zapata B.G., Pérez R.J. 1996. Tecnología para la producción de la leguminosa forrajera *Clitoria ternatea* L., una opción para la ganadería en Quintana Roo. Folleto Técnico. INIFAP– SAGAR.
- Sprent, J. I., Mannelje't L. 1996 The role of legumes in sustainable farming systems: past, present and future. In: Younie D, ed. *Legumes in sustainable farming systems*. Occasional Symposium No. 30. British Grassland Society. 2-14.
- Stewart, J. L., Mould, F. & Harvey, M. 2000. The effect of drying treatment on the fodder quality and tannin of two provenances of *Calliandra calothyrsus* Meissner. *J. Sci. Food Agric.* 80:1461
- Stürm, C.D., Tiemann, T.T., Lascano, C.E., Creuzer, M., Hess, H.D. 2007. Nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of tropical legume mixtures

- with contrasting tannin contents. *Animal Feed Science and Technology* 138: 29-46.
- Suárez S, J. C., Carulla J. E., Velásquez J. E. 2008. Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte amazónico. *Zootecnia Trop.* 26 (3): 231-234.
- Tavendale, M. H., Meagher L., Pacheco D., Walker N., Attwood G. T., Sivakumaran S. 2005. Methane production from *in vitro* rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim. Fee Sci Technol*, 123124:403-419.
- Urzúa, H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 32(2): 133-150.
- Valles, B., Castillo E., Hernández T. 1992. Producción estacional de leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales.* 14(2):32-36.
- Valls, J. F. M., Pizarro E.A. 1994. Collection of wild *Arachis* germplasm. In: P.C. Kerridge y B. Hardy (eds). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. CIAT, Cali, Colombia.pp.79-27
- Valls, J.F.M., Simpson C. E. 1994. Taxonomy, natural distribution and attributes of *Arachis*. In: P.C. Kerridge y B. Hardy (eds). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. Pp. 1 -18.
- Van der Poel, A. F. B., Gravendeel, D. J., Van Kleef A. J. M., Jansman B. 1992. Tannin containing faba beans (*Vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 36: 205-214.
- Van Soest P. J. 1984. *Nutritional ecology of the ruminant*; Comstock Publishing Associates.A division of Cornell University Press. LTTIECA and London.
- Van Soest P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*.2n ed. Comstock publishing Associates, Cornell University press, Ithaca, NY.
- Villalba, J. J., Provenza, F.D., Bryant, J.P. 2002. Consequences of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore selectivity: benefits or detriments for plants. *Oikos* 97:282
- Villalobos, G. C., González V. E., Ortega S. J. A. 2000. Técnicas para estimar la degradación de la proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Téc. Pec. De Méx* 38:119-123.
- Villanueva A, J. F., Mena H.L. 1996. Establecimiento y utilización de *Clitoria ternatea* L. en zonas tropicales. Publicación Técnica Núm. 1. INIFAP–SAGAR.
- Villanueva A, J. F., Herrera C. F., Plascencia J. R. 2010. Leguminosas forrajeras: Un recurso sustentable para el Trópico Mexicano. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 14. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 2 p.

- Villarreal, M. 1994. Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos Costa Rica. *Pasturas Tropicales*. 16, 27 – 31
- Volenc, J. J., Ourry A. A., Joern B.C. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiology Plantarum* 97:185-193
- Waghorn, G.C., McNabb, W.C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 62: 383-392.
- Waghorn, G. 2007. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production. Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. En prensa. 24 p.
- Wink, M. 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry* 64: 3-19.